

SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA ULUSLARARASI
ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR

PROF. DR. AYSEL ŞAHAN

**ARALIK
2023**

 **SERÜVEN**
YAYINEVİ



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2023

ISBN • 978-625-6760-64-6

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

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

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.serüvenyayınevi.com

e-mail: serüvenyayınevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

SU ÜRÜNLERİ

Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler

Aralık 2023

Editör

PROF. DR. AYSEL ŞAHAN

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

MASERE SARIMSAK (*ALLIUM SATIVUM* LİMNE) VE TUNCELİ SARIMSAĞI (*ALLIUM TUNCELIANUM* KOLLMAN) YAĞLARININ YOĞUN STOKLANMIŞ SAZAN BALIKLARININ (*CYPRINUS CARPIO*) BAZI KAN VE ANTİOKSİDAN PARAMETRELERİNE ETKİLERİ*

Anıl POLAT, Önder AKSU, Başar ALTINTERİM 1

Bölüm 2

ASKIDAKİ KATI MADDELER İLE BULANIKLIĞIN SUCUL CANLILAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Ataman Altuğ ATICI 29

Bölüm 3

SU KALİTESİ İZLEMESİNDE BİYOİNDİKATÖR OLARAK KULLANILAN TÜRLER VE MAKROOMURGASIZLAR

Adem Yavuz SÖNMEZ, Yiğit TAŞTAN 53

Bölüm 4

BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ENFEKSİYONLARA KARŞI KULLANILAN AŞILAR

Ünal İSPİR, Serpil MİŞE YONAR 71

Bölüm 5

TURNA BALIĞI (*ESOX LUCIUS* L., 1758)'NDA MORFOMETRİK KARAKTERLER İLE BALIK BOYU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

Okan YAZICIOĞLU, Ramazan YAZICI, Mahmut YILMAZ 93

Bölüm 6

**BALIK MUKUSU: BİYOLOJİK VE EKOLOJİK
BAĞLAMDA BİR DEĞERLENDİRME**

Sera Övgü KABADAYI YILDIRIM..... 103

Bölüm 7

**MUĞLA İLİ İÇSU VE DENİZEL SU ÜRÜNLERİ
YETİŞTİRİCİLİĞİ İŞLETMELERİNİN YAPISAL,
YETİŞTİRİCİLİK PARAMETRELERİ VE İSTİHDAM
ANALİZİ**

Önder YILDIRIM, Özgür YEŞİLKAYA 119

Bölüm 8

**SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN SU KALİTESİNE
ETKİLERİ**

Adem Yavuz SÖNMEZ, Yiğit TAŞTAN 141

Bölüm 9

**KEBAN BARAJ GÖLÜ PERTEK AVLAK SAHASINDA
BULUNAN MİDYE POPULASYONLARININ EKOLOJİK
ÖZELLİKLERİNİN SU ALTI DALIŞ TEKNİĞİ İLE
BELİRLENMESİ***

Zühal TAŞ, Volkan KIZAK, Önder AKSU..... 155

Bölüm 10

LİKOPEN VE BALIKLARDA KULLANIMI

Muhammet Enis YONAR, Serpil MİŞE YONAR..... 177

Bölüm 11

**ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILAN
YEMLERİN AFLATOKSİN İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Cemal POLAT , Korcan DENİZHAN..... 191

Bölüm 12

**SU ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN ANTİBİYOTİKLER VE
ETKİ MEKANİZMASI**

Sibel DOĞAN, Sibel KÖPRÜCÜ..... 207

Bölüm 13

SUCUL BİYOİSTİLA

Ufuk Gürkan YILDIRIM..... 225



Bölüm 1

MASERE SARIMSAK (*Allium sativum* LİMNE) VE TUNCELİ SARIMSAGI (*Allium tuncelianum* KOLLMAN) YAĞLARININ YOĞUN STOKLANMIŞ SAZAN BALIKLARININ (*Cyprinus* *carpio*) BAZI KAN VE ANTIÖKSİDAN PARAMETRELERİNE ETKİLERİ*

*Anıl POLAT*¹

*Önder AKSU*²

*Başar ALTINTERİM*³

1 Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı

E-mail: anil.polat62@gmail.com

2 Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü

E-mail: onderaksu@munzur.edu.tr

3 Malatya Turgut Özal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü

E-mail: basaraltinterim@gmail.com

* NOT: Yüksek lisans öğrencisi Anıl POLAT'ın YÖK Başkanlığı 716408 numaralı tezinden özetlenmiştir ve Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: YLMUB019-10.

1. GİRİŞ

Dünyada en yaygın olarak yetiştirilen balık türlerinden biri Cyprinidae familyasına ait sazandır (*Cyprinus carpio*) (Gorren ve ark., 1998) ve dünyada yaygın olarak kültürü yapılan ticari açıdan önemli tatlı su balık türlerinden biridir (FAO, 2013). *C. carpio*, Doğu Avrupa ve Orta Asya'ya özgü olmakla beraber Avrupa ve Kuzey Amerika'daki su ortamlarına da aşılmıştır. Su ortamı, sıcaklık, tuzluluk ve akış gibi çok çeşitli su kalitesi parametrelerine karşı toleransı yüksektir (Lushchak ve ark., 2005; Lushchak ve Bagnyukova, 2006). Doğal su kütlelerinde, bu tür çok düşük su sıcaklığında yaşayabilir ve çözünmüş oksijenin düşük konsantrasyonlarına ve aşırı doygunluğuna uyum sağlayabilir, oksijenin günlük ve mevsimsel değişimlerine de uyum sağlamaktadır (Banarescu ve Coad, 1991; Jastrzebska ve Kawczuga, 2011).

İç su balık üretiminin önemli bir bölümünü oluşturan en yaygın sazan türü olan sazan, farklı bölgelerdeki göller, baraj gölleri ve akarsular gibi iç sulara aşılmalıdır (Vilizzi ve Tarkan, 2015). Bu balık, mükemmel büyüme hızı, omnivor beslenme alışkanlığı, Hint ve Çin sazanlarının aksine kapalı sularda üremesi, tek başına veya diğer balıklarla birlikte dayanıklı olması, doğal ve yapay yeşillere kolay uyumu nedeniyle Asya, Yakın ve Uzak Doğu'daki havuzlarda, yetiştirmek için çok tercih edilir. Çalışmalar, benzer beslenme alışkanlıklarına sahip Hint büyük sazanı olan *Cirrhinus mrigala*'dan çok daha yüksek bir büyüme oranına sahip olduğunu göstermiştir (Parameswaran ve ark., 1971).

Avrupa, Avustralya, Kuzey Amerika, Afrika ve Asya dâhil olmak üzere dünyadaki birçok su kütlesine sazan getirilmiştir. Sazanların geniş dağılımı ve başarılı aşılmaları, çoğunlukla değişken çevresel koşullara toleranslarından (Forester ve Lawrence, 1978) ve ayrıca erken cinsel olgunluk, hızlı büyüme (Koehn, 2004) ve değişken çevresel koşullara tolerans yeteneklerinden kaynaklanmaktadır (Mills ve ark., 1993). Veri tabanına göre, bu balık dünyada en sık aşılana en kötü 100 istilacı yabancı tür arasında üçüncü sırada yer almaktadır. Dünyanın tropikal ve subtropikal göllerinde ayrıca nehir sistemlerine de aşılmıştır (Lowe ve ark., 2000).

Türkiye'de yaygın bir yayılış alanına sahiptir olan *C. carpio*, balıkçılık faaliyetleri açısından Türkiye'de önemli bir konuma sahiptir. Birçok doğal gölde ve ayrıca gölet ve baraj göllerinde bulunur (Demirkalp, 2007).

Bazı ülkelerde sazanla ilgili etkiler hakkında halkın farkındalığını artırmak için düzenli olarak sazangiller ve sazan yakalama etkinlikleri düzenlenmektedir ve bazı Avrupa ülkelerinde sazan spor balıkçılığı için oldukça değerlidir (Arlinghaus ve Mehner, 2003; Hickley ve Chare, 2004; Rapp ve ark., 2008).

Sazanlar, hayvansal (suda yaşayan böcekler, makro omurgasızlar ve zooplankton) ve bitki kökenli (fitoplankton, makrofitler) canlılar üzerinden

beslenen omnivor balık türleridir (Rahman ve ark., 2008a, Rahman ve Meyer 2009; Weber ve Brown, 2009).

Çoğu balık türünün diyet aktiviteleri esas olarak gece ve gündüz değişikliklerle senkronizedir. Balıklar, ya görmeye dayalı günlük besleniciler ya da daha çok dokunsal, kimyasal veya elektriksel duylara dayanan gece besleniciler olarak sınıflandırılabilir. Bununla birlikte, beslenme faaliyetleri büyük ölçüde türe özgüdür. Bazı balıklar hem karanlık hem de aydınlık dönemlerde yiyecek arar, ancak gündüzleri daha aktiftir. Bu balıkların yem alma davranışı hem ışığa hem de yiyeceğin mevcudiyetine bağlıdır. Sazan hem gündüz hem de gece beslenen, ancak daha çok gündüzleri beslenmeyi tercih eden çok aktif bir balıktır (Rahman ve ark. 2008b; Rahman ve Meyer, 2009).

Çoğu balık sağlığı araştırması ve tıbbi geleneksel olarak su ürünleri yetiştiriciliğine ve gıda balık türlerine odaklanmıştır. Toplum, doğal kaynaklarını koruma ve koruma ihtiyacını kabul ettiğinden, halka açık akvaryum tesisleri, ticari süs balığı üreticileri, toplayıcılar ve hobiler, popüler teşhir balıkları için balık sağlığı uygulamalarını geliştirerek su ürünleri endüstrisinin eksikleri giderilmektedir. Son birkaç on yılda evcil hayvan tıbbının bir disiplin olarak büyümesi de balık tıbbını etkilemiştir. Balıklar da dâhil olmak üzere evcil hayvanlar genellikle ailenin üyeleri olarak kabul edilmekte ve sonuç olarak insanlar evcil hayvan ve balıklarının sağlığı konusunda daha fazla özel veteriner hekime danışmaktadır. Hematolojik veriler, numune almanın zorluğu, hemogramların değerlendirilmesindeki zorluklar ve yorumlamaya yardımcı olacak anlamlı referans aralıklarının olmaması nedeniyle balık sağlığının değerlendirilmesinde her zaman kullanılmamıştır. Hematolojik değerlendirme, hücrelerin görünümünü ve elde edilen kantitatif değerleri etkileyebilecek içsel ve dışsal faktörleri açıkladığı sürece, balığın sağlık durumunun izlenmesinde faydalı olabilir. Yayınlanmış birçok referans aralığı yaş, cinsiyet, su kalitesi ve mevsim gibi faktörlere atfedilen farklılıkları hesaba katmadığı için verileri karşılaştırırken dikkatli olunmalıdır. Balıklardan kan örneklerinin alınmasıyla ilgili yakalama, işleme ve anestezi bile hemogram üzerinde derin etkilere sahip olabilir (Tonya ve ark., 2008).

Balıktaki kan, besinler, hormonlar, mineraller, bağışıklık bileşenleri, mikroorganizmalar, su, gazlar, toksinler ve atık ürünler gibi çeşitli bileşenleri taşır. Kanın en önemli işlevleri, hücre dokularına oksijen ve besin maddeleri (glikoz, amino asitler ve yağ asitleri dâhil) sağlamak, atıkların (karbondioksit, üre ve laktik asit gibi) uzaklaştırılması, immünolojik işlevler ve pıhtılaşma fonksiyonlardır (Ciesla, 2007). Kanın çeşitli kritik rolleri göz önüne alındığında, kan parametrelerinin ölçülmesi balık metabolizmasının ve sağlık durumunun daha güvenilir bir resmini sağlayabilir. Hematoloji, balık sağlığı, bağışıklık sistemi yanıtı, yetersiz çiftçilik koşullarının kısa vadeli ve uzun vadeli etkileri, su kalitesi, olası hastalık salgını ve beslenme durumu hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir. Kan analizleri, nöroendokrin ve ba-

ğışıklık sisteminin aktivasyon durumu, olumsuz yetiştirme koşullarından kaynaklanan akut ve uzun vadeli etkiler, potansiyel hastalıklar ve genetik yatkınlıklar dahil olmak üzere, hayvan refahı değerlendirmesinin fizyolojik yönleri hakkında önemli bilgiler sağlar. Bununla birlikte, sağlık veya refahın değerlendirilmesi için araştırma veya su ürünleri yetiştiriciliğinde balık kanı hala rutin olarak analiz edilmemektedir. Yıllar geçtikçe, araştırma teknikleri, antikor bazlı veya PCR bazlı tek parametrelili analizlerden, şimdi transkriptomik, metabolomik ve proteomik yaklaşımları içerecek şekilde ve hematolojik gözlemlerden yüksek verimli modlarda floresanla aktive olan kan hücresi sınıflandırmasına kadar gelişmiştir. Kan için oluşturulan test teknikleri yelpazesi, artık diğer biyogenik test materyallerinden daha geniştir. Balık kanının hücre bileşimi, farklı kan hücrelerinin çekirdeklenmesi veya belirli bağışıklık faktörlerinin çoklu izoformları gibi belirli özelliklerinin değerlendirilmesi, uyarlanmış protokoller ve deneysel tasarımlara ve verilerin yorumlanmasına özen gösterilmesini gerektirir. Balık kanının analizleri, tanımlanmış çevresel koşullar ve tedaviler altında endokrin, immünolojik, üreme ve genetik fonksiyonların entegre bir resmini sağlayabilir. Bu nedenle, balık fizyolojisi çalışmaları için bir test materyali olarak balık kanını kullanan yüksek verimli yaklaşımların azlığı şaşırtıcıdır (Seibel ve ark., 2021).

Balık sağlığının tekrarlanabilir ve doğru bir şekilde izlenmesi, su ürünleri yetiştiriciliğinin karlılığına ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Hematolojik ve kan biyokimya parametreleri, su ürünleri yetiştiriciliği çalışmalarında güçlü araçlar olmuştur ve giderek yaygınlaşmaktadır. Balıkların büyümesi, sağlık durumuyla yakından ilgilidir. Büyüme oranı daha yüksek olan bir balığın sağlıklı olma olasılığı daha yüksektir. Balıkların fizyolojik durumundaki kirlilikten beslenme stresine kadar herhangi bir değişiklik kan parametrelerinde değişikliğe neden olabilir. Çeşitli kültür balıkçılığı çalışmaları şu bileşenleri ölçmüştür: kırmızı kan hücreleri, beyaz kan hücreleri, hemoglobin, hematokrit ve toplam protein. Ancak, bu parametreler deneysel balıklarda her zaman aynı eğilimi izlemediğinden, hangi parametrenin dikkate alınması gerektiği konusunda kesin bir sonuca varmak zordur. Bu nedenle, daha güvenilir bir gösterge olan Kan Performansı (KP) yeni bir formül olarak verilmiştir. Bu formül basittir ve yukarıda belirtilen beş parametrenin doğal logaritmasını özetler. Son altı yılda bu beş parametreyi ölçen 90'dan fazla hakemli makale, bu formülün güvenilirliğini ve geçerliliğini doğrulamıştır. Diyetlere hangi takviyelerin eklendiğine bakılmaksızın, daha yüksek büyüme oranına sahip balıkların da KP'si daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca 53 makalenin 44'ünde spesifik büyüme hızı ile KP arasında anlamlı bir pozitif korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Kirlilikten termal strese kadar farklı stresli durumlar altında, stres altındaki balıkların kan basıncının kontrolden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Balık unu ve balık yağı yerine koyma çalışmaları bu formül için daha fazla kanıtı ve aşırı alternatif proteinlerin

eklenmesinin KP ile birlikte büyümeyi azalttığını göstermiştir. Sonuç olarak, aynı deney veya çiftlikteki gruplar arasında karşılaştırıldığında KP, balık sağlığı ve büyümesinin güvenilir bir göstergesi olabilir. Spesifik büyüme oranı ile KP arasında pozitif bir korelasyon olmasına rağmen, KP'nin deneyler arasında karşılaştırılması önerilmez. Hematolojik testlerin standartlaştırılması, deneyler arasında KP'nin güvenilirliğini ve doğruluğunu artırabilir (Esmaili, 2021).

Hematolojik parametreler ve farklı türlerde, bireyler arası ve farklı çiftçilik koşullarında büyük farklılıklar gösterir. Bu varyasyonları izlemek için, çiftçilik koşullarındaki veya çevreden yakalanan farklı türler için referans aralığı yaygın olarak rapor edilmiştir (Esmaili, 2021).

Hematoloji, organizmadaki çeşitli süreçler hakkında fikir vererek fizyolojik durumu belirlemenin nispeten basit ama güvenilir yöntemlerini sağlayan bilimdir. Bu şekilde balık refahı, sağlığı ve dolaylı olarak çevre koşullarının iyi bir göstergesidir. Bu nedenle hematolojik araştırmalar, balıklardaki patolojik tanıları da daha başarılı kılmaktadır (Ivanc ve ark., 2005).

Çoğu kan örnekleme tekniği, belirli bir boyutun üzerindeki balıklar için minimal invaziv olarak kabul edilir, ancak örnekleme dakikalar içinde birincil stres tepkilerini etkinleştirir. Deneysel manipülasyonlar sırasında, araştırmacı, örneklemenin kendisinin önceki tedavilere (stres) yanıtın ayırt edici özelliklerini gizleyebileceğinin ve böylece çıkarılan verilerin yorumunu önyargılı hale getirebileceğinin farkında olmalıdır. Genel olarak, kandan türetilen parametrelerin yorumlanması dikkatli olmayı gerektirir, çünkü belirli fizyolojik bozulmalar mutlaka belirli bir deneysel protokole bağlı değildir. Örneğin, metabolik değişiklikler, kalıcı kronik rahatsızlıklardan veya nedensel olarak bağımsız olaylardan (örneğin, sirkadiyen ritimler, mevsimsellik, beslenme süreleri, benzer saldırganlıklar, su kalitesi, vb.) veya standart altı numune alma ve laboratuara özgü prosedürlerden kaynaklanabilir. Her bir balığın cinsiyeti ve vücut ağırlığı/boyutunun etkisi de hafife alınmamalıdır. Uygun olmayan yetiştirme koşullarını açıklamak ve balığın uyum kapasitesini aşan daha az belirgin veya önceden fark edilmemiş çevresel stres faktörlerini belirlemek için tercihen farklı analiz tekniklerinden birden fazla parametre aynı anda kaydedilmelidir. Bu yaklaşım, farklı bir stres etkeninin kapsamlı imzasının tanımlanmasını destekler ve böylece balık refahı yönleriyle ilgili geçerli sonuçların çıkarılmasına izin verir. Ne yazık ki, farklı bir stres etkeninin imzasını tespit etmek için hangi yöntemlerin kullanılması gerektiği sorusu, mevcut bilgi durumu göz önüne alındığında cevaplanamaz (Seibel ve ark., 2021).

Kandaki eritrosit konsantrasyonu, hematokrit veya kan hacmi başına kırmızı hücre sayısı olarak ifade edilebilir. Aktif olarak yüzen, yüzeyden beslenen türlerde balık kanının hematokrit değerleri neredeyse 0 ila %50 arasın-

da değişir. Çoğu teleostta hematokrit %20 ila %40 arasındadır, ancak Chaenichthyidae ailesinin bazı üyeleri, kırılğan ve hemogloblin içermeyen çok az eritrosit içeren renksiz kana sahiptir. Olgun balık kırmızı hücreleri genellikle ovaldır ve kompakt bir çekirdeğe sahip disk şeklindedir. Lamprey'in eritrositleri, *Lampetra fluuiatilis*, memeli eritrositlerine oldukça benzer, neredeyse dairesel bir anahat ile çift içbükeydir. Gökkuşluğu alabalığındaki kırmızı hücrelerin olgunlaşması sırasında hücre uzaması, marjinal bir bant sisteminin görünümü ile ilişkilidir. Periferik mikrotübül demetleri muhtemelen eritrositlerin şeklini korur ve kılcal damarlardan geçiş sırasında kırmızı hücrelerin deformasyonunu engeller. Omurgalı kırmızı hücrelerinin metabolizması, hücre şeklinin korunması ve maddelerin hücre zarından taşınması için enerji üretir (Fänge, 1992).

Su ürünleri yetiştiriciliği sistemlerinde balıkların stresle karşılaşması kaçınılmazdır ve bu nedenle stres izleme, su ürünleri yetiştiriciliğinin karlılığı ve sürdürülebilirliği için kritik olabilmektedir. Stres tepkisi sürecinde bir hiyerarşi değişikliği vardır. Adrenalin önce sempatik sinir sisteminin aktivasyonu ile üretilir, ardından glukoz ve ardından laktat gelir. Sonuç olarak, karaciğerde glikojenolizi uyararak enerji üretimi artar. Plazma kortizol, glukoz, laktat ve elektrolit konsantrasyonları gibi birçok parametre bu amaçla birincil ve ikincil stres tepkileri olarak kullanılmıştır. Plazma elektrolitlerindeki bozukluklar sadece stresli durumlarda veya uzun süreli stres altında meydana gelir (Davis, 2006).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık refahını değerlendiren birçok çalışma, olumsuz yetiştirme koşullarının çiftlik balıklarındaki stres hormonu seviyelerini değiştirdiğini ortaya koymuştur. Stresörler ve olumsuz koşullar, böbreğin kromaffin hücrelerini, noradrenalin/norepinefrin ve adrenalin/epinefrin gibi katekolaminleri hızla salması için tetikleyebilir. Bu reaksiyonlar ayrıca yakalama işlemine, müteakip anesteziye veya kan numunesine doğrudan yanıt olarak da ortaya çıkabilir, bu nedenle deneysel olarak indüklenen zorlukların değerlendirilmesini karmaşıktırır. Bununla birlikte, hipotalamus, daha sonra hipofiz bezini adrenokortikotropik hormon (ACTH) salması için uyaran kortikotropin salgılatıcı hormonun (CRH) paralel bir üretimini üretir (Barton ve Iwama, 1991; Barton, 2002).

Oksijen moleküler halindeki O_2 , aerobik yaşam için hayati önem taşıyan birçok metabolik süreç için gereklidir. Aerobik organizmalar oksijen olmadan var olamazlar, bu da doğaları gereği yaşamları için tehlikelidir. Tüm aerobik organizmalar gibi balıklar da reaktif oksijenin etkilerine karşı hassastır ve literatürde iyi tanımlanmış doğal ve etkili antioksidan savunmalara sahiptir. Balıklarda antioksidan aktivite çalışmaları, balık yetiştiriciliği ve yapay üretimin çeşitli yönlerine fayda sağlayacak olan balık fizyolojisi hakkında daha fazla bilgi sağlayan bir dizi yeni araştırma hattının kapısını aralamaktadır (Alvarez ve ark., 2005).

Reaktif oksijen türleri (ROS) dahil olmak üzere serbest radikaller organizmaları olumsuz etkileyebilir. Oksijen, aerobik yaşam için hayati önem taşıyan birçok metabolik süreç için gereklidir. Bununla birlikte, artan ROS seviyeleri hücre yapılarında önemli hasara neden olabileceğinden, oksijene bağımlılık, aerobik yaşamı önemli toksisitesine dayanmaya zorlar (Ahmad ve ark., 2004). ROS ve diğer prooksidanlar, süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx) ve küçük moleküler ağırlıklı serbest radikal süpürücüler dahil olmak üzere her iki antioksidan enzimi içeren bir antioksidan savunma sistemi tarafından hücrelerde sürekli olarak detoksifiye edilir ve uzaklaştırılır (Kock ve ark., 1996).

Su ürünleri yetiştiriciliği dünya çapında hızla büyüyen bir endüstridir. Gelecekte, geleneksel balıkçılıktan elde edilen balık arzının önemli ölçüde artması mümkün görünmemektedir ve bu nedenle, su ürünleri üretimi, artan dünya su ürünleri talebini karşılamaya yardımcı olmak için büyümelidir (FAO, 1997).

Yüksek değerli etçil balıkların yetiştirilmesi, arz ve talep arasındaki uçurumu kapatmak için hızla genişliyor. Doğal gıdaya dayalı yetiştiricilikten elde edilen balıklar, düşük talep ve yavaş büyüme hızları nedeniyle ve kültürlenmelerinin zor olması nedeniyle düşük önceliğe sahiptir. Ancak etçil balıklar ürettiklerinden çok daha fazla balık proteini tüketirler (Rahman, 2015).

Etçil balıkların yetiştirilmesinde üretilenden beş kat daha fazla balık proteini kullanılır. Kültür balıkları tarafından tutulmayan protein ötrofikasyon ve hastalık salgınları gibi çeşitli çevresel sorunlara neden olur. Sulu yem proteininin ana kaynağı, çöp balıklarından, düşük değerli deniz balıklarından üretilen balık unudur. Bu nedenle, etçil balık yetiştiriciliğinin hızla yaygınlaşmasıyla bazı deniz balık stokları azalıyor olabilir (Naylor ve ark., 2000).

Genel olarak şefler, sarımsakları (*Allium sativum* L.) yiyeceklerin duyu-sal niteliklerini artıran bir bileşen olarak kullanırlar. Bununla birlikte, son araştırmalar sarımsağın sağlığa fayda sağlayan kükürt bileşiklerini içerdiğini göstermiştir. Sarımsakta antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar ve bazı durumlarda antikanser özelliklerinden sorumlu olan bileşenler bulunmaktadır. Sarımsağın besin içeriğinde, fonksiyonel özellikler (antioksidan, antimikrobiyal, antifungal ve immünolojik) ve antihipertansif, hipolipidemik, antiaterojenik, antikanserojenik, antitümör, antiagregan, fibrinolitik, immünomodülatör ve antianemik gibi birçok sağlık yararı bileşeni dâhil olmak üzere literatürde büyük bir değişkenlik ve çeşitlilik bulunmaktadır. Sarımsakta bulunan insan sağlığına faydalı bileşiklerden bazıları arasında allisin ve ajoen tespit edilmiştir. Bunların miktarları soğan olgunluğuna ve hasat yerine bağlı olarak değişir ve değerler allisin için yaklaşık 1 mg/g ile 9 mg/g ve ajoene için 0,12 mg/g-0,22 mg/g masere sarımsak yağı arasında değişir (Tellez ve ark., 2020).

Özellikle halk arasında tıbbi amaçlı kullanılan bitkiler ile gıda sektöründe kullanılan bazı bitkiler antioksidan çalışmaların odak noktasını teşkil etmektedir. Ülkemizdeki endemik bitki türlerinin bazıları Tunceli yöresinde yetişmektedir. Bu endemik bitkilerden biri de Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman)'dır (Ağbaş ve ark., 2013). Tunceli sarımsağı, doğal olarak yetişen tek diş sarımsak olarak da bilinen Tunceli-Ovacık yöresine ait bir sarımsak türüdür. Diğer sarımsak türlerine kıyasla daha az kokuya sahiptir. Sarımsak türlerinin hepsinin antioksidan kapasiteleri yüksektir. Özellikle ihtiva ettiği allisin antioksidan kapasitenin büyük bir bölümünü oluşturur (Yumrutaş ve ark., 2009).

Tunceli, farklı bitki türlerine ve geniş bir biyoçeşitliliğe sahip, ayrıca daha fazla endemik ve yerel endemik türlerin bulunduğu bir ildir. Ayrıca doğal olarak yetiştirilen daha çok tıbbi ve aromatik bitkilerden oluşmaktadır (Babacan ve ark., 2018). Tunceli sarımsağı, doğal olarak yetişen tek diş sarımsak olarak da bilinen Tunceli-Ovacık yöresine ait bir sarımsak türüdür. Antioksidan parametrelere etki eden maddeler genellikle vücuttaki diğer sistemler üzerinde de etkiye sahiptir. Kan ve antioksidan analizleri de bu sistemler hakkında kısa sürede bilgi almada önemli bir göstergedir. Bu çalışmada da Tunceli sarımsağının diğer sarımsaklara göre olabilecek farklı etkilerini tespit etmek için, yem katkı maddesi olarak verilen sarımsakların sazan balıklarında kan ve antioksidan parametrelerine etkisinin incelenmesi amaç edinilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışmada kullanılan canlı materyal

Çalışmada kullanılan sazan balıkları (*Cyprinus carpio*) Elazığ Keban DSİ Su Ürünleri Şube Müdürlüğü'nden temin edildi. Balıklar büyük balık taşıma poşetlerine konulup, içlerine oksijen basılarak ağızları bağlandı ve araçla Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarına getirildi.

2.2. Balıkların laboratuvar ortamına adaptasyonu

Canlı olarak taşınan balıklar Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne getirilerek yuvarlak tanklarda önceden dinlendirilmiş su içerisinde stoklanmış ve bir hafta süresince ortam şartlarına adapte olmaları sağlanmıştır. Tanklara balıklar konulmadan 5 gün önce tanklar suyla doldurulmuş ve tanklardaki su dinlendirilmiştir.

2.3. Deneme ortamının hazırlanması

Denemede laboratuvarında bulunan ebatlarındaki yuvarlak tanklar kullanıldı. Tanklarda havalandırma için hava motorlarına bağlı hava hortumları çekilerek tankların havalandırılması ve balıklara gereken oksijen sağlandı. Tanklara verilen normal şebeke suyu öncelikle dinlendirme tanklarında bek-

letildikten sonra deneme tanklarına verildi. Balıkların metabolizma artıklarının suyun özelliklerini çok fazla bozmaması için büyük sünger filtreler ve küçük yuvarlak biotoplar kullanıldı. Tanklardaki su ve biotoplar 5 günde bir değiştirilirken, sünger filtreler ise dışarı çıkarılarak temiz su ile iyice yıkanıldı.

2.4. Yemlerin hazırlanması

Deneme gruplarında Gümüşdoğa marka 3 mm. ticari alabalık pelet yemi kullanıldı (yem içerikleri Tablo 2.1'de verilmiştir). Çalışmada kullanılan sarımsak ve Tunceli sarımsağı Elazığ da yöresel bir satıcıdan temin edildi. Masere yağın elde edilmesi için sarımsaklar 15 gün boyunca ayçiçeği yağında (1/10 oranında) bekletildi. Elde edilen masere yağlar alabalıklarının yemlerine %2 oranında ilave edildi. Yemler eşit oranda hazırlanarak 2 kg'lık plastik kutulara kapakları kapalı olacak şekilde bırakıldı.

Tablo 2.1. *Gümüşdoğa marka alabalık yemi içeriği*

İçerik	Miktarı
Ham Protein	Min %45
Ham Yağ	Min %20
Ham Selüloz	Maks %3
Ham Kül	Maks. %12
Nem.	Maks %12
Fosfor	Min % 1.5
Kalsiyum	Min-Maks % 1-2
Lizin	Min. 1,6 %
MET+KİST	Min 1,6 %
Omega3	% 1
Omega6	% 1.5
EPA+DHA	%5
A Vitamini	5000 IU/kg
D3 Vitamini	30 IU/kg
E vitamini	30 mg/kg
C vitamini	125 mg/kg
Metabolik Enerji	4000 Kcal/kg
Sindirilebilir Enerji	4350 Kcal/kg

2.5. Deneme gruplarının oluşturulması

Çalışma başlamadan önce balıklar anestezi madde ile (Benzocaine 30 mg/L) bayıltıldıktan sonra boyları ölçüldü ve ağırlıkları tartıldı. Çalışmada ortalama canlı ağırlığı yaklaşık 166 g olan sazan balıkları (n: 160) kullanıldı ve çalışma üç tekrarlı olarak gerçekleştirildi. Yoğunluk stresi gruplarında; kontrol stres grubu: 50 balık, masere sarımsak yağı stres grubu: 50 balık, masere Tunceli sarımsağı yağı stres grubu: 50 balık ve normal kontrol grubunda: 10 balık, 200 litrelik tanklara yerleştirildi. Balıkların strese girmeleri ve

tanklardan atlamalarına engel olmak amacıyla, tankların üzerleri yeşil fileler ile kapatıldı.

Tüm çalışma boyunca balıklar sabah ve akşam olmak üzere günde iki defa hazırlanan yemlerle 60 gün boyunca beslendi. Yemleme günlük olarak balıkların canlı ağırlıklarının ortalama % 2'si oranında planlanmakla birlikte, doyuncaya kadar (adlibitum) yemleme yapıldı.

2.6. Kan alma işlemleri ve kanların analizleri

Kan alma işlemi balıklardan besleme yapılmadan gerçekleştirildi ve balıklar kan alma işleminden önce anestezi madde ile (Benzocaine 30 mg/L) bayıltıldılar. Denemeler etik kurallara uygun olarak gerçekleştirildi. Bayıltılan balıkların kuyruk venalarından enjektörle kan örnekleri alınarak içerisinde EDTA bulunan tüplere aktarıldı. WBC (Lökosit), LYM (Lenfosit), MID (Monosit), RBC (Eritrosit), HGB (Hemoglobün), HCT (Hematokrit), MCV (Ortalama Eritrosit Hacmi), MCH (Hücre hemoglobün ortalaması), MCHC (Ortalama Eritrosit Hacmi), RDW-SD (Kırmızı kan hücresi dağılım genişliği-standart sapma), RDW-CV (Kırmızı kan hücresi dağılım genişliği-varyasyon katsayısı), PLT (Trombosit), MPV (Ortalama trombosit hacmi), PDW (Trombosit dağılım genişliği), PCT (Trombosit yüzdesi), P-LCR (Trombosit-hücre genişliği oranı) parametrelerinin tespiti, Malatya Turgut Özal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde PROCAN PE6800VET marka tam otomatik hematoloji analiz cihazı ile gerçekleştirildi. Alınan tüpler EDTA tüplere konularak yaklaşık 30 defa köpürtülmeden yukarı aşağı yapılarak EDTA çözeltisine iyice bulaşmaları sağlandı. Daha sonra kanlar soğuk zincir ile hemen Malatya Turgut Özal Üniversitesi laboratuvarlarına getirildi. Kanlar soğuk zincirden çıkarıldıktan sonra öncelikle tüp döndürme aleti üzerine konularak tekrar EDTA ile bulaşmaları sağlandı. Bu sırada tüpler sırasıyla alınarak PROCAN PE6800VET marka tam otomatik hematoloji analiz cihazında okunmuştur.

2.7. Yemlemenin ve denemenin sonlandırılması

Balıklara yemleme günlük adlibitum olarak yapıldı. 60 günlük beslemenin sonunda deneme bitirildi. Balıklar ilk gün ve 60 gün boyunca her 15 günde bir tartılarak çatal boy uzunlukları ölçüldü. Tanklardaki balıklar kepçeler ile alınarak önce anestezi madde ile (Benzocaine 30 mg/L) bayıltıldılar ve daha sonra doz aşımı yapılarak ötenazi işlemleri gerçekleştirildi. Balıklardan kan alma ve ötenazi işlemleri Munzur Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulunun 211209-04 sayılı kararı gereğince yapıldı. Daha sonra balıklar üzerinde deneme gruplarının numarası yazılı poşet torbalara bırakıldıktan sonra diseksiyon ve antioksidan analiz işlemlerinin yapılmasına geçildi.

2.8. Diseksiyon ve karaciğerin çıkarılması

Diseksiyon ve dokuların analize hazırlanması işlemleri Munzur Üniversitesi Biyomühendislik Laboratuvarlarında yapıldı. Balıkların karınları anüs-

ten sivri uçlu makasla girilerek, solungaçlara kadar kesildi. Hava kesesinin hemen altında bulunan karaciğer çıkarıldı ve buradan alınan küçük parça hassas terazide tartıldı.

2.9. Antioksidan işlemleri

2.9.1. Süpernatantların hazırlanması

Kan örneklerinin antioksidan analizleri de Malatya Turgut Özal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde Elisa Okuyucu ile yapılacaktı ama literatür incelemeleri sonucu analizlerin kanda değil de karaciğer üzerinde yapılmasının daha iyi olabileceğine karar verildi.

Karaciğer çıkarıldıktan sonra 1/5 w/v oranında 7,4 pH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz çözeltisi ile yıkama işlemi yapılarak üzerindeki kanın giderilmesi gerçekleştirildi. Çözeltinin pH ayarlamasında sulandırılmış glikoz kullanıldı.

Bu işlemden sonra homojenizasyon safhasına geçildi ve karaciğer parçaları eppendorf tüplere konuldu. Homojenizasyon aletinin devir ısıyla enzimlerin bozulmaması için buz kalıpları kullanıldı. Homojenizasyon işleminde CAT Unidrive homojenizatör aleti kullanıldı.

Homojenizasyon işleminin ardından tüpler soğutmalı Nuve 800 R santrifüje konularak, 17000 rpm devir, 15 dakika süre ile santrifüj yapılarak süpernatantlar oluşturuldu.

2.9.2. Analizlerin yapılması

Hazırlanan süpernatantlar mikropate reader cihazında okunmadan önce antioksidan kitler ile işleme tabi tutuldu. SOD aktivitesi için BT-Lab, MDA ve CAT için ise Sunred marka kitler kullanıldı. Süpernatantlardan otomatik mikropipetler ile alınan numuneler antioksidan kit kutusundan çıkan ve üzerinde 96 adet kuyucuk bulunan plakaya gruplar dikkate alınarak bırakıldı. Kitlerdeki prosedürler uygulandıktan sonra hazırlanan plakalar bilgisayara bağlı mikropelaka okuyucuda okundu.

2.10. İstatistiksel analizler

Bu tez çalışmasında elde edilen bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 20.0 paket programı kullanılarak, ANOVA çoklu değişkenli Duncan's testi uygulanmıştır. Sonuçlar "a, b, c" harfleri ile ifade edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Büyüme parametreleri

Balıkların ilk tanklara bırakıldıkları günden sonra her 15 günde bir ölçümler alınmıştır (Tablo 3.1). Rakamsal olarak en fazla mutlak ağırlık artışının masere Tunceli sarımsağı katkılı yemlerle beslenen grupta olduğu

(19,75g), ikinci olarak onu ek katkı maddesi olmayan sade alabalık pelet yeminin verildiği grupta (17,13g), üçüncü olarak masere sarımsak yağı katkılı yemlerle beslenen grupta (15,13 g) ve son olarak da ayçiçeği yağı katkılı kontrol grubunda (11,5 g) olduğu belirlenmiştir. Gruplar arasında ağırlık artışında rakamsal olarak farklı miktarda ağırlık artışları gözlenmiş olmakla beraber, istatistiksel olarak bir fark tespit edilememiştir ($P>0.05$). Mutlak büyüme oranı Lugert ve ark. (2016)'ün belirttiği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\Delta W = W_t - W_i \quad (3.1)$$

Her ne kadar ağırlık artışı gösterge olarak kullanılabilse de, gruplardaki balıkların büyüklükleri ve diğer özellikleri tam olarak homojen bir dağılım göstermediği için nispi büyüme oranına (RGR) yüzde olarak bakmak daha belirleyici olmaktadır. Nispi büyüme oranı da ağırlık artışına paralel olarak en fazla Tunceli sarımsağı grubunda belirlenmiş (%12,39), ikinci sırada kontrol grubu (%10,56), üçüncü sırada sarımsak grubu (%9,24) ve son sırada ayçiçeği yağı kontrol grubu (%6,41) yer almıştır. Nispi büyüme oranı Lugert ve ark. (2016)'ün belirttiği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$RGR = \frac{W_t - W_i}{W_i} \times 100 \quad (3.2)$$

Spesifik büyüme oranları (SGR) da diğer değerlere paralel olmuştur. En büyük değer %0,19 ile Tunceli sarımsağında, ikinci olarak %0,17 ile kontrol, %0,15 ile sarımsak ve %0,10 ile kontrol ayçiçeği grubunda ortaya çıkmıştır. Spesifik büyüme oranı Hoşsu ve ark. (2003)'ün belirttiği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$SGR = \frac{\ln \text{Deneme Sonu Ağırlığı} - \ln \text{Deneme Başı Ağırlığı}}{\text{Deneme Süresi (gün)}} \times 100 \quad (3.3)$$

FCR (yem dönüşüm oranı) değerlerinde de benzer şekilde 1.16 ile en yüksek değer Tunceli sarımsağı grubunda, 1,38 ile ikinci kontrol grubunda, 1,67 ile sarımsak ve 2,13 ile ayçiçeği kontrol grubunda bulunmuştur. FCR (yem dönüşüm oranı) Hoşsu ve ark. (2003)'ün belirttiği aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$FCR = \frac{\text{Tüketilen Yem miktarı (g)}}{\text{Ağırlık Kazancı (g)}} \quad (3.4)$$

Balık diyetindeki en önemli diyet enerji kaynakları protein ve yağ içerikleridir; bununla birlikte, protein aynı zamanda en maliyetli yem bileşenidir. Artan bir diyet yağ içeriği, diyet bileşeninin birim ağırlığı başına en uygun maliyetli enerji verimini sağlayan ve diyet proteininin kullanımını iyileştiren oksidasyon yoluyla bir protein tasarrufu eylemini ikna edebilir. Ancak beslenme açısından bakıldığında, aşırı lipid seviyeleri balıkların organoleptik özelliklerini olumsuz etkileyebilir, verimi ve depolama stabilitesini değiştirebilir (Cowey, 1993).

Tablo 3.1. 60 günlük besleme sonucu elde edilen büyüme değerleri

	Kontrol	Kontrol Ayçiçek	Sarımsak	Tunceli Sarımsağı
0. Gün	162,25±14,128 ^a	179,50±20,170 ^a	163,75±16,209 ^a	159,38±24,514 ^a
60. Gün	179,38±13,516 ^a	191,00±21,533 ^a	178,88±16,061 ^a	179,13±24,939 ^a
Mutlak Büyüme (g)	17,13	11,5	15,13	19,75
Nispi Büyüme %	10,56	6,41	9,24	12,39
Tüketilen Yem Miktarı (g)	189	196	202	183
Spesifik Büyüme %	0,17	0,10	0,15	0,19
FCR	1,38	2,13	1,67	1,16

Hoseinifar ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada elma kabuğundan elde edilen pektin (EKP) diyetleriyle beslenen balıklarda gözlemlenen büyüme ve yem kullanım sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur. %1 ve %2 EKP ile beslenen balıklar, her bir diyet arasında önemli farklılıklar olmaksızın ($P>0.05$) en iyi büyüme parametrelerini göstermiştir. Ek olarak, %2 EKP grubu, diğer tüm gruplara kıyasla en iyi FCR’yi ($P<0.05$) göstermiştir.

Bu çalışmada Tunceli sarımsağı grubunda elde edilen sonuçlar yukarıdaki çalışmayla uyumludur, ancak normal sarımsak grubu büyüme parametrelerinde beklenen konumda olmayıp kontrol grubunun arkasında kalarak üçüncü yer almıştır.

Yarı kapalı sistemde sazanların büyüme parametrelerini araştırdıkları çalışmada Taher ve ark. (2018), 2,12’lik bir FCR değeri bulmuşlardır. Taher ve ark. (2014) ise yüzer kafeste sazan için FCR’i % 5 besleme oranı ile 2,63 olarak kaydetmişlerdir. Costa-Pierce ve Hadikusumah (1990), bir rezervuarda yetiştirilen sazan (başlangıç ağırlığı 90 g) için 2,13-2,15’lik bir FCR belirlediler. Pucher ve ark. (2012) rasyonda balık unu yerine solucan kullanıldığında FCR’i 1,2-1,5 olarak bulmuşlardır. Piska ve Naik (2013), yüzen kafeslerde yetiştirilen sazan balığı için FCR’in 2.0 olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı birincil olarak bir besleme çalışması olmaktan ziyade, sarımsak türlerinin sazan balığının kan ve antioksidan değerlerini araştırmaktır. Ancak yine de bir besleme çalışmasıyla canlıya verildikleri için bazı büyüme değerlerine de bakılmıştır. Her ne kadar besin içeriği bizim çalışmamız için birinci sırada olmasa da, Tunceli sarımsağının yukarıdaki çalışmalar içinde en iyi sonucu elde eden Pucher ve ark. (2012)’in çalışmalarına benzer derecede iyi bir FCR sonucu verdiği görülmektedir. Kontrol ve sarımsak grupları da Pucher ve ark. (2012) dışındaki diğer çalışmalardan iyi FCR değerleri sergilemiştir. Kontrol ayçiçeği yağı ise genel çalışmalardakine benzer bir FCR değeri vermiştir.

Burada elde edilen FCR değerlerini elbette sadece ek besin maddelerine bağlamamak gerekir, zira bu çalışmada normal bir sazan rasyonu yerine alabalık pelet yem rasyonu kullanılmıştır.

3.2. Kan analizleri

Kan analizleri sonuçlarında, deneme grupları arasında LYM %, MID %, MID %, HGB, MCV, MCH, RDW-SD ve MPV değerlerinde istatistiksel olarak bir fark tespit edilememiştir ($P>0,05$). WBC, LYM #, MID #, GRAN #, RBC, HCT, MCHC, RDW-CV, PLT, PDW, PCTY ve P-LCR değerlerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olduğu görülmüştür ($P<0,05$)(Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Balıkların kan analiz sonuçları

Kan değerleri	Kontrol	Kontrol A	Sarımsak	Tunceli Sarımsak
WBC	18,54±1,884 ^a	22,64±1,245 ^a	24,20±0,940 ^b	22,00±0,686 ^{ab}
LYM %	94,62±0,309 ^a	93,24±1,209 ^a	92,60±0,819 ^a	94,48±1,277 ^a
MID %	2,42±0,156 ^a	2,70±0,234 ^a	3,60±0,234 ^b	2,42±0,384 ^a
GRAN %	2,98±0,407 ^a	4,06±0,977 ^a	3,80±0,723 ^a	2,22±0,107 ^a
LYM #	17,56±1,812 ^a	21,08±1,045 ^{ab}	22,44±0,892 ^b	20,82±1,909 ^{ab}
MID #	0,44±0,068 ^a	0,62±0,080 ^a	0,82±0,037 ^b	0,54±0,167 ^a
GRAN #	0,54±0,075 ^{ab}	0,56±0,093 ^{ab}	0,74±0,087 ^a	0,46±0,025 ^b
RBC	1,55±0,174 ^a	2,01±0,191 ^b	2,21±0,087 ^b	2,12±0,052 ^b
HGB	8,50±0,375 ^a	8,86±0,186 ^a	8,76±0,175 ^a	8,38±0,102 ^a
HCT	17,50±0,991 ^a	21,94±0,303 ^b	21,56±0,506 ^b	21,32±0,484 ^b
MCV	102,96±2,048 ^a	99,98±1,127 ^a	98,26±2,038 ^a	101,12±0,290 ^a
MCH	41,24±0,584 ^a	40,04±0,905 ^a	39,80±0,949 ^a	39,62±0,565 ^a
MCHC	41,12±0,530 ^a	40,10±0,519 ^{ab}	40,62±0,591 ^{ab}	39,30±0,446 ^b
RDW-SD	55,94±4,298 ^a	53,68±1,998 ^a	52,02±3,280 ^a	46,82±1,597 ^a
RDW-CV	12,67±1,342 ^a	12,58±0,859 ^a	11,22±0,594 ^{ab}	9,82±0,337 ^b
PLT	24,40±0,245 ^a	33,20±1,241 ^b	26,60±2,249 ^a	26,20±1,497 ^a
MPV	11,16±0,191 ^a	11,74±0,252 ^a	11,70±0,224 ^a	11,64±0,136 ^a
PDW	15,14±0,418 ^{ab}	16,28±0,136 ^b	14,72±0,537 ^a	15,80±0,306 ^{ab}
PCTY	0,022±0,002 ^a	0,032±0,002 ^b	0,028±0,002 ^{ab}	0,022±0,004 ^a
P-LCR	19,30±1,075 ^a	23,52±1,304 ^b	23,46±1,306 ^b	23,12±0,601 ^b

Esasen biyokimyasal, hematolojik ve bağışıklık parametreleri balıkların sağlık ve kondisyon durumunu yansıtır. Ayrıca balıklardaki kanın temel biyokimyasal profili beslenme durumunu, doku hasarını, lipid metabolizma aktivitesini ve stresi gösterir (Wagner ve Congleton, 2004).

Bu çalışmada, bağışıklık sisteminin parametrelerinden Lökosit (WBC), Lenfosit (LYM), Monosit (MID) ve Granülosit (GRA) değerlerinde strese bağlı olarak artan değerler Tunceli sarımsağı tarafından tolere edilerek stres faktörünün neden olduğu olumsuz durumu ortadan kaldırıp negatif feedback'i gerçekleştirdiği tespit edilmiştir.

Balığın vücudu, ortamdaki yoğunluğa bağlı olarak azalan oksijen seviyesi ile baş edebilmek için kan yapımını artırmaya yönelmektedir. Bundan dolayı stres gruplarında Eritrosit (RBC), Hematokrit (HTC), Hemoglobin (Hg) değerlerinde artış gözlenmiştir. Ancak Tunceli sarımsağı grubu oksijene ihtiyacı azaltma eğilimine giderek aynı stres seviyesini diğer stres gruplarına göre daha az hücre üretimi ile gerçekleştirmiştir.

Strese bağlı olarak Trombosit (PLT) seviyesinde görülen artışın her iki uygulama grubunda özellikle Tunceli sarımsağında daha düştüğü tespit edilmiştir. Bu durumun ise sarımsakların antiplatelet (pıhtılaşmayı önleyici) etkisinin ortaya çıktığını göstermektedir.

Pala ve ark. (2018), klorpirifosa maruz kalan sazanlarda (*C. carpio*) Tunceli sarımsağının (*A. tuncelianium*) hemoglobin (Hb) düzeyi, nötrofillerin oksidatif radikal üretimi (Nitoblue tetrazolium assay-NBT aktivitesi) ve toplam immünoglobulin (TI) içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. *C. carpio* üzerindeki CPF'nin 96 saatlik LC50 değeri 0,230 mg/L olarak hesaplanmıştır. Balıklara öldürücü olmayan konsantrasyonda klorpirifos (1/8 LC50 değeri: 0,029 mg/L) maruz bırakılmış ve 21 gün boyunca Tunceli sarımsağı (20 ve 40 g/kg diyet) eş zamanlı olarak uygulanmıştır. CPF'ye maruz bırakılan balıkların Hb seviyesinde, NBT aktivitesinde ve TI içeriğinde önemli bir düşüş olmuştur. Ancak Tunceli sarımsağı Hb seviyesini, NBT aktivitesini ve TI içeriğini tersine çevirmiştir. Sonuç olarak, bu çalışma, CPF'nin balıkların immünolojik değerleri üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermiştir. Tunceli sarımsağının eşzamanlı uygulanması, CPF'nin neden olduğu toksisiteyi nötralize etmiştir.

Bu çalışmada da yukarıdaki çalışmadakine benzer hemoglobin düzeylerine rastlanılmıştır. Her ne kadar stres oluşturan faktörler farklı olsalar da, Tunceli sarımsağının olumlu etkileri her iki çalışmada da görülmüştür.

Bej ve ark. (2021), akut toksisite çalışması sırasında sazanların kanında toplam serum protein konsantrasyonu, toplam eritrosit sayısı, hemoglobin, hücre hacmi, ortalama alyuvar hacmi, ortalama alyuvar hemoglobini, ortalama alyuvar hemoglobin konsantrasyonu ve toplam lökosit sayısı önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır ($p < 0,05$)

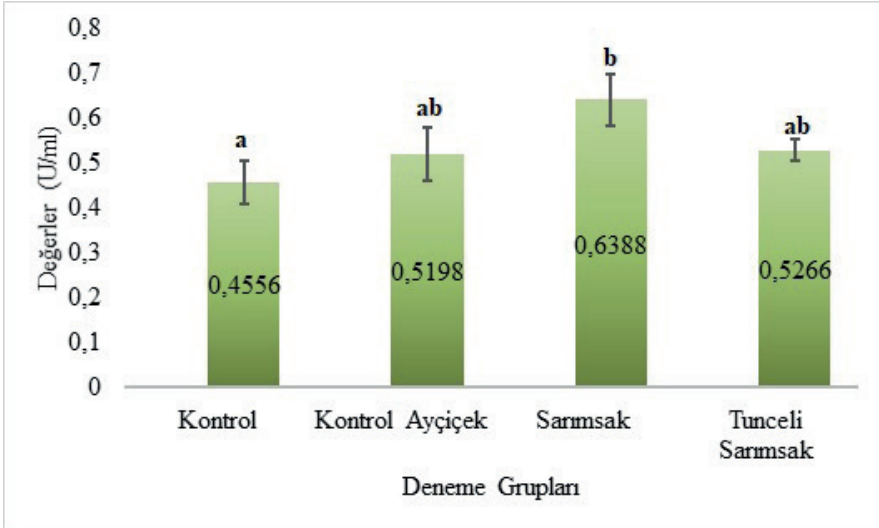
Stres ve hastalık durumlarında kan değerlerinde değişimlerin olması normal bir durumdur. Yukarıdaki çalışmada toksik madde etkisi ile kan değerleri düşerken, bu çalışmada her deneme grubunun kontrol grubuna göre farklı bir oranda kan değerlerini yükselttiği görülmektedir.

Hematolojik parametreler farklı türlerde, bireyler arası ve farklı yetiştiricilik koşullarında büyük farklılıklar gösterir. Bu varyasyonları izlemek için, çiftlik koşullarındaki veya çevreden yakalanan farklı türler için referans aralığı yaygın olarak rapor edilmiştir. Bununla birlikte, hematoloji verilerini

biyolojik göstergeler olarak balık türleri veya hatta farklı deney koşullarında yetiştirilen aynı türler arasında karşılaştırmak imkânsız değilse de son derece zordur. Çevresel değişkenlerden numune toplama sürecine kadar çok sayıda faktörün kan verileri üzerinde etkisi vardır ve bu verilerin referans aralığının dışında kalmasına neden olur (Esmæili, 2021).

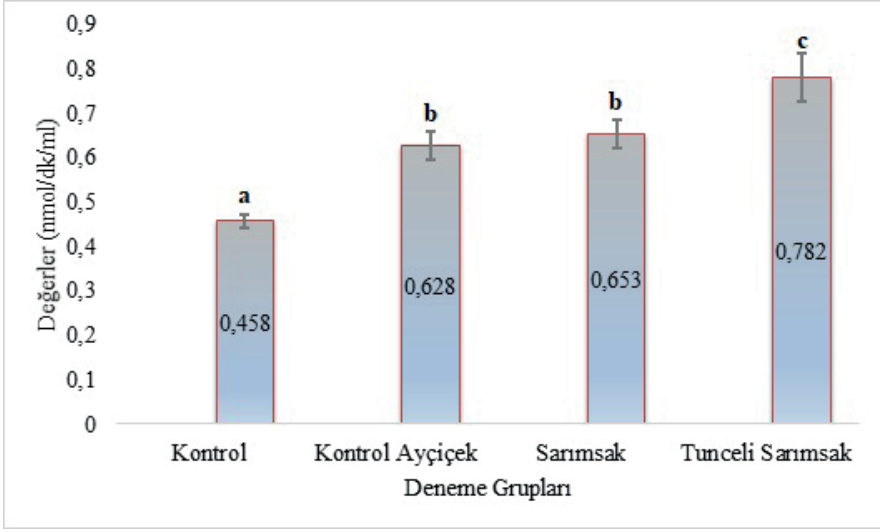
3.3. Antioksidan analizleri

Süperoksit Dismutaz (SOD) analiz sonuçları incelendiğinde, en yüksek değerin sarımsak grubunda $0,639 \pm 0,057$ U/ml olduğu, bu grubu $0,527 \pm 0,024$ U/ml değeri ile Tunceli sarımsağının ikinci sırada, $0,520 \pm 0,059$ U/ml değeri ile kontrol ayçiçeği yağının ve en düşük $0,456 \pm 0,047$ U/ml değeriyle de kontrol grubunun son sırada izlediği görüldü. Kontrol ayçiçeği grubu ile Tunceli sarımsak grubu arasında istatistiksel bir fark görülmezken ($P > 0,05$), diğer gruplar arasında istatistiksel bir farkın olduğu belirlendi ($P < 0,05$) (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. SOD analiz sonuçları grafiği

Katalaz (CAT) analiz sonuçlarına bakıldığında, en yüksek değerin $0,758 \pm 0,055$ nmol/dk/ml ile Tunceli sarımsağı grubunun olduğu, sarımsak grubunun $0,625 \pm 0,032$ nmol/dk/ml değeri ile ikinci, kontrol ayçiçeği grubunun $0,609 \pm 0,031$ nmol/dk/ml değeri ile üçüncü ve kontrol grubunun $0,453 \pm 0,015$ nmol/dk/ml değeri ile son sırada yer aldığı tespit edildi. Ayçiçeği yağı kontrol grubu ile sarımsak grubu arasında istatistiksel bir fark ortaya çıkmazken ($P > 0,05$), diğer gruplar arasında önemli bir farkın olduğu tespit edildi ($P < 0,05$) (Şekil 3.2).

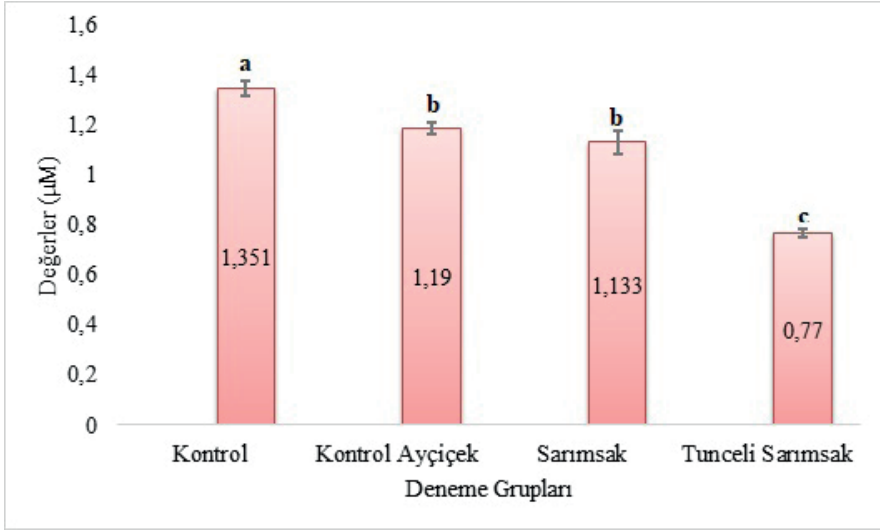


Şekil 3.2. CAT analiz sonuçları grafiği

Malondialdehit (MDA) analiz sonuçlarında ise en düşük değerin $0,770 \pm 0,017 \mu\text{M}$ ile Tunceli sarımsağında olduğu, onu $1,133 \pm 0,046 \mu\text{M}$ değeri ile sarımsak grubunun ikinci sırada, $1,190 \pm 0,025 \mu\text{M}$ değeriyle ayçiçeği kontrol grubunun üçüncü sırada ve $1,351 \pm 0,031 \mu\text{M}$ değeri ile de kontrol grubunun son sırada takip ettiği görüldü. Ayçiçeği kontrol grubu ile sarımsak grupları arasında istatistiksel bir fark bulunmaz iken ($P > 0,05$), diğer tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu gözlemlendi ($P < 0,05$) (Şekil 3.3).

Tablo 3.3. Antioksidan analiz sonuçları

	Kontrol	Kontrol A	Sarımsak	Tunceli Sarımsak
SOD	$0,456 \pm 0,047^a$	$0,520 \pm 0,059^{ab}$	$0,639 \pm 0,057^b$	$0,527 \pm 0,024^{ab}$
CAT	$0,453 \pm 0,015^a$	$0,609 \pm 0,031^b$	$0,625 \pm 0,032^b$	$0,758 \pm 0,055^c$
MDA	$1,351 \pm 0,031^a$	$1,190 \pm 0,025^b$	$1,133 \pm 0,046^b$	$0,770 \pm 0,017^c$



Şekil 3.3. MDA analiz sonuçları grafiği

Hoseinifar ve ark., (2016) farklı prebiyotiklerin (galakto, fruktooligosakkarit ve inülin) *C. carpio* yavrularının bağışıklık tepkisi ve oksidatif stresi üzerindeki etkilerini moleküler düzeyde incelemiştir. Sonuçlar, prebiyotiklerin diyetle uygulanmasının bağışıklıkla ilgili genlerin ekspresyonunu modüle ettiğini ve ekspresyon derecesinin prebiyotiklerin türünden ve analizler için kullanılan organdan etkilendiğini ortaya koydu. Ayrıca antioksidan gen ekspresyonunun değerlendirilmesi, sazanların prebiyotiklerle beslenmesi sonucunda GSTa ve GR expression seviyelerinin arttığını göstermiştir. Bu bulgulara göre farklı prebiyotiklerle beslenmenin bağışıklık ve antioksidanla ilişkili genlerin ekspresyonunu değiştirdiği sonucuna varılabilir. Wang ve ark., (2021) *Lactococcus lactis* Z-2 kullanılarak *C. carpio*'nun karaciğeri üzerinde farklı preparatların etkisini araştırdıkları çalışmada, SOD düzeyleri önemli derecede artarken, MDA düzeylerinin ise önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir. Hoseini ve ark., (2021) sazanlarda amonyak maruziyetine karşı diyetle fitol takviyesinin büyüme performansı, immünolojik parametreler, antioksidan ve stres tepkileri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Fitol eklenmiş diyet, amonyak maruziyetinden önce plazma kortizol, alanin aminotransferaz ve aspartat amino transferaz ve hepatik malondialdehit seviyelerinde hiçbir değişikliğe neden olmamış; hepatik süperoksit dismutazı, katalazı, glutatyon peroksidazı, plazma toplam antioksidan kapasitesini artırırken, malondialdehit ve plazma glukozunu düşürmüştür. Amonyak maruziyeti plazma malondialdehit ve hepatik antioksidan enzimlerin seviyelerinde yükselmelere yol açmıştır. Diyetle alınan fitol, plazma kortizol, glukoz, malondialdehit, alanin aminotransferaz, aspartat aminotransferaz ve hepatik malondialdehit seviyelerindeki değişiklikleri, özellikle 125 ve 250 mg kg⁻¹

seviyelerinde hafifletmiştir. Öte yandan, fitol ile muamele edilmiş balıklar, amonyak maruziyetinden sonra hepatik antioksidan enzimlerde kontrol grubuna kıyasla daha fazla bir yükselme sergilemiştir. Sonuç olarak, mevcut sonuçlar, fitolün sazan balığında bir bağışıklık uyarıcısı olduğunu ve amonyak maruziyetinin neden olduğu oksidatif strese karşı balıkları korumak için antioksidan sistemi uyarabildiğini göstermektedir.

Bu çalışmada kullanılan antioksidan sarımsaklar da fitol benzeri bir şekilde SOD ve CAT enzimlerinin yükselmesini sağlamışlardır. Kontrol grubunda bu antioksidanlar bulunmadığı için deneme gruplarından oldukça küçük değerlerde kalmıştır. Lipidperoksidasyonun yani yağlardaki bozulmanın göstergesi olarak da MDA değerleri kontrol grubunda benzer şekilde artmıştır, katkı maddesi olarak verilen sarımsaklar ise diğer çalışmalara benzer şekilde deneme gruplarındaki MDA seviyelerini düşürmüştür.

Karaciğer, kirleticilerin neden olduğu homeostaz ve detoksifikasyonda zorunlu bir rol oynayan metabolik olarak aktif bir organdır (Hinton ve ark., 2001). Jastrzebska ve Kawczuga (2011) Mevsimsel ve antropojenik kirleticilerin sazanlarda antioksidan durumu ve lipid peroksidasyonu üzerindeki etkisini incelemişlerdir. SOD 0.91-5.01 Umg^{-1} HGB ve MDA 0,39-2,21 nmol mg^{-1} HGB değerlerini bulmuşlardır. Kolešová ve ark., (2018) *C. carpio* ve *Onchorhynchus mykiss* balıklarının üreme dönemlerinde seminal plazmalarında (SP) reaktif oksijen türlerinin ve süperoksit dismutaz, glutatyon redüktaz ve glutatyon peroksidaz içeren antioksidan enzim savunma sisteminin neden olduğu oksidatif stres düzeylerini araştırmışlardır. En yüksek TBARS ve CP seviyeleri sezonun sonlarında kaydedilmiştir. SOD, her iki türde de önemli ölçüde değişmemiş ve GR'nin aktivitesi, yumurtlamanın sonlarında sazan SP'de diğer zamanlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($P<0,05$). Gökkuşluğu alabalığı SP'de yumurtlama mevsiminin başlarında önemli ölçüde daha düşük bir GPx aktivitesi ($9,18\pm 1,32$ mU/mg protein) bulunmuştur, ancak sazanda sezon boyunca GPx'te önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, balık SP antioksidanlarının rolünün daha iyi anlaşılmasını sağlamakta ve yumurtlama mevsimi boyunca SP'deki oksidan ve antioksidan dengesi hakkında teleost türlerinin yapay üremesi için yöntemlerin geliştirilmesinde değerli olabilecek yeni veriler sunmaktadır. Yılmaz ve ark., (2006) Karakaya Baraj Gölü'nde Mart-Temmuz 1999 tarihinde yaptıkları çalışmada, *C. carpio*'nun karaciğerindeki CAT ve SOD gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri incelemiştir. Hasırcılar'dan alınan *C. carpio* karaciğerlerinde SOD aktivitesi Boran ve İmikuşığı'ndan alınan örneklerle göre göre daha yüksek bulunmuştur ($p>0,05$). Boran ve Hasırcılar'da nispeten kontamine olmayan İmikuşığı'nda CAT aktiviteleri daha düşük bulunmuştur ($p>0,05$). Vinodhini ve Narayanan (2009) metal toksisitesine maruz kalan *C. carpio* karaciğer dokusunda malondialdehit (MDA) seviyesini ağır metal maruziyetinin ilk ve 32. gününde $1,340\pm 0,020$ ila $2.540\pm 0,025$ aralığında, Süperoksit dismutaz antioksidan

enzim aktivitesini $6.239 \pm 0,004$ ila $7,334 \pm 0,004$ aralığında ve Katalaz (CAT) aktivitesini $0,949 \pm 0,004$ ila $1,293 \pm 0,002$ aralığında bulmuşlardır. Sevcikova ve ark., (2016) bakır bazlı pestisitlerin bir yaşındaki *C. carpio* üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Antioksidatif enzimler arasında, başlıca katalaz ve glutatyon-S-transferaz aktivitesinde önemli değişiklikler ortaya çıkmıştır ($P < 0,05$). Karaciğer ve solungaçlarda toplam glutatyon içeriğinde önemli bir değişiklik ($P < 0,05$) kaydedilmiş, ancak indirgenmiş/oksitlenmiş oran etkilenmemiştir. Tuteja ve ark., (2021) *C. Carpio*'ya arsenik uyguladıkları çalışmada, öldürücü olmayan konsantrasyonlara arsenik maruziyetinin ardından antioksidan enzim aktivitesinde (SOD, CAT, GR, GPx ve GST) azalma gözlemlenmiştir. Oksidatif stres, reaktif oksijen türlerinin üretimi, antioksidan enzimlerin süpürme kabiliyetinin ötesine geçtiğinde meydana gelen bir olgudur ve arseniğe maruz kalan balıklarda yukarıda bahsedilen enzimlerin antioksidan aktivitesinde azalma, enzimlerin temizleme yeteneğinin çok ötesinde olan arsenik maruziyeti nedeniyle hücreler tarafından aşırı serbest radikal üretimine bağlanabilir (Adeyemi ve ark., 2015).

Bu çalışma ile diğer çalışmalar arasında antioksidan katkı maddelerinin benzer etkileri görülmektedir. Diğer taraftan denemede kullanılan balık türleri aynı olmasına rağmen rakamsal değerlerin aynı olmadığı ortaya çıkmaktadır. Bunun nedenlerinden birisi örneklerin alınması, analizlerde kullanılan kimyasallar ve analiz yöntemleri de olabilir. Yukarıdaki çalışmalar ise bize örneğin alındığı yerinin ve örnekleme zamanının da bu değerlerdeki farklılık üzerinde etkili olabileceğini göstermektedir. Ayrıca ortamda bulunan stres unsurunun canlı üzerindeki etki derecesi de elde edilen sonuçların rakamsal büyüklükleri üzerinde etkili olmaktadır.

Hoseinifar ve ark., (2021) elma kabuğundan elde edilen pektinin (EKP) *C. carpio*'nun rasyonuna eklenmesiyle antioksidan enzimlerin durumunu araştırmışlardır. EKP'nin katalaz ve süperoksit dismutaz aktivitesi gibi serum antioksidan üzerindeki etkileri gruplar arasında önemli farklılıklar göstermemiştir ($P > 0,05$). Deri mukus antioksidan enzim aktivitesi, katkılı yemle beslenen balıkların (%1 veya %2 APDP), kontrol grubuna kıyasla mukus katalaz aktivitesinin en yüksek değerlerini ($P < 0,05$) göstermiştir. Bunun yanı sıra deri mukus süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesinin de önemli ölçüde daha yüksek değerlere sahip olduğu saptanmıştır ($P < 0,05$).

Ağbaş ve ark., (2013) Tunceli sarımsağı ile diğer sarımsakların ekstrelerini karşılaştırmışlardır. Ekstrelerin DPPH, ABTS⁺ ve OH radikali yok edici özelliklere sahip olduğu belirlendi ve Tunceli sarımsağı etanol ekstresinin standart bir antioksidan olan BHT'den daha yüksek antiradikal aktivite gösterdiği saptandı. Bunlara ek olarak toplam kuru madde miktarlarının karşılaştırılması sonucunda mineral içeriklerinin birbirine yakın olduğu tespit edildi. Sonuç olarak, bu sarımsak türlerinin, özellikle Tunceli sarımsağının doğal bir antioksidan kaynağı olarak kullanılabilirliği önerilmektedir.

Bu çalışmada da her iki sarımsak türünün de olumlu antioksidan özellikleri görülmüş olmakla beraber, özellikle Tunceli sarımsağının diğer sarımsağa oranla çok daha iyi antioksidan etkiler gösterdiği belirlenmiştir.

Kutlu ve ark., (2018) Tunceli sarımsağının antioksidan enzim düzeylerine etkisini belirlemek için Wistar albino tipi dişi sıçanlar kullanmışlardır. *A. tuncelianum*'un su ekstraktının kalp dokusu üzerine antioksidan ve oksidatif stres markırı olan; katalaz (CAT) ve süpeoksit dismutaz (SOD), malondialdehit (MDA) ve total glutatyon (GSH) parametreleri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda *A. tuncelianum*'un su ekstraktının fenolik bileşik çeşitliliği açısından fakir ancak diğer bazı bileşenler (pirokatekol, kainik asit, fumarik asit ve malik asit) açısından oldukça zengin bir içeriğe sahip olduğu bulunmuştur. Kalp dokusunda antioksidan enzim (CAT, SOD) düzeylerinin oksidatif stres oluşturulan gruplarda, kontrol gruplarına göre anlamlı bir şekilde ($p<0,05$) azaldığı belirlenmiştir. *A. tuncelianum* ekstreleri verilen gruplarda; CAT enzim aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) azalma, SOD enzim aktivitesinde 7,12-DMBA verilen gruba göre istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) artma gözlenmiştir. Ayrıca 7,12-DMBA verilen gruba göre MDA düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı ($p<0,05$) azalma görülmüştür. Bu sonuçlar; *A. tuncelianum*'un su ekstraktlarının, SOD enzim aktivitesini artırarak ve MDA düzeyini azaltarak oksidatif stresi önleyebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada yukarıdaki çalışmadan farklı bir hayvan türü kullanılmış ve ayrıca bu çalışmada karaciğer dokusunda inceleme yapılırken, yukarıdaki çalışmada kalp dokusunda çalışma yapılmıştır. Farklı hayvan türleri üzerinde çalışılmış olmasına rağmen iki çalışmada birbirine benzer sonuçlar bulunmuştur.

Altınterim ve Aksu (2020) yaptıkları çalışmada, sarımsak (*A. sativum*, Limne) masere yağı, Tunceli sarımsak (*A. tuncelianum*) masere yağı ve soğan (*Allium cepa*, Limne) masere yağının diyet takviyesinin, gökkuşuğu alabalığı (*O. mykiss* L.)'nin antioksidan aktiviteleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. En yüksek CAT ve GR aktiviteleri soğan yağı maserasyon grubunda gözlenmiş ve en yüksek GPx aktivitesi sarımsak yağı maserasyon grubunda saptanmıştır. En düşük MDA seviyesi ise soğan yağı grubunda tespit edilmiştir.

Yukarıdaki çalışmada bu çalışmada kullanılan farklı bir balık türü kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılmayan soğan yağı üç parametrede ve bu çalışmada kullanılan normal sarımsak ise bir parametrede en iyi sonucu vermiştir. Tunceli sarımsağı verileri diğer iki yağ kadar etkili olmasa da kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmada stres faktörünün bulunmaması, türün farklı olması ve farklı dokular üzerinde yapılmış olması sonuçlardaki farklılığın nedeni olabilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı birincil olarak bir besleme çalışması olmaktan ziyade, sarımsak türlerinin sazan balığının kan ve antioksidan değerlerini araştırmaktır. Ancak yine de bir besleme çalışmasıyla canlıya verildikleri için bazı büyüme değerlerine de bakılmıştır.

Büyüme değerlerinde özellikle Tunceli sarımsağı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranlarında çok iyi sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmada, bağışıklık sisteminin parametrelerinde strese bağlı olarak artan değerler Tunceli sarımsağı tarafından tolere edilerek stres faktörünün neden olduğu olumsuz durumu ortadan kaldırıp değerlerin düzelmesine neden olmuştur.

Özellikle antioksidan analizler iki sarımsak türünün pozitif etkilerini göstermiştir. Süperoksit Dismutaz sonuçlarında en iyi sonuç sarımsak deneme grubunda ve ikinci olarak da Tunceli sarımsağı deneme grubunda elde edilmiştir. Katalaz ve Malondialdehit analiz sonuçlarında ise Tunceli sarımsağı ilk sırada ve sarımsak ikinci sırada yer almış ve çok iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada Tunceli sarımsağı deneme grubunda elde edilen kan ve antioksidan analiz sonuçları ile balıkların büyüme parametreleri paralel yükselme göstermiştir. Sarımsak grubunda da kan ve antioksidan değerlerde iyi sonuçlar elde edilmiş olmakla birlikte, büyüme parametrelerinde paralel bir artış görülmemiştir. Bu durum Tunceli sarımsağının sağlık üzerine olumlu etkilerinin yanında, besleyici değerinde de farklılıkların olduğu anlamına gelebilir.

Sonuç olarak bu çalışmada kullanılan sarımsak (*Allium sativum* L.) ve Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman) balık sağlığı üzerinde olumlu etkilere sahiptir. Sarımsak ile ilgili hayvan ve insan sağlığı üzerinde birçok çalışma bulunmaktadır. Diğer taraftan Tunceli sarımsağı üzerine yapılan çok çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda başka canlılar üzerinde de detaylı çalışmaların faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adeyemi, J.A., Da Cunha Martins-Junior, A., Barbosa Jr., F.** 2015. Teratogenicity, genotoxicity and oxidative stress in zebrafish embryos (*Danio rerio*) co-exposed to arsenic and atrazine. *Comp. Biochem. Physiol. Part C Toxicology Pharmacology*, 172-173: 7-12.
- Ağbaş, B., Karakuş, D., Adıgüzel, R.** 2013. Tunceli sarımsağının (*Allium tuncelianum*) toplam antioksidan özelliklerinin ve kuru madde içeriğinin normal sarımsak (*Allium sativum*) ile karşılaştırılması. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 1(2): 50-62.
- Ahmad, I., Pacheco, M., Santos, M.A.** 2004. Enzymatic and non-enzymatic antioxidants as an adaptation to phagocyte-induced damage in *Anguilla anguilla* L. following in situ harbour water exposure. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57: 290-302.
- Alvarez, R.M.M., Morales, A.E., Sanz, A.** 2005. Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 15: 75-88.
- Altınterim, B., Aksu, Ö.** 2020. Effects of macerate oil of garlic (*Allium sativum*, Limne), Tunceli garlic (*Allium tuncelianum*, Kollman) and onion (*Allium cepa*, Limne) on antioxidant enzyme activities of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(1): 61-65.
- Arlinghaus, R., Mehner, T.** 2003. Socio-economic characterisation of specialised common carp (*Cyprinus carpio* L.) anglers in Germany, and implications for inland fisheries management and eutrophication control. *Fisheries Research*, 61: 19-33.
- Babacan, E.Y., Doğan, G., Demirpolat, A., Bağcı, E.** 2018. Essential oil composition and pollen morphology of local endemic *Allium tuncelianum* from Munzur Valley in Turkey. *The Pharmaceutical and Chemical Journal*, 5(3): 72-79.
- Banarescu, P., Coad, B.W.** 1991. Cyprinids of Eurasia. *Cyprinid fishes: systematics, biology, and exploitation*, pp. 127-155, eds. Winfield, I.J. & Nelson, J.S., Chapman and Hall, London.
- Barton, B.A. Iwama G.K.** 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, 1: 3-26.
- Barton, B.A.** 2002. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42: 517-525.
- Bej, S., Ghosh, K., Chatterjee, A., Saha, N.C.** 2021. Assessment of biochemical, hematological and behavioral biomarkers of *Cyprinus carpio* on exposure to a type-II pyrethroid insecticide Alpha-cypermethrin. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 87: 103717.
- Ciesla, B.** 2007. Hematology in Practice; FA Davis Company: Philadelphia, PA, USA; p. 230.

- Costa-Pierce, A.B., Hadikusumah, H.Y.** 1990. Research on cage aquaculture systems in the Saguling Reservoir, West Java, Indonesia. *Reservoir fisheries and aquaculture development for resettlement in Indonesia*, pp. 112-217, Costa-Pierce, B.A. & Soemamoto, O., ICLARM Tech. Rep.
- Cowey, C.B.** 1993. Some effects of nutrition on flesh quality of cultured fish. *Fish nutrition in practice, proceedings of the IV international symposium fish nutrition and feeding, les colloques 61*, pp. 227-236, eds. Kaushik, S.J. & Luquet, P., INRA Editions, Paris.
- Davis, K.B.** 2006. Management of physiological stress in finfish aquaculture. *North American Journal of Aquaculture*, 68: 116-121.
- Demirkalp, F.Y.** 2007. Some of the growth characteristics of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) in Çernek Lake (Samsun, Turkey). *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 35(1): 57-65.
- Esmacili, M.** 2021. Blood performance: A new formula for fish growth and health. *Biology*, 10:1236.
- Fänge, R.** 1992. 1 Fish blood cells. *Fish Physiology*, 12: 1-54.
- FAO.** 1997. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Review of the State of World Aquaculture, FAO Fisheries. Circular No. 886 FIRI/C886 (rev. 1), Rome.
- FAO.** 2013 Fish state plus: Universal software for fishery statistical time series (available at www.fao.org/fi/statist/fisoft/fishplus.asp).
- Forester, T.S., Lawrence, J.M.** 1978. Effects of grass carp and carp on populations of blue gill and large mouth bass in ponds. *Transactions of the American Fisheries Society*, 107: 172-175.
- Gorren, A.C., Schrammel, A., Schmidt, K., Mayer, B.** 1998. Effects of pH on the structure and function of neuronal nitric oxide synthase. *Biochemical Journal*, 331: 801-807.
- Hickley, P., Chare, S.** 2004. Fisheries for non-native species in England and Wales: angling or the environment? *Fisheries Management and Ecology*, 11: 203-212.
- Hinton, D.E., Segner, H., Braunbeck, T.** 2001. Toxic responses of the liver. *Target organ toxicity in marine and freshwater teleosts*, pp. 224-68, eds. Schlek, D. & Benson, W.H., Taylor & Francis, Boca Raton.
- Hoseini, S.M., Gharavi, B., Mirghaed, A.T., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H.** 2021. Effects of dietary phytol supplementation on growth performance, immunological parameters, antioxidant and stress responses to ammonia exposure in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 545: 737151.
- Hoseinifar, S.H., Ahmadi, A., Khalili, M., Raeisi, M., Van Doan, H., Caipang, C.M.** 2016. The study of antioxidant enzymes and immune-related genes expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings fed different prebiotics. *Aquaculture Research*, 48: 5447-5454.
- Hoseinifar, S.H., Jahazi, M.A., Mohseni, R., Yousefi, M., Bayani, M., Mazandarani,**

- M., Van Doan, H., El-Haroun, E.R.** 2021. Dietary apple peel-derived pectin improved growth performance, antioxidant enzymes and immune response in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 535: 736311.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y., Fırat, A.** 2003. Balık besleme ve yem teknolojisi I (balık besleme fizyolojisi ve biyokimyası 3. Baskı. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Ivanc, A., Haskovic, E., Jeremic, S., Dekic, R.** 2005. Hematological evaluation of welfare and health of fish. *Praxis veterinaria*, 53(3): 191-202.
- Jastrzębska, E.B., Kawczuga, D.** 2011. Antioxidant Status and Lipid Peroxidation in Blood of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(3): 541-550.
- Kock, G., Triendl, M., Hofer, R.** 1996. Seasonal patterns of metal accumulation in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from an oligotrophic Alpine lake related to temperature. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 780-786.
- Koehn, J.D.** 2004. Carp (*Cyprinus carpio*) as a powerful invader in Australian waterways. *Freshwater Biology*, 49: 882-894.
- Kolešová, A.S., Rui, N., Ashtiani, S., Rodina, M., Cosson, J., Linhart, O.** 2018. Oxidative stress and antioxidant enzyme defence system in seminal plasma of common Carp (*Cyprinus carpio*) and Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) during spawning season. *Czech Journal of Animal Science*, 63(2): 78-84.
- Kutlu, T., Takım, K., Karaslan, M.G., Yılmaz, M.A.** 2018. Tunceli dağ sarımsağının (*Allium tuncelianum*) rat kalp dokusu antioksidan enzim düzeylerine etkisi ve fenolik bileşenlerinin karakterizasyonu. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(5):632-643.
- Lowe, S., M., Browne, S, Boudjelas, De Poorter, M.** 2000. *100 of the World's worst invasive alien species a selection from the global invasive species database*. Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12p.
- Lugert, V., Thaller, G., Tetens, J., Schulz, C., Krieter, J.** 2016. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application. *Reviews in Aquaculture*, 8: 30-42.
- Lushchak, V.I., Bagnyukova, T.V., Lushchak, O.V., Storey, J.M., Storey, K.B.** 2005. Hypoxia and recovery perturb free radical processes and antioxidant potential in common carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *International Journal of Cell Biology*, 37(6): 1319-1330.
- Lushchak, V.I., Bagnyukova, T.V.** 2006. Temperature increase results in oxidative stress in goldfish tissues: 1. Indices of oxidative stress. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C*, 143(1): 30-35.
- Mills, E.L., Leach, J.H., Carlton, J.T., Secor, C.L.** 1993. Exotic species in the Great Lakes: a history of biotic crises and anthropogenic introductions. *Journal of*

Great Lakes Research, 19(1): 1-54.

- Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M.** 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1017-1024.
- Pala, A., Şeker, E., Yonar, M.E.** 2018. Effect of Tunceli garlic on some immunological parameters in *Cyprinus carpio* exposed to chlorpyrifos. *Cellular and molecular biology*, 64(4): 108-112.
- Piska, R.S., Naik, S.J.K.** 2013. Introduction to freshwater aquaculture. *Intermediate vocational course stateinstitute of vocational education and board of intermediate education*, pp. 1-12, eds. Piska, R.S., Dept. Zoology, Coll.Sciences, Univ. Osmania, Hyderabad.
- Pucher, J., Tuan, N.N., Yen, T.T.H., Mayrhofer, R., El-Matbouli, M., Focken, U.** 2012. Feeding fish without fishmeal: Earthworm meal as alternative animalprotein source in rural areas. *Conf. T ropentag*, Göttingen, September 19-21.
- Parameswaran, S., Radhakrishnan, S., Selvaraj, C., Bhuyan, B.R.** 1971. Fish yield from Assam ponds kept under different experimental conditions. *Indian Journal of Fisheries*, 18(1-2): 67-83.
- Rahman, M.M., Jo Q, Gong, Y.G, Miller, S.A., Hossain, M.Y.** 2008a. A comparative study of common carp (*Cyprinus carpio* L.) and calbasu (*Labeo calbasu* Hamilton) on bottom soil resuspension, water quality, nutrient accumulations, food intake, and growth of fish in simulated rohu (*Labeo rohita* Hamilton) ponds. *Aquaculture*, 285: 78–83.
- Rahman, M.M., Verdegem, M.C.J., Wahab, M.A., Hossain, M.Y., Jo Q.** 2008b. Effects of day and night on swimming, grazing and social behaviours of rohu *Labeo rohita* (Hamilton) and common carp *Cyprinus carpio* (L.) in simulated ponds. *Aquaculture Research*, 39: 1383-1392.
- Rahman, M.M., Meyer, C.G.** 2009. Effects of food type on diet behaviours of common carp *Cyprinus carpio* L. in simulated aquaculture pond conditions. *Journal of Fish Biology*, 74: 2269-2278.
- Rahman, M.M.** 2015. Role of common carp (*Cyprinus carpio*) in aquaculture production systems. *Frontiers in Life Science*, 8(4): 399-410.
- Rapp, T., Cooke, S.J., Arlinghaus, R.** 2008. Exploitation of specialised fisheries resources: the importance of hook size in recreational angling for large common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fisheries Research*, 94: 79–83.
- Sevcikova, M., Modra, H., Blahova, J., Dobsikova, R., Plhalova, L., Zitka, O., Hynek, D., Kizek, R., Skoric, M., Svobodova, Z.** 2016. Biochemical, haematological and oxidative stress responses of common carp (*Cyprinus carpio* L.) after sub-chronic exposure to copper. *Veterinarni Medicina*, 61(1): 35–50
- Seibel, H., Baßmann, B. Rebl, A.** 2021. Blood will tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 8: 194.
- Taher, M.M. Al-Dubakel, A.Y., Saleh, J.H.** 2014. Effects of feeding ratio on growth

and food conversion rate of common carp *Cyprinus carpio* reared in floating cages. *Iraqi Journal of Aquaculture*, 11(1): 15-26.

- Taher, M.M., Al-Dubakel, A.Y., Muhammed, S.J.** 2018. Growth parameters of common carp *Cyprinus carpio* cultivated in semi-closed system. *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 1(1): 40-47.
- Tellez, T.M.E., Aguilar, E.S.V., Rojas, M.T.A., Guineo, D.O.D., Quevedo, R., Díaz, O., Montes, J.M.B.** 2020. Garlic (*Allium sativum* L) and Its beneficial properties for health: A Review. *Agroindustrial Science*, 10(1): 103-115.
- Tonya, C., D.V.M., Alistair, D., Arnold, J.** 2008. Hematologic disorders of fish. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 11:445-462.
- Tuteja, C., Shanthanagouda, A.H., Hundal, S.S., Dhaliwal, S.S.** 2021. Antioxidative role of dietary ascorbic acid against arsenic induced haematological, biochemical and histomorphological alterations in *Cyprinus carpio*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 241: 108973.
- Vilizzi, L., Tarkan, A.S.** 2015. Experimental evidence for the effects of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) on freshwater ecosystems: a narrative review with management directions for Turkish inland waters. *LimnoFish*, 1: 123-149.
- Vinodhini, R., Narayanan, M.** 2009. Biochemical changes of antioxidant enzymes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after heavy metal exposure. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 33(4): 273-278.
- Wagner, T., Congleton, J.L.** 2004. Blood chemistry correlates of nutritional condition, tissue damage, and stress in migrating juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61: 1066-1074.
- Wang, J., Feng, J., Liu, S., Cai, Z., Song, D., Yang, L., Nie, G.** 2021. The probiotic properties of different preparations using *Lactococcus lactis* Z-2 on intestinal tract, blood and hepatopancreas in *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 543: 736911.
- Weber, M., Brown, M.** 2009. Effects of common carp on aquatic ecosystems 80 years after “carp as a dominant”: ecological insights for fisheries management. *Reviews in Fisheries Science*, 17: 524–37.
- Yilmaz, H.R., Turkoz, Y., Yuksel, E., Orun, I.** 2006. An investigation of antioxidant enzymes activities in liver of *Cyprinus carpio* taken from different stations in the Karakaya Dam Lake. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1: 1-6.
- Yumrutaş, Ö., Demirörs, Saygıdeğer, S., Doğan, M.** 2009. The in vitro antioxidant activity of *Allium tuncelianum*: An endemic. *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(3): 61-64.



Bölüm 2

ASKIDAKİ KATI MADDELER İLE BULANIKLIĞIN SUCUL CANLILAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Ataman Altuğ ATICI¹

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü,
Van, TÜRKİYE. ORCID ID: 0000-0001-8700-8969, atamanaltug@yyu.edu.tr

1.GİRİŞ

Son 50 yıldır askıdaki katı maddelerin (AKM) balıklar ve sudaki yaşam üzerindeki etkileri dünya çapında yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. AKM'nin daha yüksek su arıtma maliyetlerine, balıkçılık kaynaklarında azalmaya ve su ortamlarında ciddi ekolojik sorunlara yol açan su kalitesi bozulmasının son derece önemli bir nedeni olduğu kabul edilmektedir (Bilotta ve Brazier, 2008).

Su kalitesi raporlarına göre bulanıklık, askıda katı madde (AKM), sediment ve siltasyon sucul ortamları oluşturan akarsular, göller, barajlar, göletler, sulak alanlar ve okyanus kıyı suları gibi alanlar için sürekli olarak listelenen ve sucul canlıklar için olumsuz bir etki oluşturan parametrelerdir. Sediment etkilerinin olduğu bu sucul ekosistemler karmaşık ve çok yönlü olabilmektedir (Berry ve ark., 2003; Hill, 2003).

Bu katılar suda yüzen ya da sürüklenen maddeler dışında sediment (tor-tu), silt ve kumdan planktona ve alge kadar her şeyi içerebilmektedir (Şekil 1). Ayrışan maddelerden oluşan organik partiküller de toplam askıda katı madde miktarına katkıda bulunmaktadır. Ayrışma sürecinde olan hayvan, bitki ve algler küçük partiküller oluşturarak bulanıklığı meydana getirmekte ve AKM olarak su kolonuna katılmasına neden olmaktadır (Şekil 2). Bununla birlikte kimyasal çökeltiler de askıda katı maddenin bir formu olarak kabul edilmektedir. Toplam askıda katı madde, suyun berraklığını gözlemlenmede önemli bir faktördür (Anonim, 2023).

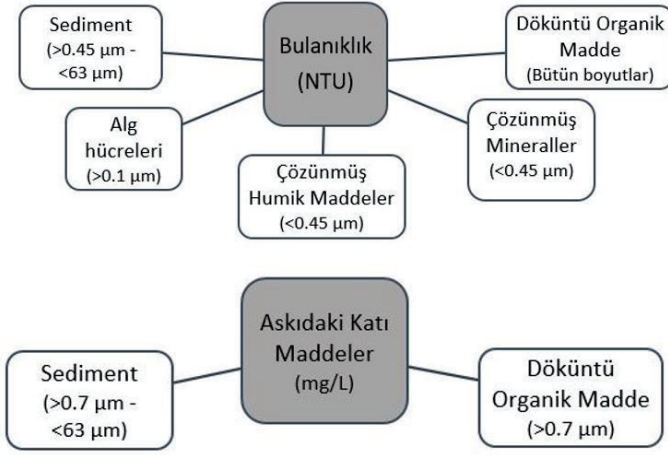


Şekil 1. Askıda katı maddelerden çakıl, kum, silt, kil ve alg (Anonim, 2023)

AKM terimi, bir akarsu, göl veya rezervuarın su sütununda hareketler nedeniyle tutulan inorganik ve organik maddenin kütlesini (mg) veya konsantrasyonunu (mg/L) ifade etmektedirler. AKM'nin tipik olarak çapı 62 μm 'den küçük ince parçacıklardan oluştuğu bildirilmiştir (Waters, 1995), ancak araştırmalar AKM'nin çoğunlukla daha büyük partiküllerden oluştuğunu göstermiştir (Phillips ve Walling, 1995; Droppo, 2001). Doğal koşullar altında tüm akarsular bir miktar AKM taşımaktadır (Ryan, 1991).

Bununla birlikte, AKM konsantrasyonları eğer antropojenik bozulmalar yoluyla arttırılırsa, bu durum su kütlesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik

özelliklerinde değişikliklere yol açabilir. AKM'nin neden olduğu fiziksel değişiklikler arasında ışık geçirgenliğinin azalması, sıcaklık değişiklikleri ve bu katıların biriktiği kanalların ve rezervuarların dolması yer almaktadır. Bu fiziksel değişiklikler, istenmeyen görüntülerle (Lloyd ve ark., 1987), daha yüksek su arıtma maliyetleriyle (Ryan, 1991), kanalların seyrüsefer kabiliyetinin ve baraj ve çeşitli rezervuarların ömrünün azalmasıyla ilişkilendirilmektedir (Butcher ve ark., 1993; Verstraeten ve Poesen, 2000). AKM'nin neden olduğu kimyasal değişiklikler, ağır metaller ve pestisitler gibi kirletici maddeler (Miller, 1997; Dawson ve Macklin, 1998; Kronvang ve ark., 2003) ile fosfor gibi besin maddelerinin (Russell ve ark., 1998; Harrod ve Theurer, 2002; Haygarth ve ark., 2006) su kolonuna salınımını içermektedir.

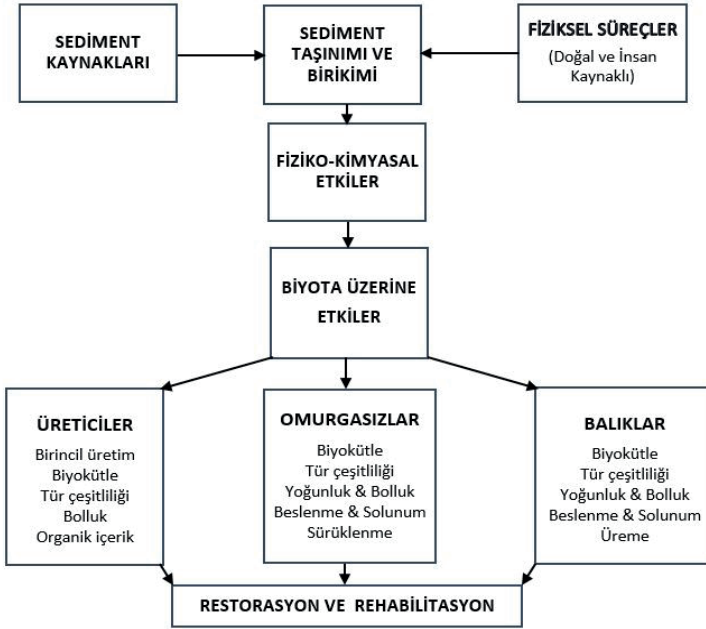


Şekil 2. Geleneksel yöntemle bulanıklık ve askıda katı maddeleri ölçerken kullanılan çeşitli bileşenleri gösteren şematik bir diyagram (Bilotta ve Brazier, 2008)

Yüksek bir organik içeriğe sahip AKM'nin bulunduğu yerlerde meydana gelen çözünmeler sudaki çözülmüş oksijen seviyelerini tüketebilir, düşük akış koşullarında balık ölümlerine yol açabilecek kritik bir oksijen kıtlığına neden olabilir (Ryan, 1991).

2. AKM'nin Sucul Canlılar Üzerine Olumsuz Etkileri

Bulanıklık seviyelerinin ve AKM miktarlarının farklı organizma grupları üzerindeki etkileri Şekil 3'te özetlenmiştir.



Şekil 3. Lotik ekosistemlerdeki ince çöktürelere bütünsel bir bakış (Wood ve Armitage, 1997)

2.1. Fitoplankton, perifiton ve makrofitler

Fitoplankton, perifiton (akarsu substratlarına tutunmuş algler) ve makrofitler (substratta kök salmış görünür bitkiler) su ortamındaki önemli besin kaynakları ve oksijen üreticileridir (Brown, 1987; Bronmark, 2005).

AKM'nin fitoplankton üzerindeki doğrudan olumsuz etkisi, fitoplanktonun yumaklaşmasına ve batmasına neden olabilmektedir (Donohue ve Molinos, 2009). AKM'nin dolaylı olumsuz etkileri, su kolonunda ışık iletiminin azalmasıdır. Bu da fotosentezi azaltır ve dolayısıyla fitoplankton yoğunluğunu, büyüme oranını ve üretkenliğini de azaltmaktadır (Donohue ve Molinos, 2009).

Diğer yandan Wilson ve ark. (1999) bir chlorophyte (*Cladophora glomerata*) türünün, asılı parçacıkların aşındırıcı kuvvetine uyum sağlamak için hücre morfolojisinde (yani yapısal bütünlüğünde) değişiklikler yapabildiğini tespit etmiştir.

Parkhill ve Gulliver (2002), akarsu ekosistemlerini 50-300 mg/L AKM'ye maruz bırakmanın üretkenliği azaltmadığını, zira genel fotosentetik verimliliğin ışınım kaybını telafi ettiğini bulmuşlardır. Benzer şekilde Dokulil (1994), yüksek bulanıklığın fotosentetik verimliliği ve biyokütle gelişimini azaltmasına rağmen, değişen bulanıklık koşullarının getirdiği değişken ışık rejimleri altında fotosentetik üretimin devam edildiği kaydetmiştir.

AKM su sütunun içinden geçen ışık miktarını azaltarak öncelikle makrofitleri ve algleri etkileyebilir. Su sütunundaki ışık geçirgenliğinin azalması birincil tüketiciler üzerinde doğrudan etki edecek olan fotosentez yoluyla oluşan enerjiyi özümseyebilen perifiton ve su altında yetişen makrofitlerin oranını sınırlamaktadır. Ancak şunu belirtmekte fayda var ki bu mekanizma yüzeyde yayılım gösteren fitoplankton dahil planktonik türler ve yüzen yapraklı veya serbest yüzen makrofitler için o kadar önemli değildir. Ayrıca, gıda zincirlerindeki birincil üreticilerin önemi, farklı akarsu toplulukları arasında çeşitlilik gösterebilmektedir (Bilotta ve Brazier, 2008).

Çizelge 1. Perifiton ve makrofitler üzerine AKM'nin çeşitli konsantrasyonları ve bunlara maruz kalma sürelerinin etkilerine ilişkin verilerin özeti

Organizma	Konsantrasyon (mg/L)	Maruz kalma süresi (saat)	Gözlenen Etki	Kaynak
Su yosunu	500	168	Yapraklarda ciddi aşındırıcı hasar	Lewis (1973)
Su yosunu	100	504	Yapraklarda ciddi aşındırıcı hasar	Lewis (1973)
Makrofitler ve algler	200	-	Birincil üretimde %50 azalma	Van Nieuwenhuysse ve LaPerriere (1986)
Makrofitler ve algler	2100	-	Birincil üretim yok	Van Nieuwenhuysse ve LaPerriere (1986)
Makrofitler ve algler	8	-	Birincil üretimde %3-13 azalma	Lloyd ve ark. (1987)
Makrofitler ve algler	40	-	Birincil üretimde %13-50 azalma	Lloyd ve ark. (1987)
Fitoplankton	10	1344	Alg biyokütlesinde %40 azalma	Quinn ve ark. (1992)
Perifiton	0-6500	-	Aşındırıcı hasar ve azalmış biyokütle	Francoeur ve Biggs (2003)
Perifiton	100	-	Uyarılmış büyüme ve filament uzunluğu (düşük akış hızlarında)	Birkett ve ark. (2007)
Perifiton	200	-	Biyoküttele ve filament uzunluğunda önemli azalma	Birkett ve ark. (2007)

Perifiton bolluğu AKM miktarından etkilenebilmektedir. Azaltılmış ışık geçirgenliği dışındaki diğer olumsuz etkiler; (1) Yüksek hızlı akışa sahip akarsuların taşıdıkları AKM'nin aşındırıcı etkisi ile zemine yerleşmiş fotosentetik canlılar zarar görebilir (Alabaster ve Lloyd, 1982; Steinman ve McIntire, 1990). (2) AKM, fosfor gibi besin maddeleri (Heathwaite, 1994) ile karalardan su ortamına geçişte pestisitler ve herbisitler gibi toksik bileşiklerin taşınmasında rol oynayarak fitoplankton, perifiton ve makrofitlerin bolluğunu dolaylı olarak etkileyebilir (Kronvang ve ark., 2003).

Birkett ve ark. (2007), yapay bir kanalda su akışının ve AKM miktarının (0, 100, 200 mg/L) perfiton üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. 200 mg/L AKM'nin, biyokütle ve filament gelişimini önemli ölçüde azalttığını, 100 mg/L AKM'nin ise büyüme uyarımında belirgin bir telafi edici etkinin oluşturduğunu bulmuşlardır. Bu telafi edici etki en çok düşük akış hızlarında belirgin olmuştur.

2.2.Sucul omurgasızlar

Omurgasızlar, su sütununda asılı olanlar (örn. zooplankton) ve dip bölgede (örn. bentik omurgasızlar) varlığını sürdürenler olarak ikiye ayrılabilir. Bentik omurgasızlar arasında çok sayıda böcek, yumuşakça ve kabuklu türü bulunmaktadır. AKM, bentik omurgasızları aşınmaya maruz bırakarak etkileyebilmektedir. Bu durum, canlının maruz kaldığı solunum organlarına zarar verebilmekte veya omurgasızları yerinden çıkartarak avcılarına karşı daha savunmasız bir hale getirebilmekte ve canlının sürüklenmesini doğrudan etkileyebilmektedir. (Langer, 1980). Çizelge 2'de AKM'nin farklı seviyelerinin bazı olumsuz etkileri verilmiştir.

Çizelge 2. AKM'nin çeşitli konsantrasyonları ve bunlara maruz kalma sürelerinin omurgasız canlılar üzerine etkilerine ilişkin verilerin özeti

Organizma	Konsantrasyon (mg/L)	Maruz kalma süresi	Gözlenen Etki	Kaynak*	
Yumuşakçalar (Mollusca)	<i>Mytilus californianus</i>	80000	11 gün	%50 ölüm oranı	Peddicord (1980)
	<i>Mytilus edulis</i>	60000	10 gün	%10 ölüm oranı	Wakeman ve ark. (1975)
	<i>Spisula solidissima</i>	500	21 gün	Büyümede düşüş	Robinson ve ark. (1984)
	<i>Argopecten irradians</i>	1000	7 gün	Solunumda artış	Morre (1978)
Kabuklular (Crustacea)	<i>Crangon nirgomaculata</i>	50000	8 gün	%50 ölüm oranı	McFarland ve Peddicord (1980)
	<i>Penaeus japonicus</i>	180 (ds)	21 gün	%10 ölüm oranı	Lin ve ark. (1992)
	<i>Crangon nigricauda</i>	11900 (ds)	5 gün	%10 ölüm oranı	Peddicord (1990)
	<i>Mysidopsis bahia</i>	1020 (ds)	28 gün	% 60-80 ölüm oranı	Nimmo ve ark. (1982)
	<i>Eurytmora affinis</i>	>350 (ds)	Arazi çalışmaları	Populasyon büyümesinde azalma	Sellner ve Bundy (1986)
	<i>Acartia tonsa</i>	>95 (ds)	Arazi çalışmaları	Beslenmede azalma	Tester ve Turner (1988)
	Daphnids	50-100 (ds)	<18 g	Beslenmede azalma	Arruda ve ark., 1983.

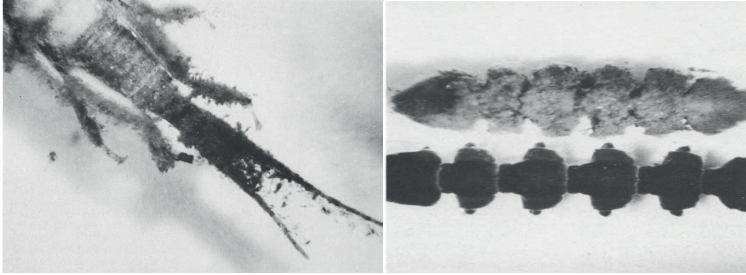
*: Berry ve ark. (2003)'dan alınmıştır.

Artan AKM miktarının bentik omurgasızlar üzerindeki doğrudan etkileri canlının gömülmesiyle sonuçlanan partikül madde birikmesi (yani fiziksel boğulma) ile çakıl ve iri taş parçaları arasındaki boşlukların tıkanması nedeniyle çöktelerin geçirgenliğinin azalması şeklinde sıralanabilir (CCME, 1999). Bununla birlikte, CCME (1999) tarafından tanımlanan çakıl ve iri taş parçaları yerine, esas olarak silt ve kilden oluşan bentik habitatta nispeten ince benzer bir malzeme tabakasının birikmesinin olumsuz bir etki oluşturmayacağı bildirilmiştir. Weber (1986), Alaska'da bir nehrinde ortalama 224 mg/L AKM'de bentik topluluklar üzerinde siltasyonun ciddi etkiler yarattığını bulmuştur.

Bentik habitat üzerinde artan AKM birikiminin olası bir dolaylı etkisi, çözülmüş oksijen konsantrasyonlarının azalmasıdır. Yumuşak tabanlı göl diplerindeki baskın organizmalardan ikisi olan chironomidler ve oligoketler, fakültatif anaeroblardır ve dolayısıyla düşük çözülmüş oksijen koşullarına adapte olmuşlardır (Beck, 1977; Chapman, 2001). Oligoketler ve chironomidler diğer omurgalı canlıların aksine bu özelliğinden dolayı ince çöktelerin birikmesinden olumsuz etkilenmemektedir (Gray ve Ward, 1982; Shaw ve Richardson, 2001).

En hassas bentik omurgasızlar muhtemelen çökelti üzerinde veya üstünde yaşayan epibentoslardır. Özellikle de solungaçları çökelti parçacıkları tarafından tıkanabilen organizmalardır. AKM'nin epibentos üzerindeki etkilerine ilişkin çok fazla literatür bildirişi olmamasına rağmen, Alabaster ve Lloyd (1982), 60 mg/L'ye kadar olan AKM konsantrasyonlarının bentik ve epibentik omurgasızlar üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Lemly (1982), yaptığı çalışmalarda Trichoptera, Diptera, Plecoptera ve Ephemeroptera canlılarının aşırı sediment birikimi sonucu silt ile kaplanarak olumsuz etkilendiğini bildirmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. *Acroneuria arida* (Plecoptera)'da silt birikimi (soldaki) ve *Blepharocera tenuipes* (Diptera)'nin ciddi şekilde silt ile kaplanması (sağdaki) (Lemly, 1982)

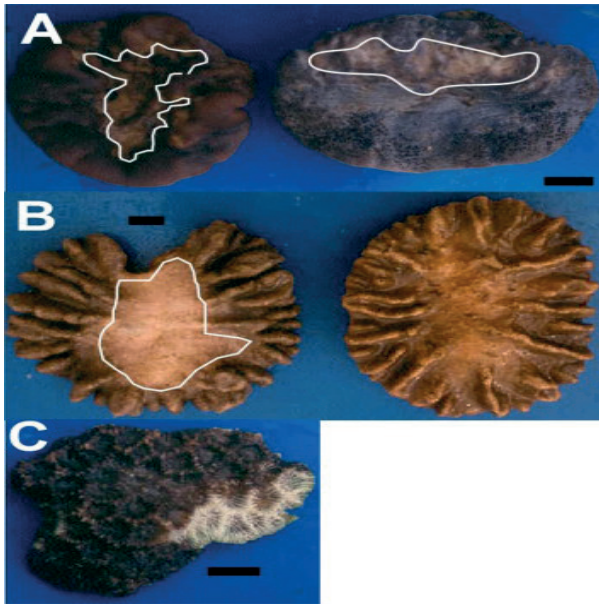
Pisidiidae (tırnaklı istiridyeler) ve diğer istiridyeler/midyeler, solungaçlarını tortu parçacıklarından temizlemek için sahte dışkı üretebilen canlılardır. Asya istiridyelerinin (*Corbicula fluminea*) ve tırnaklı istiridyelerin (*Sphaerium* sp.), 17-20 mg/L AKM'de sahte dışkı üretimi başlattığı rapor edilmiştir (Hornbach ve ark., 1984; Way ve ark., 1998). Zebra midyeleri (*Dreissena pol-*

ymorpha) ise 27 mg/L'de sahte dışkı üretimi gerçekleştirmiştir (Lei ve ark., 1996; Schneider ve ark., 1998). Bu eşik değerler yetişkinlerin olumsuz etkilenmeyeceğini göstermektedir.

Ancak istiridyelerin üremesi sınırlı ölçüde etkilenebilir. Beussink (2007), geçici parazit özellikte olan midye larvalarının (glochidia) laboratuvarda konakçı balıklara bağlanma ve metamorfoz başarısının yalnızca 1250-5000 mg/L konsantrasyonlar arasında azaldığını bulmuştur.

Zeminde artmış olan gömülme durumu sucul böceklerin yoğunluğunda azalmalara sebep olabilmekte ve siltasyondaki (taşınan maddedeki) küçük artışlar pupa dönemindeki su kelebeği gibi canlıların (caddisfly) hayatta kalma durumunu doğrudan etkileyebilmektedir (Berry ve ark., 2003; Hill, 2003).

Kıyı gelişiminden kaynaklı artan sediment birikimi mercan kayalıklarının en önemli bozulma sebeplerindendir (Torres, 2001). Mercan birikimini etkileyen faktörlerden birisi olan artan sediment miktarı mercan yavrularının zemine yerleşmesini ve koloni oluşturmasını engellemektedir (Şekil 5). Aşırı sediment birikimi sadece mercanları öldürmekle kalmamakta aynı zamanda mercan resiflerini konak olarak kullanan ve kendini balık ve midyeye karşı koruyan sünger gibi canlılar ile ilişkili olan besin zincirini de etkileyebilmektedir (Rogers, 1990).



Şekil 5. Sedimentasyonun mercanlar üzerindeki ölümcül etkileri. (A) İki haftalık yoğun çökeltme sonucu oluşan büyük doku nekrozları, *Lobophytum depressum* (solda) ve *Lobophytum patulum* (sağda). (B) Aynı zamanda *Sinularia dura* kolonilerinde kumun üzerlerine geldiği yerler ağarmış (soldaki deney hayvanı, sağdaki kontrol hayvanı) (Erfitemeijer ve ark., 2012)

AKM'nin zooplankton üzerindeki doğrudan olumsuz etkileri, besin değeri olmayan tortu parçacıklarının yutulması olabilmektedir ve bu durum, zooplanktonun aç kalmasına neden olabilir. Dolaylı yoldan gerçekleşebilecek bir diğer olumsuz etki ise besin bulunabilirliğinin azalmasıdır (örneğin, fitoplanktonun olumsuz etkilenmesi). Dolaylı yoldan bir olumlu etki ise, düşük ışık koşullarında balık avına karşı sığınak sağlanmasıdır (Donohue ve Molinos, 2009). Donohue ve Molinos (2009) tarafından belirtildiği gibi, askıda çökeltilerin artan konsantrasyonları duruma göre zooplankton miktarını artırabilir veya azaltabilir.

Avrupa İçsu Balıkçılığı Danışma Komisyonu (EIFAC, 1965), cladoceran cinsi *Daphnia*'nın 1458 mg/L AKM konsantrasyonunda olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Arruda ve ark. (1983), benzer şekilde, rezervuarlarda yaşayan *Daphnia* cinsi üyelerin yüksek AKM konsantrasyonlarına (2451 mg/L) ise nispeten toleranslı olduğunu bulmuşlardır. Ancak aynı araştırmacılar laboratuvarında 50-100 mg/L'lik AKM konsantrasyonlarının, AKM içeriğinin organik madde ile ilişkili olmadığı durumlarda, besleyici olmayan alımlarla sonuçlanabileceğini; eğer organik madde ile ilişkiliyse, besin alımı üzerinde herhangi bir olumsuz etkinin olmayacağını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Kang (2012), ortamda besin bol olduğunda deniz kopepodunun AKM'den daha az etkilendiğini bildirmiştir.

Stephan (1953), kladoseranların ve kopepodların filtre etmeye yarayan beslenme organlarını ve sindirim organlarını tıkayan kritik AKM konsantrasyonlarının, AKM içeriğine bağlı olarak 300 ile 500 mg/L arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Robertson (1957), *Daphnia magna*'nın AKM içeriğine bağlı olarak 98 ile 1458 mg/L arasında değişen AKM konsantrasyonlarından olumsuz etkilendiğini belirlemiştir. Kirk ve Gilbert (1990), dört cladoceran türünün (*Ceriodaphnia dubia*, *Bosmina longirostris*, *Daphnia pulex* ve *Daphnia ambigua*) büyüme oranlarının, kaba ve asılı kil parçacıklarından oluşan 50-100 mg/L AKM'de azaldığını bulmuşlardır.

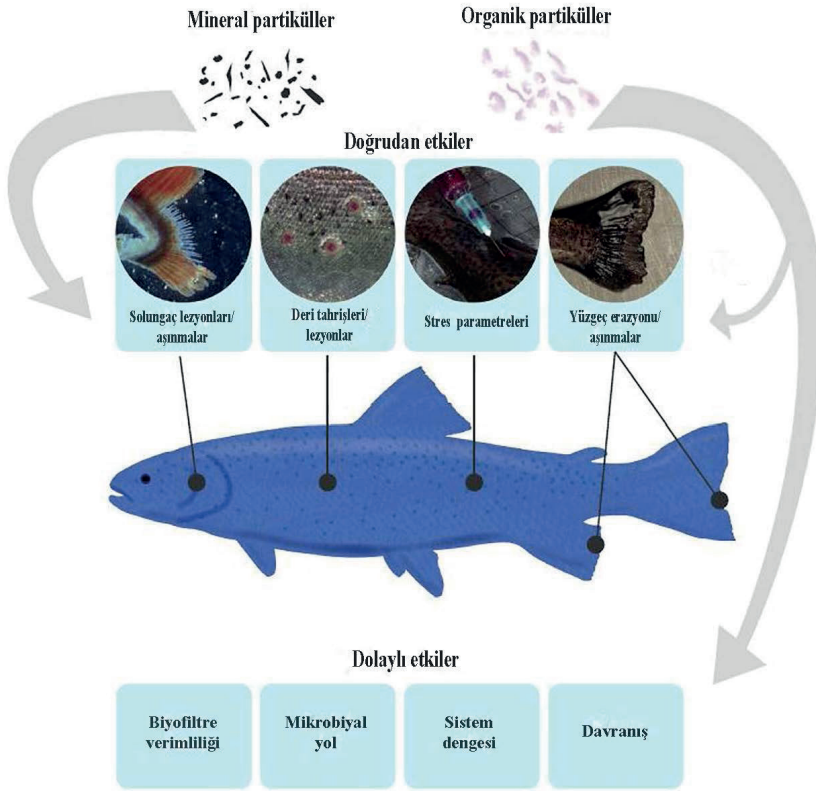
Güney Afrika'daki bulanık bir rezervuardaki uzun süreli çalışmalarda AKM seviyelerindeki değişikliklerin bir sonucu olarak zooplankton çeşitliliğinde ve bolluğunda değişiklikler olduğu rapor edilmiştir (Hart, 1986). Artan AKM konsantrasyonlarının bir sonucu olarak su berraklığının azalması, ortalama yıllık zooplankton biyokütlesinin azalmasına yol açmış ve seçici beslenme yeteneklerine sahip olan türlerin (örneğin, algivor veya bakterivor türleri) oranında belirgin bir azalma olmuştur. Diğer yandan su piresi gibi bulanıklığa daha toleranslı türler beslenmelerini AKM içeriği organik karbon olan besinlerden sağlamanın fizyolojik üstünlüğüne sahip olabilmektedir (Arruda ve ark., 1983; Hart, 1992).

Genel olarak sucul omurgasız canlıların AKM ile olan ilişkisi değer-

lendirildiğinde, Waters (1995), bentik produktiviteye (verimlilik) bağlı olan tatlısu balıkçılığının bentik omurgasız canlı üzerindeki sediment birikimine bağlı olarak etkilenebileceğine dikkat çekmiştir.

2.3. Balıklar

Askıdaki maddelerin yüksek seviyeleri, dokulara ve organlara fiziksel olarak zarar vererek veya sudaki ışık geçirgenliğini ve görsel netliği azaltarak balıkları etkileyebilmekte, bu da davranış değişikliklerinden ölüme kadar çeşitli etkilere neden olabilmektedir (Şekil 6). Etkinin ciddiyeti, askıdaki maddelerin konsantrasyonu, maruz kalma süresi veya sıklığı, parçacık boyutu ve şekli, ilgili kirleticiler, türler ve maruz kalma sırasındaki yaşam evresi dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlı olabilmektedir (Collins ve ark., 2011; Kemp ve ark., 2011).



Şekil 6. AKM'nin farklı kaynaklardan gelen doğrudan ve dolaylı etkilerine genel bir bakış (Schumann ve Brinker, 2020)

Doğrudan etkilerin çoğu, solungaç dokularına zarar veren veya solungaçları tıkayarak solunumu azaltan, enfeksiyona veya hastalığa karşı direncin azalmasına, büyümenin azalmasına yol açan asılı parçacıkların aşındırıcı etkisinden kaynaklanmaktadır (Ryan, 1991; Wood ve Armitage, 1997). Ciddi solungaç hasarı, solungaç kalınlaşması ve tıkanması, nispeten yüksek seviyedeki asılı maddelerde (>500 mg/L) meydana gelme eğilimindedir, ancak bu seviye, türler ve yaşam evreleri arasında farklılık gösterebilir; çok yüksek konsantrasyonlarda bazı türler için çok az veya hiç hasar bildirilmemiştir (McLeay ve ark., 1984).

Zamanla yüksek konsantrasyonlarda AKM'ye maruz kalmanın neden olduğu fizyolojik stres, balıkları enfeksiyona, parazite ve hastalıklara karşı daha duyarlı hale getirebilmektedir (örn. yüzgeç çürümesi; Herbert ve Merckens, 1961). Çalışmalar büyüme oranlarında tutarlı düşüşler olduğunu göstermiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Rapor edilen askıdaki katı madde (AKM) ve bulanıklık (NTU) değerlerinin balıklar üzerindeki doğrudan etkilerinin genel özeti

Balık türleri	Konsantrasyon	Maruz kalma süresi	Ortam	Gözlenen Etki	Kaynak
Solungaç hasarı					
<i>Salmo trutta</i>	810 mg/L	21 gün	Laboratuvar tankı	Solungaç kalınlaşması	Herbert ve Merckens (1961)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	4887 mg/L	64 gün	Laboratuvar tankı	Hafif solungaç kalınlaşması	Goldes ve ark. (1988)
<i>Coptodon rendalli</i>	35 000 mg/L	1-48 hafta	Laboratuvar tankı	Ciddi derecede tıkanmış solungaçlar (Juvenil bireylerde)	Buermann ve ark. (1997)
<i>Oncorhynchus kisutch</i>	40 000 mg/L	4 gün	Laboratuvar tankı	Solungaç filamentlerinde hasar	Lake ve Hinch (1999)
<i>Cyprinella galactura</i>	100-500 mg/L	21 gün	Laboratuvar tankı	Solungaç lamellerinin kalınlaşması	Sutherland ve Meyer (2007)
Çeşitli türler	104 000 mg/L	1 gün	Akarsuda	Solungaç tıkanması	Swinkels ve ark. (2014)
Büyüme					

<i>Thymallus arcticus</i>	25 NTU*	14-21 gün	Laboratuvar kanalı	Azalan büyüme	McLeay ve ark. (1984)
<i>Salvelinus fontinalis</i>	10-40 NTU	12 hafta	Yapay kanal	Büyüme oranında düşüş	Sweka ve Hartman (2001a)
<i>Cyprinella monacha</i>	500 mg/L	21 gün	Laboratuvar tankı	Büyüme oranında düşüş	Sutherland ve Meyer (2007)
<i>Alburnus tarichi</i>	10-600 mg/L	7 gün	Laboratuvar tankı	Büyüme oranında düşüş	Atici ve ark. (2023)
Hastalık					
<i>O. mykiss</i>	2500 mg/L	11 gün	Laboratuvar tankı	Patojenlere karşı artan duyarlılık	Redding ve ark. (1987)
Yaşama Oranı					
<i>C. rendalli</i>	21 000-24 000 mg/L	1-48 hafta	Laboratuvar tankı	LC50 (juvenil bireylerde)	Buermann ve ark. (1997)
<i>O. kisutch</i>	100 mg/L	4 gün	Laboratuvar tankı	Artan ölüm oranı	Lake ve Hinch (1999)
<i>Galaxias fasciatus</i>	43 000 mg/L	24 hafta	Laboratuvar tankı	Yaşama oranı etkilenmedi	Rowe ve ark. (2009)
Çeşitli türler	104 000 mg/L	1 gün	Akarsuda	Yüksek ölüm oranı	Swinkels ve ark. (2014)
<i>A. tarichi</i>	10-600 mg/L	7 gün	Laboratuvar tankı	Yüksek ölüm oranı	Atici ve ark. (2023)

*NTU: Nefelometrik Bulanıklık Birimleri.

Asılı haldeki maddelere maruz kalan iki golyan balığı türünün büyüme oranındaki önemli azalmalar da solunum sisteminin bozulmasıyla ilişkilendirilmiştir (Sutherland ve Meyer, 2007). Çoğu durumda askıda kalan partiküller, yaşama oranlarını azaltarak balıkları doğrudan etkileyebilmekte ve populasyonun azalmasına neden olabilmektedir (Henley ve ark., 2000). 20 ile 207000 mg/L arasındaki konsantrasyonlarda ölüm meydana gelebilmektedir (Newcombe ve MacDonald, 1991). Fry, smolts ve yavru aşamadaki balıklar da dahil olmak üzere genç balıkların yetişkinlere göre daha hassas olduğu belirtilmiştir; bu balıklar için, doğal ortamlarda nadir görülen aşırı yüksek konsantrasyonlara kadar doğrudan öldürücü etkiler ortaya çıkmayabilir (Cavanagh ve ark., 2014).

Dolaylı olarak balıklar, suyun berraklığındaki azalmalar yoluyla askıda kalan maddelerden ve artan bulanıklıktan etkilenebilmektedir. Bu durum da hareket veya göç şekillerini, beslenme başarısını ve habitat miktarını ve

kalitesini değiştirebilir (Atıcı, 2017; Atıcı ve ark., 2018). Bu etkiler, büyüme oranlarının azalmasına ve topluluk yapısı ile populasyon büyüklüklerinde değişikliklere neden olabilir (Kemp ve ark., 2011) (Çizelge 4). Birçok balık, geçici olarak sığınak arayarak veya AKM'den etkilenmeyen akarsu bölgelerine doğru hareket ederek bulanık sulardan kaçınma hareketi göstermektedir (Wood ve Armitage, 1997). Kaçınma tepkileri farklı bulanıklık seviyelerinde kaydedilmiş olup, bu da farklı türlerin azalan su berraklığına karşı hassasiyetini göstermektedir (Çizelge 4).

Yüksek bulanıklık, balığın avı tespit etmek için kullandığı görsel ipuçlarını bozmasının yanı sıra hem bentik hem de pelajik beslenen balıklar için besin bulunabilirliğini azaltarak balığın beslenme aktivitesinin, oranlarının ve başarısının azalmasına neden olmaktadır (Newcombe ve MacDonald, 1991; Harvey ve White, 2007). Beslenme oranları, farklı türler için geniş bir bulanıklık aralığına göre değişiklik gösterir (Çizelge 4), balığın ava tepki verme ve avı yakalama mesafesindeki düşüşler 5-10 NTU kadar düşük bir değerde meydana gelir. Ayrıca, özellikle hassas veya sürüklenen taksonlar (örneğin mayıs sinekleri) olmak üzere makroomurgasızların bolluğundaki azalmalar, tercih edilen av öğelerini ve balıklar için besin isteğini azaltır (Bilotta ve Brazier, 2008).

Bulanık sularda av bol olduğunda bile, görsel olarak beslenen balıkların beslenme verimliliğinin azalması ve daha yüksek enerji maliyetleri, daha düşük büyüme oranlarıyla ilişkilendirilmiştir (Sweka ve Hartman, 2001a; Kemp ve ark., 2011). Sık veya uzun süreli yüksek bulanıklık, balık dağılımında ve komünitesinde değişikliklere neden olabilir. Bu durum, hassas balık türlerinin yerini bulanık koşullara, artan tortuya ve daha zayıf yaşam alanlarına daha toleranslı olan balık türlerinin alması ile ortaya çıkmaktadır (Henley ve ark., 2000; Richardson ve Jowett, 2002).

Nehir içi çalışmalar, balıklarda topluluk yapısının değiştiğini ve artan sediman yüküyle birlikte yerli balık çeşitliliğinin ve bolluğunun azaldığını göstermiştir. Örneğin Rowe ve ark. (2000), bulanık nehirlerde (askıdaki katı madde miktarının yıl boyunca %20'sinden fazlasında seviyenin 120 mg/L'yi aştığı yerlerde) şeritli kokopu balığının (*Galaxias fasciatus*) ortalama miktarının %89.5 oranında azaldığını ve diğer diadrom balık türlerinin de yayılımının etkilendiğini bulmuşlardır.

Benzer şekilde, Richardson ve Jowett (2002) akarsular arasındaki sediman yükü arttıkça balık bolluğu ve çeşitliliğinin azaldığını, düşük sediman yüküne (830 mg/L kadar) sahip akarsularda dokuz kadar balık türünün ve yüksek sediman yüküne sahip akarsularda yalnızca iki balık türünün bulunduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Yeni Zelanda akarsularındaki yüksek çökeltilere karşı balıkların türe özgü tepkilerini yönlendiren mekanizmaların daha iyi anlaşılması gerektiği ileri sürülmüştür (Rowe ve ark. 2009).

Farklı yazarlar, salmonid yetiştiriciliğinde askıda katı maddelerin kritik yükleri olarak kabul edilen seviyeler için 15 ile 40 mg/L arasında değişen çeşitli eşik değerleri önermişlerdir (Coche, 1980; Muir ve Roberts, 1982). Ancak bu önerileri destekleyecek neredeyse hiçbir deneysel veri bulunmamaktadır (Schumann ve Brinker, 2020).

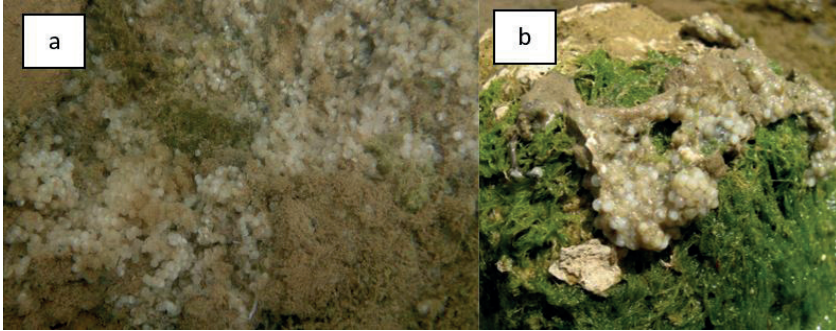
Çizelge 4. Rapor edilen askıdaki katı madde (AKM) ve bulanıklık (NTU) değerlerinin balıklar üzerindeki dolaylı etkilerinin genel özeti

Balık türleri	Konsantrasyon	Maruz kalma süresi	Ortam	Gözlenen Etki	Kaynak
Besleme ve yiyecek arama başarısı					
<i>O. mykiss</i>	2000-3000 mg/L	7 gün	Laboratuvar tankı	Azalan beslenme aktivitesi	Redding ve ark. (1987)
<i>O. mykiss</i>	15-30 NTU	1 hafta	Yapay kanal	%20-50 oranında azalan reaktif mesafe	Barrett ve ark. (1992)
<i>G. fasciatus</i>	20 NTU	2 hafta	Laboratuvar tankı	Azalan beslenme oranı	Rowe ve Dean (1998)
<i>S. fontinalis</i>	10-40 NTU	12 hafta	Yapay kanal	Azalan reaktif mesafe	Sweka ve Hartman (2001b)
<i>Anoplopoma fimbria</i>	5-10 NTU	70 dk	Laboratuvar tankı	Azalan av tüketimi	De Robertis ve ark. (2003)
<i>O. kisutch</i>	100 NTU	18-24 hafta	Laboratuvar tankı	Sürüklenerek besleme başarısında %70 azalma	Harvey ve White (2007)
<i>O. kisutch</i>	200 NTU	18-24 hafta	Laboratuvar tankı	Bentik beslemede neredeyse %0 başarı	Harvey ve White (2007)
<i>Clinostomus funduloides</i>	10-30 NTU	40 dk	Laboratuvar tankı	Azalan reaktif mesafe	Hazelton ve Grossman (2009)
<i>A. tarichi</i>	10-600 mg/L	7 gün	Laboratuvar tankı	Azalan beslenme oranı	Atici ve ark. (2023)
Davranış durumu					
<i>O. mykiss</i> - <i>O. kisutch</i>	11-51 NTU	14-21 gün	Laboratuvar tankı	Kaçınma	Sigler ve ark. (1984)
<i>O. kisutch</i>	370 NTU	-	Laboratuvar tankı	Bozulmuş avcı-av etkileşimleri	Gregory ve Northcote (1993)

<i>Galaxias brevipinnis</i>	70 NTU	20 dk	Laboratuvar tankı	Kaçınma tepkisi (%50)	Boubée ve ark. (1997)
<i>G. fasciatus</i>	120 mg/L	5 ay	Nehir içi	Göç süresince daha az görünme	Rowe ve ark. (2000)
<i>G. fasciatus</i>	>25 NTU	100 saniye	Nehir içi	Yukarı yöndeki göçün azalması	Richardson ve ark. (2001)
<i>S. fontinalis</i>	5-10 NTU	70 dk	Laboratuvar tankı	Bozulmuş avcı-av etkileşimleri	De Robertis ve ark. (2003)

NTU: Nefelometrik Bulanıklık Birimleri

Elp ve ark. (2006) Van Gölü Havzası içerisinde yer alan akarsularda kaçak kum ocakları ve kum alım faaliyetlerinin inci kefalleri için olumsuz bir etki oluşturduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde Atıcı (2017) ve Atıcı ve ark. (2018, 2023) da kum ocaklarının ve kaçak kum çıkarma faaliyetlerinin sucül ekosistem için oldukça zararlı olduğunu belirtmiştir (Şekil 7). Araştırmacıların Van Gölü Havzası içerisinde yer alan Karasu Çayı'nda yaptıkları çalışma ile akarsudaki kum ocaklarının ve kaçak kum çıkarma faaliyetlerinin AKM miktarını ve bulanıklık seviyesini arttırarak üreme göçü yapan endemik inci kefalinin (*Alburnus tarichi*) üreme alanlarını tahribata uğrattığını, yumurta ve larvalar üzerinde sediment biriktiğini, anaç bireylerin de solungaçlarının tıkanıldığını ve bu durumun da ekonomik değere sahip inci kefalisi avcılığını tehdit ettiğini ortaya koymuşlardır.



Şekil 7. İnci kefalisi yumurtaları üzerinde sediment birikimi, a. taş üzerinde, b. sucül bitkiler üzerinde (Atıcı, 2017)

3.Sonuç

Su kaynaklarındaki yüksek seviyedeki AKM ve bulanıklık miktarı su kütlesinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde önemli zararlı etkilere neden olabilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, plankton, perifiton, makrofitler ve sucül omurgasızların da, balıklar kadar AKM ve

bulanıklığa hassas oldukları görülmektedir. Bu nedenle, sucul kaynaklarda balıkları koruyucu AKM limitleri belirlenirken, aynı suda yaşayan diğer canlılar da ele alınmalı ve böylelikle besin ağı korunmalıdır. AKM'nin birçok su ortamlarındaki balıklar ve diğer biyota üzerindeki etkilerini karşılaştıran gelecekteki izleme çalışmaları sucul hayatın korunması ve devamlılığı açısından son derece yararlı olacaktır.

Bu izlemenin, ekolojik izlemeyle eş zamanlı olarak çeşitli sucul ortamlarda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu veriler bir araya getirildiğinde çevreye duyarlı, kanıta dayalı su kalitesi kuralları ve AKM'nin sucul ekosistemlerdeki etkilerine ilişkin daha bütünsel bir anlayış üretmek için bilgi sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

- Alabaster, J.S., & Lloyd, D.S. (1982). Finely divided solids. In: Alabaster, J.S., & Lloyd, D.S. (Eds.), *Water Quality Criteria for Freshwater Fish*. Butterworth, London, pp. 1-20.
- Anonim. (2023). <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/#Turbid1> Erişim tarihi, 22.10.2023.
- Arruda, J.A., Marzolf, G.R., & Faulk, R.T. (1983). The role of suspended sediments in the nutrition of zooplankton in turbid reservoirs. *Ecology*, 64(5), 1225-1235. <https://doi.org/10.2307/1937831>
- Atıcı, A.A. (2017). *Karasu Çayı (Van) Kum Alım Faaliyetlerinin Su Kalitesi ve İnci Kefali (Alburnus tarichi, Guldenstaedt 1814) Populasyonu Üzerine Etkileri* (Doktora Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van. 244 s.
- Atıcı, A.A., Elp, M. & Sen, F. (2018). The effects of sand pits and sand extractions region on Karasu Stream (Van) to water quality criteria. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(10), 6583-6590.
- Atıcı, A.A., Elp, M., & Sen, F. (2023). Effects of total suspended solids at different levels on the eggs and larvae of endemic fish, tarek (*Alburnus tarichi* Guldenstädt, 1814) in the Karasu River (Van, Turkey). *Aquatic Sciences and Engineering*, 38(3), 145-150. DOI: <https://doi.org/10.26650/ASE20231264370>
- Barrett, J.C., Grossman, G.D., & Rosenfeld, J. (1992). Turbidity-induced changes in reactive distance of rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society*, 121(4), 437-443. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1992\)121<0437:TI-CIRD>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1992)121<0437:TI-CIRD>2.3.CO;2)
- Beck, W.M. (1977). Environmental requirements and pollution tolerance of common freshwater Chironomidae. US Environmental Protection Agency, Cincinnati. EPA-600/4-77-024
- Berry, W., Rubinstein, N., Melzian, B., & Hill, B., (2003). The biological effects of suspended and bedded sediment (SABS) in aquatic systems: A review, *United States Environmental Protection Agency Office of Research and Development National Health and Environmental Effects Laboratory Atlantic Ecology Division*, 27 Tarzwell Drive Narragansett, RI 02882.
- Beussink, Z.S. (2007). The effect of suspended sediments on the attachment and metamorphosis success of freshwater mussel parasitic life stage. MS Thesis, Missouri State University, Springfield, MO, USA
- Bilotta, G.S., & Brazier, R.E. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water research*, 42(12), 2849-2861. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
- Birkett, C., Tollner, E.W., & Gattie, D.K. (2007). Total suspended solids and flow regi-

- me effects on periphyton development in a laboratory channel. *Transactions of the ASABE*, 50(3), 1095-1104. <https://doi.org/10.13031/2013.23118>
- Boubée, J.A., Dean, T.L., West, D.W., & Barrier, R.F. (1997). Avoidance of suspended sediment by the juvenile migratory stage of six New Zealand native fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 31(1), 61-69. <https://doi.org/10.1080/00288330.1997.9516745>
- Bronmark, A.L. (2005). *The Biology of Lakes and Ponds*. Oxford University Press, Oxford.
- Brown, A.L. (1987). *Freshwater Ecology*. Heinmann Educational Books, London.
- Buermann, Y., Du Preez, H.H., Steyn, G.J., & Smit, L. (1997). Tolerance levels of redbreast tilapia, *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896) to natural suspended silt. *Hydrobiologia*, 344, 11-18. <https://doi.org/10.1023/A:1002985707694>
- Butcher, D.P., Labadz, J.C., Potter, A.W.R., & White, P. (1992). Reservoir sedimentation rates in the southern Pennine region, UK. In: McManus, J., & Duck, R.W. (Eds.), *Geomorphology and Sedimentology of Lakes and Reservoirs*. Wiley, Chichester, pp. 73-93.
- Cavanagh, J.E., Hogsden, K.L., & Harding, J.S. (2014). Effects of suspended sediment on freshwater fish. Greymouth 7805.
- CCME. (1999). Total particulate matter. Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life, Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/download/en/217>
- Chapman, P.M. (2001). Utility and relevance of aquatic oligochaetes in ecological risk assessment. *Hydrobiologia*, 463, 149-169. <https://doi.org/10.1023/A:1013103708250>
- Coche, A.G. (1980). Report of the Symposium on New Developments in the Utilization of Heated Effluents and of Recirculation Systems for Intensive Aquaculture. FAO/EIFAC, Stavanger, Norway.
- Collins, A.L., Naden, P.S., Sear, D.A., Jones, J.I., Foster, I.D., & Morrow, K.J.H.P. (2011). Sediment targets for informing river catchment management: international experience and prospects. *Hydrological Processes*, 25(13), 2112-2129. <https://doi.org/10.1002/hyp.7965>
- Dawson, E.J., & Macklin, M.G. (1998). Speciation of heavy metals on suspended sediment under high flow conditions in the River Aire, West Yorkshire, UK. *Hydrological Processes*, 12(9), 1483-1494. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199807\)12:9<1483::AID-HYP651>3.0.CO;2-W](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199807)12:9<1483::AID-HYP651>3.0.CO;2-W)
- De Robertis, A., Ryer, C.H., Veloza, A., & Brodeur, R.D. (2003). Differential effects of turbidity on prey consumption of piscivorous and planktivorous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60(12), 1517-1526. <https://doi.org/10.1139/f03-123>
- Dokulil, M.T. (1994) Environmental control of phytoplankton productivity in turbid systems. *Hydrobiologia*, 289, 65-72. <https://doi.org/10.1007/>

BF00007409

- Donohue, I., & Garcia Molinos, J. (2009). Impacts of increased sediment loads on the ecology of lakes. *Biological reviews*, 84(4), 517-531.
- Droppo, I.G. (2001). Rethinking what constitutes suspended sediment. *Hydrological processes*, 15(9), 1551-1564. <https://doi.org/10.1002/hyp.228>
- EIFAC. (1965). Water quality criteria for European freshwater fish. European Inland Fisheries Advisory Commission. Report on finely divided solids and inland fisheries.
- Elp, M., Sen, F., & Cetinkaya, O. (2006). The problems encountered by fish populations living in Lake Van Basin and their possible solutions. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23, 407-412.
- Erfemeijer, P.L., Riegl, B., Hoeksema, B.W., & Todd, P.A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 64(9), 1737-1765. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008>
- Francoeur, S.N., & Biggs, B.J. (2006). Short-term effects of elevated velocity and sediment abrasion on benthic algal communities. *Hydrobiologia*, 561, 59-69. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1604-4>
- Goldes, S.A., Ferguson, H.W., Moccia, R.D., & Daoust, P.Y. (1988). Histological effects of the inert suspended clay kaolin on the gills of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases*, 11(1), 23-33. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1988.tb00520.x>
- Gray, L.J., & Ward, J.V. (1982). Effects of sediment releases from a reservoir on stream macroinvertebrates. *Hydrobiologia*, 96, 177-184. <https://doi.org/10.1007/BF02185433>
- Gregory, R.S., & Northcote, T.G. (1993). Surface, planktonic, and benthic foraging by juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in turbid laboratory conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(2), 233-240. <https://doi.org/10.1139/f93-026>
- Harrod, T.R., & Theurer, F.D. (2002). Sediment. In: Haygarth, P.M., & Jarvis, S.C. (Eds.), *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. CABI, Wallingford, p. 502.
- Hart, R.C. (1986). Zooplankton abundance, community structure and dynamics in relation to inorganic turbidity, and their implications for a potential fishery in subtropical Lake le Roux, South Africa. *Freshwater Biology*, 16(3), 351-371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1986.tb00976.x>
- Hart, R.C. (1992). Experimental studies of food and suspended sediment effects on growth and reproduction of six planktonic cladocerans. *Journal of Plankton Research*, 14(10), 1425-1448. <https://doi.org/10.1093/plankt/14.10.1425>
- Harvey, B.C., & White, J.L. (2008). Use of benthic prey by salmonids under turbid conditions in a laboratory stream. *Transactions of the American Fisheries Society*, 137(6), 1756-1763. <https://doi.org/10.1577/T08-039.1>

- Haygarth, P.M., Bilotta, G.S., Bol, R., Brazier, R.E., Butler, P.J., Freer, J., Gimbert, L.J., Granger, S.J., Krueger, T., Naden, P., Old, G., Quinton, J.N., Smith, B., & Worfold, P. (2006). Processes affecting transfer of sediment and colloids, with associated phosphorus, from intensively farmed grasslands: an overview of key issues. *Hydrological Processes*, 20(20), 4407-4413. <https://doi.org/10.1002/hyp.6598>
- Hazelton, P.D., & Grossman, G.D. (2009). The effects of turbidity and an invasive species on foraging success of rosyside dace (*Clinostomus funduloides*). *Freshwater Biology*, 54(9), 1977-1989. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02248.x>
- Heathwaite, L. (1994). Eutrophication. *Geography Review*, 7(4), 31-37.
- Henley, W.F., Patterson, M.A., Neves, R.J., & Lemly, A.D. (2000). Effects of sedimentation and turbidity on lotic food webs: a concise review for natural resource managers. *Reviews in Fisheries Science*, 8(2), 125-139.
- Herbert, D.W.M., Alabaster, J.S., Dart, M.C., & Lloyd, R. (1961). The effect of china-clay wastes on trout streams. *International Journal of Air and Water Pollution*, 5(1), 56-74.
- Hill, B. (2003). The Biological Effects of Suspended and Bedded Sediment (SABS) in Aquatic Systems: A Review, United States Environmental Protection Agency Office of Research and Development National Health and Environmental Effects Laboratory Midcontinent Ecology Division, 6201 Congdon Boulevard Duluth, MN 55804.
- Hornbach, D.J., Way, C.M., Wissing, T.E., & Burky, A.J. (1984). Effects of particle concentration and season on the filtration rates of the freshwater clam, *Sphaerium striatinum* Lamarck (Bivalvia: Pisidiidae). *Hydrobiologia*, 108, 83-96. <https://doi.org/10.1007/BF02391636>
- Kang, H.K. (2012). Effects of suspended sediments on reproductive responses of *Paracalanus* sp.(Copepoda: Calanoida) in the laboratory. *Journal of Plankton Research*, 34(7), 626-635. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbs033>
- Kemp, P., Sear, D., Collins, A., Naden, P., & Jones, I. (2011). The impacts of fine sediment on riverine fish. *Hydrological Processes*, 25(11), 1800-1821. <https://doi.org/10.1002/hyp.7940>
- Kirk, K.L., & Gilbert, J.J. (1990). Suspended clay and the population dynamics of planktonic rotifers and cladocerans. *Ecology*, 71(5), 1741-1755. <https://doi.org/10.2307/1937582>
- Kronvang, B., Laubel, A., Larsen, S.E., & Friberg, N. (2003). Pesticides and heavy metals in Danish streambed sediment. *Hydrobiologia*, 494, 93-101. <https://doi.org/10.1023/A:1025441610434>
- Lake, R.G., & Hinch, S.G. (1999). Acute effects of suspended sediment angularity on juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(5), 862-867. <https://doi.org/10.1139/f99-024>
- Langer, O.E. (1980). Effects of sedimentation on salmonid stream life. In: Weagle, K.

- (Ed.), Report on the Technical Workshop on Suspended Solids and the Aquatic Environment. Whitehorse.
- Lei, J., Payne, B.S., & Wang, S.Y. (1996). Filtration dynamics of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. *Canadian Journal of Fisheries And Aquatic Sciences*, 53(1), 29-37. <https://doi.org/10.1139/f95-164>
- Lemly, A.D. (1982). Modification of benthic insect communities in polluted streams: combined effects of sedimentation and nutrient enrichment. *Hydrobiologia*, 87(3), 229-245.
- Lewis, K. (1973). The effect of suspended coal particles on the life forms of the aquatic moss *Eurhynchium riparioides* (Hedw.) II. The effect on spore germination and regeneration of apical tips. *Freshwater Biology*, 3(4), 391-395. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.1973.tb00930.x>
- Lloyd, D.S., Koenings, J.P., & Laperriere, J.D. (1987). Effects of turbidity in fresh waters of Alaska. *North American Journal of Fisheries Management*, 7(1), 18-33. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1987\)7<18:EOTIFW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1987)7<18:EOTIFW>2.0.CO;2)
- McLeay, D.J., Birtwell, I.K., Hartman, G.F., Ennis, G.L., & Hartman, G.F. (1984). Effects on arctic grayling (*Thymallus arcticus*) of prolonged exposure to Yukon placer mining sediment: a laboratory study. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1241, 30-34.
- Miller, J.R. (1997). The role of fluvial geomorphic processes in the dispersal of heavy metals from mine sites. *Journal of geochemical exploration*, 58(2-3), 101-118. [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(96\)00073-8](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(96)00073-8)
- Muir, J.F., & Roberts, R.J. (1982). Recirculated water systems in aquaculture. In: Muir, J.F., & Roberts, R.J. (Eds.). *Recent Advances in Aquaculture*. Croom Helm, London & Canberra and Westview Press (Bolder, CO). pp. 357-446.
- Newcombe, C.P., & MacDonald, D.D. (1991). Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(1), 72-82. [https://doi.org/10.1577/1548-8675\(1991\)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8675(1991)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2)
- Parkhill, K.L., & Gulliver, J.S. (2002). Effect of inorganic sediment on whole-stream productivity. *Hydrobiologia*, 472, 5-17. <https://doi.org/10.1023/A:1016363228389>
- Phillips, J.M., & Walling, D.E. (1995). An assessment of the effects of sample collection, storage and resuspension on the representativeness of measurements of the effective particle size distribution of fluvial suspended sediment. *Water Research*, 29(11), 2498-2508. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(95\)00087-2](https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00087-2)
- Quinn, J.M., Davies-Colley, R.J., Hickey, C.W., Vickers, M.L., & Ryan, P.A. (1992). Effects of clay discharges on streams: 2. Benthic invertebrates. *Hydrobiologia*, 248, 235-247. <https://doi.org/10.1007/BF00006150>
- Redding, J.M., Schreck, C.B., & Everest, F.H. (1987). Physiological effects on coho salmon and steelhead of exposure to suspended solids. *Transactions of the American Fisheries Society*, 116(5), 737-744. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1987\)116<737:PEOCSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1987)116<737:PEOCSA>2.0.CO;2)

- Richardson, J., & Jowett, I.G. (2002). Effects of sediment on fish communities in East Cape streams, North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 36(2), 431-442. <https://doi.org/10.1080/00288330.2002.9517098>
- Richardson, J., Rowe, D.K., & Smith, J.P. (2001). Effects of turbidity on the migration of juvenile banded kokopu (*Galaxias fasciatus*) in a natural stream. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 35(1), 191-196. <https://doi.org/10.1080/00288330.2001.9516989>
- Robertson, M. (1957). The effects of suspended materials on the reproductive rate of *Daphnia magna*. *Publications of the Institute of Marine Science*, 4, 265-277
- Rogers, C. (1990). Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62(2), 185-202.
- Rowe, D., Hicks, M., & Richardson, J. (2000). Reduced abundance of banded kokopu (*Galaxias fasciatus*) and other native fish in turbid rivers of the North Island of New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 34(3), 547-558. <https://doi.org/10.1080/00288330.2000.9516956>
- Rowe, D.K., & Dean, T.L. (1998). Effects of turbidity on the feeding ability of the juvenile migrant stage of six New Zealand freshwater fish species. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 32(1), 21-29. <https://doi.org/10.1080/00288330.1998.9516803>
- Russell, M.A., Walling, D.E., Webb, B.W., & Bearne, R. (1998). The composition of nutrient fluxes from contrasting UK river basins. *Hydrological processes*, 12(9), 1461-1482. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1085\(199807\)12:9<1461::AID-HYP650>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1085(199807)12:9<1461::AID-HYP650>3.0.CO;2-6)
- Ryan, P.A. (1991). Environmental effects of sediment on New Zealand streams: A review. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 25(2), 207-221. <https://doi.org/10.1080/00288330.1991.9516472>
- Schneider, D.W., Madon, S.P., Stoeckel, J.A., & Sparks, R.E. (1998). Seston quality controls zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) energetics in turbid rivers. *Oecologia*, 117, 331-341. <https://doi.org/10.1007/s004420050666>
- Schumann, M., & Brinker, A. (2020). Understanding and managing suspended solids in intensive salmonid aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2109-2139. <https://doi.org/10.1111/raq.12425>
- Shaw, E.A., & Richardson, J.S. (2001). Direct and indirect effects of sediment pulse duration on stream invertebrate assemblages and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth and survival. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(11), 2213-2221. <https://doi.org/10.1139/f01-160>
- Sigler, J.W., Bjornn, T.C., & Everest, F.H. (1984). Effects of chronic turbidity on density and growth of steelheads and coho salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 113(2), 142-150. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1984\)113<142:E-OCTOD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1984)113<142:E-OCTOD>2.0.CO;2)

- Steinman, A.D., & McIntire, C.D. (1990). Recovery of lotic periphyton communities after disturbance. *Environmental Management*, 14, 589-604. <https://doi.org/10.1007/BF02394711>
- Stephan, H. (1953) Seefischerei und Hochwasser (Der Einfluss von anorganischen Schwebestoffen auf Cladoceren und Copepoder). PhD Dissertation, Munich University, Munich.
- Sutherland, A.B., & Meyer, J.L. (2007). Effects of increased suspended sediment on growth rate and gill condition of two southern *Appalachian minnows*. *Environmental Biology of Fishes*, 80, 389-403. <https://doi.org/10.1007/s10641-006-9139-8>
- Sweka, J.A., & Hartman, K.J. (2001a). Effects of turbidity on prey consumption and growth in brook trout and implications for bioenergetics modeling. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(2), 386-393. <https://doi.org/10.1139/f00-260>
- Sweka, J.A., & Hartman, K.J. (2001b). Influence of turbidity on brook trout reactive distance and foraging success. *Transactions of the American Fisheries Society*, 130(1), 138-146. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(2001\)130<0138:IOTO-BT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(2001)130<0138:IOTO-BT>2.0.CO;2)
- Swinkels, L.H., Van de Ven, M.W.P.M., Stassen, M.J.M., Van der Velde, G., Lenders, H.J.R., & Smolders, A.J.P. (2014). Suspended sediment causes annual acute fish mortality in the Pilcomayo River (Bolivia). *Hydrological Processes*, 28(1), 8-15. <https://doi.org/10.1002/hyp.9522>
- Torres, J.L. (2001). Impacts of sedimentation on the growth rates of *Montastraea annularis* in southwest Puerto Rico. *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 631-637.
- Van Nieuwenhuysse, E.E., & LaPerriere, J.D. (1986). Effects of placer gold mining on primary production in subarctic streams of Alaska. *Journal of the American Water Resources Association*, 22(1), 91-99. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1986.tb01864.x>
- Verstraeten, G., & Poesen, J. (2000). Estimating trap efficiency of small reservoirs and ponds: Methods and implications for the assessment of sediment yield. *Progress in Physical Geography*, 24(2), 219-251. <https://doi.org/10.1177/03091333000240020>
- Waters, T.F. (1995). *Sediment in streams- Sources, biological effects and control*. American Fisheries Society Monograph 7. American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Way, C.M., Hornbach, D.J., Miller-Way, C.A., Payne, B.S., & Miller, A.C. (1990). Dynamics of filter feeding in *Corbicula fluminea* (Bivalvia: Corbiculidae). *Canadian Journal of Zoology*, 68(1), 115-120. <https://doi.org/10.1139/z90-016>
- Weber, P.K. (1986). Downstream effects of placer mining in the Birch Creek Basin, Alaska. Technical Report No. 86(7). Alaska Department of Fish and Game, Juneau
- Wilson, K.P., Shannon, J.P., & Blinn, D.W. (1999). Effects of suspended sediment on

biomass and cell morphology of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta) in the Colorado River, Arizona. *Journal of Phycology*, 35(1), 35-41. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3510035.x>

Wood, P.J., & Armitage, P.D. (1997). Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*, 21(2), 203-217. <https://doi.org/10.1007/s002679900019>



Bölüm 3

SU KALİTESİ İZLEMESİNDE BİYOİNDİKATÖR OLARAK KULLANILAN TÜRLER VE MAKROOMURGASIZLAR

Adem Yavuz SÖNMEZ¹

Yiğit TAŞTAN²

¹ Kastamonu Üniversitesi, İnebolu MYO, Deniz Liman İşletme Programı, Kastamonu

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Email: aysonmez@kastamonu.edu.tr

Giriş

Su dünya üzerindeki yaşamın temel kaynağıdır. İnsanlarda dahil olmak üzere tüm canlılar hayatta kalmak için suya bağımlıdır. Fakat dünya üzerindeki bütün sular özellikle son yüzyılda insan kaynaklı çevresel problemler, iklim değişikliği, nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme ile birçok diğer sebepten dolayı miktar ve kalite yönünden olumsuz etkilenmiştir.

Bunlara bağlı olarak 2030 yılında su yüzeyinin neredeyse tamamında ötrofikasyonun artması beklenmektedir (UNESCO, 2015).

Su kirliliği doğa ve insan nüfusu için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Direk ya da dolaylı olarak su canlıları (Zamora, 1998a), insan sağlığı (Alrumman vd., 2016), gıda üretimi (Kirby vd., 2003) ve ekonomik kalkınma (Nizel Halder ve Nazrul Islam, 2015) üzerinde ciddi etkileri vardır. Bu nedenle, su kalitesinin değerlendirilmesi hem korumaya yönelik planlama yapılabilmesi hem de buna ilişkin politika oluşturma açısından kritik öneme sahiptir (Ouyang, 2005).

Su Kalitesinin geleneksel değerlendirmesi fizikokimyasal ve mikrobiyolojik değişkenler kullanılarak yapılmaktadır (Roldán Pérez, 2016). Akarsular ve durgun sularda kaliteyi olumsuz etkileyici unsurlar farklılık gösterebildiği gibi yayılımları ve birikim miktarları da farklılık göstermektedir.

Buradan hareketle bir su kütlesinin durumunu ölçüldüğü an itibari ile gösteren fizikokimyasal parametreler, bir nehrin genel kirlilik düzeyini bütüncül bir şekilde ifade edemez ve zaman zaman kirlenmiş suları yeterli şekilde tanımlamayabilir (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, USEPA, 2005). Su kaynağının kirlilik boyutunun ortaya koyulması adına uzun süreli ve zamana yayılan ölçümler yapmak da beraberinde fazla iş gücü ve maliyet getirmektedir. Bu nedenle bu geleneksel metotlar her geçen gün popüleritesini yitirmeye ve araştırmacıları farklı yönere kanalize olmaya itmiştir.

Bunun yerine biyolojik ölçümler, bir su kütlesinin zaman içindeki sağlığının entegre ve kapsamlı değerlendirilmesine imkan tanımaktadır (Karr, 1999). Biyokriter olarak da adlandırılan bu biyolojik göstergeler, algler veya bentik makroomurgasızlar gibi düşük trofik seviyeli organizmaların yanı sıra balık gibi üst trofik seviyeli türler de dahil olmak üzere biyolojik topluluğun ölçümlerini kullanır (Kenney vd., 2009). Su kalitesi bağlamında son zamanlarda araştırmacılarla en fazla ilgilenilen biyoindikatörlerden birisi de makroomurgasızlardır.

Sulardaki makroomurgasızlar, geniş dağılımları, yüksek bollukları, kısa yaşam döngüleri, kolay numune almaları ve antropojenik baskıya hızlı tepki vermeleri nedeniyle su kalitesi için yararlı biyogöstergelerdir (Ríos Touma vd., 2014; Gamboa vd., 2008; Roldán- Perez, 1999). Bu nedenle, Amerika Bir-

leşik Devletleri ve Avrupa'nın birçok ülkesi, son 20 yılda bu organizmaları lotik ve lentik ekosistemleri izlemek için kullanmış ve iyileşmelerinde faydalı olmuştur (Roldán-Pérez, 2016).

Bu literatür araştırmasında da su kalitesinin değerlendirilmesinde diğer biyoindikatörlerle birlikte ağırlıklı olarak makroomurgasızların rolüne ilişkin bazı değerlendirmelerde bulunulacaktır.

Sucul Biyoindikatörler

Su kalitesini değerlendirmek için biyoindikatör türler ve tatlı su toplulukları yüz yılı aşkın süredir kullanılmaktadır (Rose vd., 2016). Kirletici maddeleri biriktiren su organizmaları, su konsantrasyonları tespit edilemeyecek kadar düşük olduğunda bile bunları tespit etmemize olanak sağlar. Örneğin, yapılan bir çalışmada planktonda suya göre birkaç kat daha yüksek oranda radyoizotop aktivitesinin belirlendiği bildirilmiştir (Gadzała-Kopciuch vd., 2004). Gelgit olayları arasındaki deniz omurgasızları ağır metal kirliliği de dahil olmak üzere birçok farklı düzeylerdeki kirletici maddelerle ilişkili tepkiler sergileyebilmektedirler.

Bu omurgasız türlerinden kirlenmenin tespit edilmesi çeşitli avantajlar sağlar: Bu türler çevresel koşullara uzun bir süre boyunca tepki verebilirler. Yine kirletici maddelere ekolojik açıdan en uygun maruziyeti alırlar ve çevresel değişikliklere duyarlıdırlar (Cabrini vd., 2016). Su ekosistemlerindeki çevresel koşulların değerlendirilmesinde omurgasızların faydası uzun süredir bilinmektedir ve bu durum, suda yaşayan omurgasızları kullanan çeşitli biyolojik izleme araçlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Bu izleme yöntemleri, farklı omurgasız taksonlarının organik kirliliğe daha az veya daha fazla tolerans gösterdiğini ve bunların farklı tepkilerinin su kalitesini belirtmek için kullanılabileceğini kabul etmiştir (Hodkinson ve Jakson, 2005). Ancak bu teknik, Kuzey Amerika ve Avrupa eko-bölgelerinde yaygın olarak kullanıldığı için nehir sınıflandırmasında daha ucuz ve değerli bir yöntem sağlamaktadır (Ghasemi ve Kamali, 2014).

Biyolojik gösterge, belirli bir ekosistemin çevresel kalitesini izlemek için kullanılan ve etrafındaki çevrenin kalitesi hakkında niceliksel bilgi sağlayan bir organizmadır. Bu nedenle iyi bir biyoindikatör, kirleticinin varlığını ve miktarını gösterecek ve maruz kalmanın yoğunluğu hakkında ek bilgi sağlayacaktır (Longo vd., 2013).

Buradan hareketle biyolojik izlemede birçok su canlısından faydalandığı gibi bunlara ilişkin birçok biyolojik değerlendirme indeksi geliştirilmiştir.

Bakteriler

Su temizliğinin kriterlerinden biri, bağırsak patojen bakterileri ile kirlenmenin derecesini gösteren, koli indeksi olarak adlandırılan fekal kirlilik

indeksidir. Ayrıca akan suyun saflığını değerlendirmek için saprobiyotik indeks adı verilen bir indeks uygulanır. Su kalitesi, belirli bir bölgedeki gösterge organizmaların sayısına ve saprobiyotik indeksin katalog değerine göre belirlenir. Ayrıca analiz edilen numunenin çözeltisinde asılı duran *Vibrio fischeri* bakterisinin doğal ışıltısının ölçülmesinden oluşan Microtox testi olarak da adlandırılır. Toksik kimyasal bileşikler, bakteriyel enzimlerin aktivitesini inhibe ederek lüminesansın yoğunluğunu azaltır. Ölçüm spektrofotometrik yöntemle gerçekleştirilir (Gadzała-Kopciuch vd., 2004).

Benzer durum mantarlarda da geçerlidir. İçme suyundaki mantarlar, suda tat ve koku oluşumunda rol oynar. Mantar lipidi olan ergosterolün, su tüketicisi için mikotoksin üreticisi olarak sudaki mantarların büyümesinden sorumlu olabileceğini belirtir (Asifamabia, 2015).

Paulson vd., (2016), deniz kaplumbağalarında, balıklarda ve diğer yabani hayvanlarda çoklu antibiyotiğe dirençli bakterilerin çevre kirliliğinin biyoindikatörü olarak kullanılmasını önermiştir. Bakterilerin biyoindikatör olarak kullanılmasını destekleyen faktörler, metal konsantrasyonlarına karşı yüksek toleransları ve çeşitli koşullarda hayatta kalmaları olarak izah edilmiştir (Zakaria vd., 2004).

Tüm bu yaklaşımlardan dolayı bakterilerin su kalitesini gösterebilen önemli su canlılarından olduğu tartışmasız bir gerçektir.

Algler

Bentik algler akarsularda tür açısından en zengin organizma gruplarından biridir. Bentik alglerin diğer akarsu organizmalarına göre biyolojik gösterge olarak en önemli avantajları şu şekilde özetlenebilir: Bentik algler sabittir veya sınırlı hareket kabiliyetine sahiptir ve buldukları ortamı yansıtır. Göç veya başka yollarla potansiyel kirlenmeye maruz kalırlar ve bu nedenle ya çevreyi tolere etmek zorundadırlar ya da yok olurlar. Nesil süresi, tek hücreli organizmalar için birkaç günden, daha büyük çok hücreli, filamentli ve kolonyal yumuşak gövdeli algler (siyanobakteriler dahil diatom olmayan tüm algal taksonomik gruplara ait) için birkaç aya kadar değişir ve dolayısıyla kısa ve uzun vadelidir. Bu durum çevresel koşullara göre değişiklik gösterebilir (Stancheva ve Sheath, 2016).

Alglerin çevresel izleme programlarına dahil edilmesinin en ikna edici nedeni hem alg üretiminde hem de taksonomik kompozisyondaki değişikliklerin gıda ağı etkileşimlerini ve ekosistem dinamiklerini büyük ölçüde etkileyebilmesi ve ayrıca alg kullanılarak yapılan biyoizlemenin daha ucuz, daha bilgilendirici ve güvenli olmasıdır (Solanki ve Shukla, 2016).

Algler, evsel/endüstriyel atıklara dayalı su kirliliğindeki artışlar gibi su kimyasındaki değişiklikler nedeniyle çok çeşitli su durumlarında türlerin hem niteliksel hem de niceliksel bileşimine anında tepki verdikleri ve cinsle-

rin bileşimini etkiledikleri için çevre durumunun önemli göstergeleridir. Birçok türde alg, su kalitesinin gerçekten iyi göstergeleridir ve birçok göl, baskın fitoplankton gruplarına göre karakterize edilir.

Yapılan bir çalışmada İngiltere'deki nehirlerdeki kirlilik derecesinin göstergesi olarak beş alg türü seçilmiştir. *Stigeoclonium tenue*, bir nehrin yoğun şekilde kirlenmiş kısmının akış aşağı kenarında bulunur; *Nitzschia palea* ve *Gomphonema parvulum* her zaman hafif kirlilik bölgesinde baskın görünürken, *Cocconeis* ve *Chamaesiphon*'un nehrin kirlenmemiş kısımlarında veya yeniden arıtılmış kısımlarında meydana geldiği rapor edilmiştir. *Navicula accomoda*'nın (kanalizasyon) organik kirliliğinin iyi bir göstergesi olduğu vurgulanmaktadır çünkü türler, diğer türlerin bulunamadığı en yoğun kirliliğin bölgelede rahatlıkla bulunmaktadır. Aynı durum, organik olarak oldukça kirlili sularda yaygın olarak bulunan *Gomphonema*'nın türleri ve çeşitleri için de geçerlidir. *Amphora ovalis* ve *Gyrosigma attenuatum* da yüksek organik su içeriğinden etkilenecek diatomlara iyi örnekler olarak tanıtılmaktadır (Şen vd., 2013).

Diatomlar (Bacillariophyceae), son elli yıldır dünya çapındaki nehirlerin ekolojik değerlendirmesi için en değerli gösterge olarak hizmet eden, her yerde bulunan, son derece başarılı ve farklı bir tek hücreli alg grubunu içerir. Diatomlar besin konsantrasyonu, organik kirlilik ve su verimliliğindeki değişikliklere karşı oldukça hassastır (Srivastava vd., 2016). Diatomların biyo-endikasyon rolü deniz ortamlarında çok az araştırıldığından, türlerin ekolojik gösterge değerlerine ilişkin veri seti azdır (Desrosiers vd., 2013).

Algler, bitki besinlerini, ağır metalleri, pestisitleri, organik ve inorganik toksik maddeleri ve radyoaktif maddeleri hücrelerinde/vücutlarında biriktirebilmeleri nedeniyle son zamanlarda atık suyun biyolojik olarak arıtılmasında da önemli organizmalar haline gelmiştir (Şen vd., 2013).

Briyofitler

Algal perifitikler, su kalitesi ve trofik durumunun mükemmel bir biyogöstergesi olarak görev yaparlar (Cordeiro vd., 2016). Perifiton ayrıca yüzey suyu biyoizlemesinde de kullanılır. Bitkileri veya nesnelere kapsayan bentik biyotayı içerir. Çok yüksek sayıda türe sahip olan bu birincil üreticiler, kirlenici maddelere maruz kalmaya karşı yüksek hassasiyet ve kısa vadeli tepkilerle karakterize edilir. Bazı türler çevresel değişikliklere karşı duyarlılıkları ve toleranslarıyla tanınır (Gadzała-Kopciuch vd., 2004).

Ceschin. vd., (2012), su yollarında suda yaşayan briyofitlerin varlığının, su hızının azalmasından olumsuz etkilendiğini, genel olarak orta-büyük granülometri ile karakterize edilen, hızlı akan, berrak, oksijenli (ortalama 9,2 mg/l), soğuk (ortalama 15 C), özellikle amonyak (ortalama 0,10 mg/l) ve fosfatlar (ortalama 0,09 mg/l) gibi düşük miktarda besin içeren bölgeler tercih

edildiğini bildirmişlerdir. Perifitik topluluklar, sudaki biyotanın deneyimlediği şekilde su kalitesinin entegre bir ölçümünü sağlar ve onları biyolojik izleme için ideal organizmalar yapan birçok biyolojik özelliğe sahiptir (Solanki ve Shukla, 2016).

Mikrobiyal ökaryotlar, aşırı çevre koşullarına karşı yüksek toleransları nedeniyle su kalitesinin korunmasında ve iyileştirilmesinde önemli bir işlev üstlenirler ve metazoanlara kıyasla biyotoplarda yaşarlar. Ayrıca, kısa nesil süreleri, çevresel değişikliklere karşı hassasiyetleri nedeniyle su biyotoplarında su kalitesinin yararlı biyoindikatörleri olarak yaygın şekilde kullanılmaktadırlar (Xu vd., 2015).

Damarlı Su Bitkileri

Biyotest için kullanılan çeşitli damarlı bitki türleri arasında en popüler olanı, üreme kolaylığı ve hızlı çoğalma ile karakterize edilen su mercimeğidir (*Lemna minör* ve *L. gibba*). Literatür verilerine göre şu ana kadar test edilen su mercimeği veya alg türlerinin hiçbiri kimyasal maddelere karşı yüksek hassasiyet göstermemişlerdir. Akut toksisite testlerinin ve toksinlerin ve metabolitlerinin biyolojik birikimine ilişkin testlerin büyük çoğunluğunun (yaklaşık %90) bitki materyali yerine hayvan organizmaları kullanılarak yapılmasının nedeni muhtemelen buradan kaynaklanmaktadır. Ayrıca makrofitler (büyük su veya su kenarı bitkileri -yüzen, suya batmış, su yüzüne çıkmış) biyoindikatör olarak kullanılır. Çeşitli organizmalara barınak ve yiyecek sağlarlar ve bunların yokluğu, popülasyonun azaldığını ve su kalitesiyle ilgili sorunları (örneğin, çok yüksek bulanıklık veya tuzluluk, herbisitlerin varlığı) gösterebilir (Gadzała-Kopciuch vd., 2004).

Protozoalar

Serbest yaşayan tek hücreli toplulukların kullanılması, tipik olarak marginal tatlı su bölgelerinde bulunan su habitatlarının mevcut çevresel koşullarının mükemmel bir şekilde karakterize edilmesinde ve izlenmesinde fayda sağlamıştır. Bazıları düşük seviyelerde antropojenik kirletici maddelere karşı duyarlı olabilirler. Ancak bazıları zorlu ve aşırı koşullara tolerans gösterebilir ve hayatta kalabilir, diğerleri de çevredeki değişikliklere hızlı tepki verebilirler. Bu geniş spektrumdan dolayı, bir su sisteminin ekolojik durumunu anlamak için ideal bir biyotik araç olma eğilimindedirler. Örneğin Euplotes, Tachysoma ve Coleps olmak üzere 3 cinsine ait türler ağır metal alımı özelliğine sahip kirlilik indikatörleri oldukları rapor edilmiştir (Radhakrishnan ve Jayaprakas, 2015).

Debastiani vd., (2016), siliatların, etkileri küçük bir zaman ölçeğinde tespit edilmesine olanak tanıyan kısa yaşam döngülerine sahip olmaları nedeniyle, farklı kirlilik derecelerinden etkilenen lotik ortamlarda biyoindikatör olarak önemli araçlar olarak kullanılabilirliği sonucuna varmıştır. Çevresel

değişikliklere doğrudan yanıt vermenin yanı sıra kirletici maddelere karşı yüksek hassasiyete sahip oldukları belirtilmiştir. Yine bir başka çalışmada, mikrozooplanktonun (tintinnid) durgun sularda ve açık denizde klor, nitrat ve fosfat için iyi bir biyoindikatör olarak kullanılabilmesi rapor edilmiştir (Rakshit vd., 2016).

Serbest yaşayan protozoanlar, hemen hemen tüm tatlı su kütlelerinde bulunan, yüksek oranda çoğaldıkları ve aynı zamanda ağır metal alımında da etkili olan, sucül kirleticilerin biyoremediasyonunda araç olarak kullanılabilen etkili biyoindikatörlerdir (Radhakrishnan ve Jayaprakas, 2015).

Parazitler, belirli kirletici maddeleri (örneğin metaller) çevre ortamlarından ve serbest yaşayan konakçılardan çok daha yüksek seviyelerde biriktirebildikleri için çevresel etki çalışmalarında etkili izleme araçları olarak kullanılabilirler.

Balıklar

Balıklar yaygın biyoanaliz canlıları içerisinde olmasına karşın biyoindikatör olarak henüz sınırlı bir tür özelliği göstermektedir. Nitekim yapılan çalışma sayısının artması ile kirliliğin popülasyonlar ve türler üzerine etkilerinin araştırılması gerekmektedir.

Bununla birlikte ksenobiyotiklerle su kirliliği üzerine yapılan bir başka çalışmada bazı balık türleri kullanılmıştır; biyoindikatör olarak ringa balığı (*Clupea harengus*), çaça balığı (*Sprattus sprattus*), morina (*Gadus morrhua*), yassı balık (*Pleuronectes*) ve martı yumurtaları (*Larus canus*, Laridae familyası) kullanılmıştır (Gadzała-Kopciuch vd., 2004).

Buna ek olarak araştırmalar genellikle Salmonidae familyasına ait balıklar üzerinde yoğunlaşmıştır. Özellikle sudaki oksijen içeriği ve bununla bağlantılı kirlilik söz konusu olduğunda dar bir tolerans aralığı ve yüksek hassasiyet ile karakterize edilmeleri bunun ana sebepleri arasındadır.

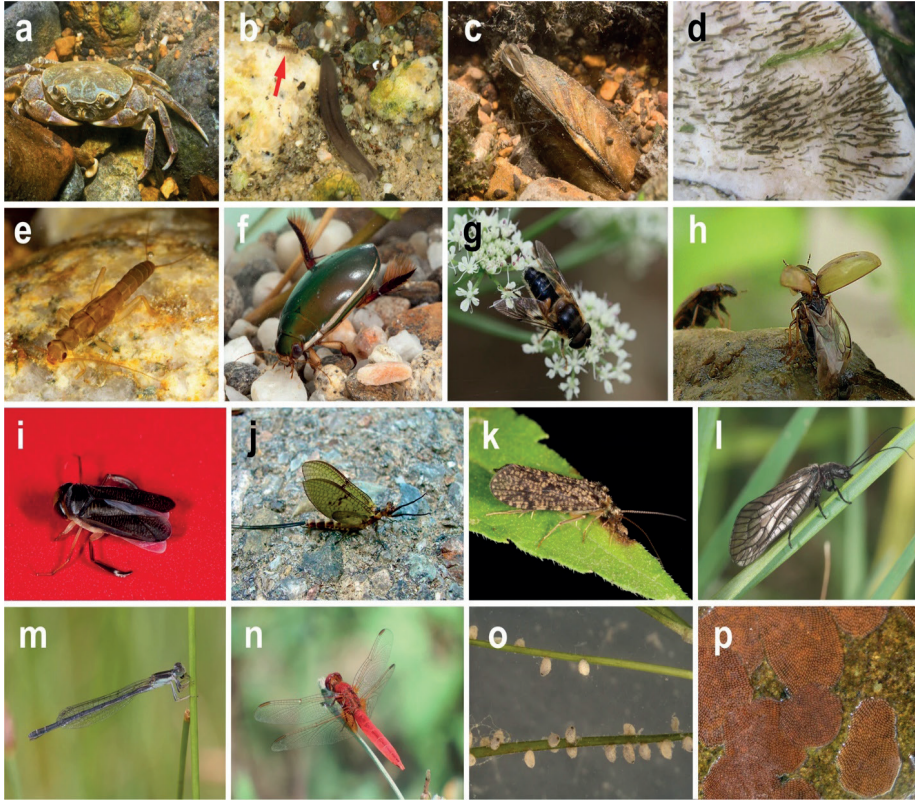
Çok sayıda araştırmacı, balıklarda cinsiyet farklılaşması sırasında organizmaları etkileyen kimyasal bileşiklerin varlığından kaynaklanan sık sık gelişim kusurları olduğunu bildirmektedir. Balıklar sayılarını, biyolojik çeşitliliklerini ve davranışlarını belirlemek nispeten kolay olduğundan değerli biyoindikatörlerdir (Gadzała-Kopciuch vd., 2004). Fakat diğer sucül canlılara nazaran bu yönlü araştırmalara daha az konu olmuşlardır.

Makroomurgasızlar

Makroomurgasız, 500 µm'lik bir ağ veya elek ile yakalanabilen ve omurgasız faunasını temsil eden canlılar için kullanılan bir terimdir. Bu grup, eklem bacaklıları (böcekler, akarlar, kabuklular ve kerevitler), yumuşakçaları (salyangozlar, deniz salyangozları, midye ve istiridyeler), annelidleri (bölünmüş solucanlar), nematodları (yuvarlak kurtlar) ve platyhelminthes'leri (yassı

kurtlar) içerir (Kripa vd., 2013).

Mevcut verilere göre günümüzde tanımlanan 2.153.294 adet canlı türünün 1.480.351'ini makroomurgasızlar teşkil etmektedir (IUCN Red List, 2023). Fakat bu sayıların, bugüne dek tanımlanan türleri kapsadığı ve gerçekte var olan tür sayısının azımsanmış bir tahmini olarak değerlendirildiği unutulmamalıdır. Bununla beraber sucul omurgasızların sayısını hesaplayan bir araştırma bulunmamaktadır. Bunun başlıca nedenlerinden biri dünyada 1.053.578 adet böcek türü olması (IUCN Red List, 2023) ve bu türlerin bazılarının larval dönemlerini suda geçirmesi, dolayısıyla sucul omurgasız olarak kabul edilmeleridir. Ayrıca bu sayıları takip ve tasnif eden Yaşam Kataloğu (Catalogue of Life, <https://www.catalogueoflife.org/>) veya Uluslararası Doğayı Koruma Birliği'nin Kırmızı Listesi (International Union for Conservation of Nature's Red List (IUCN Red List)) gibi kuruluşlar taksonomik gruplara göre sınıflandırma yapmaktadır. Bu da omurgasızların yukarıda böceklerde bahsedildiği gibi örneğin yumuşakçalarda da (salyangozlar ve midyeler gibi) karasal ve sucul olarak ayırımını mümkün kılmamaktadır. Bu canlıların özellikle tatlı sularda veya tuzlu sularda yaşayan formları farklı özellikler gösterdiği gibi durgun sular ve akarsular arasında da farklılıklar görülebilmektedir. Her bir su formunun özellikleri kirlilik tayininde ilgili biyoindikatörün karakteri üzerine de etki eder.



Figür 1. Akuatik ekosistemdeki Makroomurgasızlara bazı örnekler (Sarremejane et al., 2020).

A:Potamon ve B'deki ok Asellus, B: Planarians , C:Çift Kabuklu Yumuşakça(Unio), D: Diptera Cinsi Böcek(Simulium), E: Plecoptera cinsi larva Leuctra, F: Yetişkin Coleoptera- dytiscid, G: Diptera- syrphid cinsi Eristalis, H: Enochrus cinsi-Coleoptera, İ: Heteroptera- hemielytra, J: Ephemera cinsi- Ephemeroptera, K: Trichoptera cinsi-Polycentropus, L: Megaloptera cinsi-Sialis, M: Odonata cinsi- Ischnura, N: Crocothemis, O: Sigara cinsi yumurtaları, P: Hydropsyche cinsi yumurtaları.

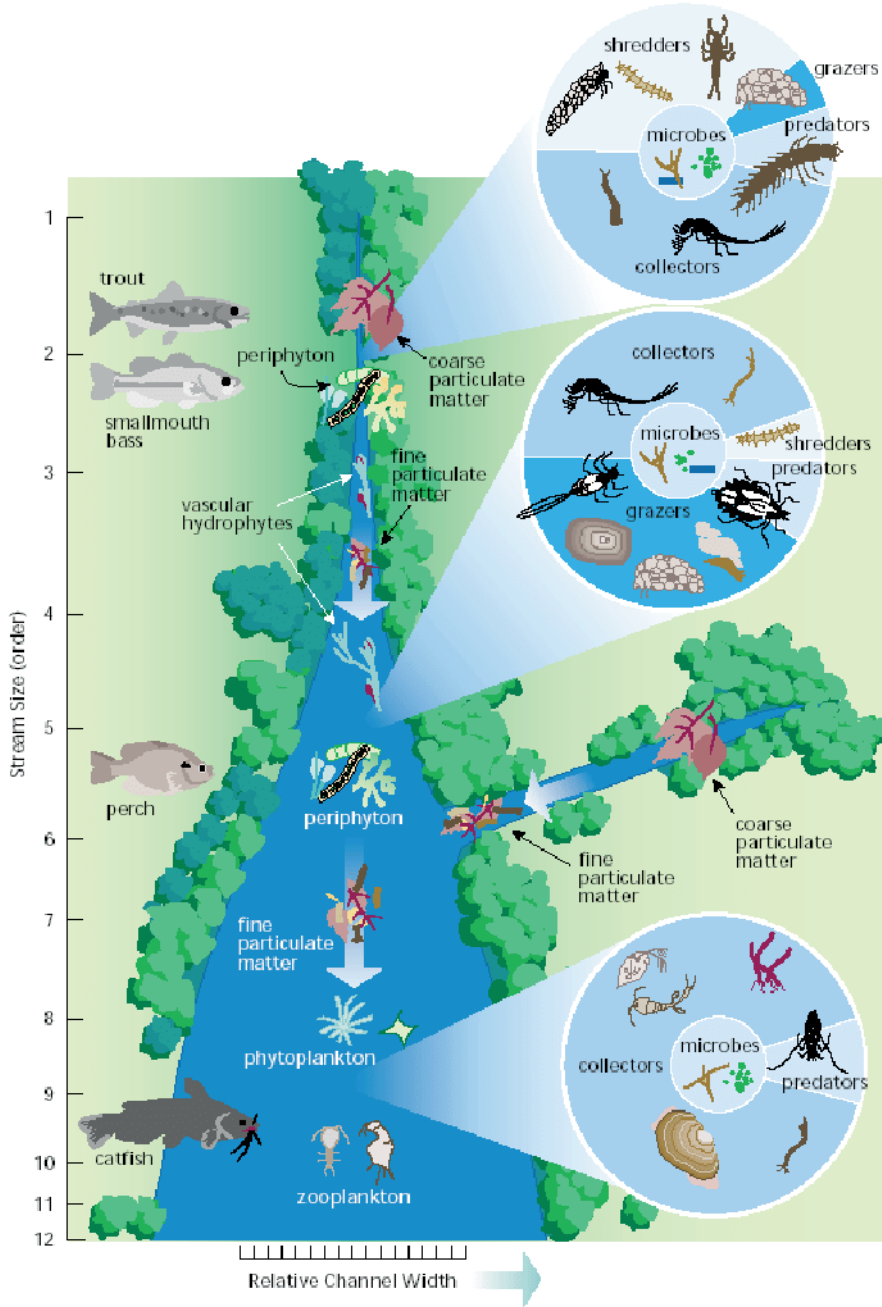
Akarsular biyoindikatör türlerin tanınması ve tespiti açısından önemli su kaynaklarıdır. Özellikle bu sistemlerin kirlilik tahminlerinde bu tip biyoindikatör türlerin kullanımı daha yaygındır.

Makroomurgasızlar, akarsu ekosistemlerinin önemli bir bileşenidir ve en alttaki üreticilerden en üstteki tüketicilere kadar malzeme ve enerji aktarımında önemli bir köprü vazifesi görür. Aynı zamanda akarsu sağlığının mükemmel biyogöstergeleri olarak da görev yaparlar (Hussain ve Pandit, 2012).

Farklı makroomurgasız türleri, farklı akarsu koşullarını ve kirlilik seviyelerini tolere eder. Bir akarsuda bulunan makroomurgasızların türlerine

bağlı olarak su kalitesine ilişkin tahminlerde bulunmak mümkündür. Örneğin caddis sinekleri, mayıs sinekleri ve taş sinekleri kirli suda yaşayamazlar. Bu böcekler bir dereye bulunursa, oradaki suyun kalitesinin muhtemelen iyi olduğu sonucuna varılabilir. Ancak bu, bir dereye bu böceklerin bulunmaması durumunda su kalitesinin kötü olduğu anlamına gelmez. Sıcaklık ve akış gibi diğer faktörlerin de hesaba katılarak değerlendirme yapılması gereklidir. Bu böcekler soğuk akan suyu tercih eder, bu nedenle su kalitesi iyi olan ancak çölde yavaş akan bir nehirde bu böcekler bulunmayabilir. Sudaki makroomurgasızlar aynı zamanda sudaki ve karadaki besin zincirlerinin önemli bir parçasıdır. Algleri beslerler ve suya düşen yaprak ve dalları parçalarlar. Yani susul ekosistemin önemli bir basamağını oluştururlar.

Barman ve Gupta, (2015), küçük akarsuların tipik olarak benzer substratlara sahip benzer habitatlardaki daha büyük akarsulardan daha düşük çeşitlilik değerlerine sahip olduğu, bunun çeşitlilikle birlikte değerlendirildiğinde su kalitesi hakkında hatalı sonuçlara yol açabileceği, Margaleff çeşitlilik indeksine göre ise su kalitesinin daha düşük olduğu sonucuna varmıştır. Buradan hareketle akarsuda akışın iyi olduğu, oksijeni yüksek yerlerde tür zenginliği ile oksijen arasındaki pozitif ilişki ile doğrulanmaktadır. Bu nedenle “biyobelirteç yaklaşımı” Avrupa ve ABD’deki çeşitli kirlilik izleme programlarına dahil edilmiştir (Aru vd., 2016). Akarsularda makroomurgasızların yaşam bölgelerine ilişkin bir temsil Resim 2’de gösterilmiştir.



Figür 2. Makroomurgasızların nehir boyunca yayılış ve etkileşimleri (Vannote et al. 1980).

Bentik makroomurgasızlar su ortamının ayrılmaz bir parçasını oluşturur ve hem ekolojik hem de ekonomik öneme sahiptir. Organik maddelerin

mineralizasyonunda önemli bir rol oynarlar ve çoğu su ortamında ekonomik açıdan önemli balık ve kabuklu deniz türleri için besin görevi görürler. (Olomukoro ve Oviojie, 2015). Göller de benzersiz faunal bileşimlere sahip durgun su kütleleridir. Bu tür habitatlarda yaşayan organizmaların, akan su kütlelerinde bulunan organizmalardan bazı morfolojik farklılıklar gösterdiği bilinmektedir (Olomukoro ve Oviojie, 2015). Bu su kaynaklarında su bölgesi ile taban bölgesindeki yaşamsal çeşitlilik de farklılık gösterir. Elbette bu farklılık makroomurgasızlar açısından da geçerlidir.

Lentik tatlı su ekosisteminde bentik omurgasızlar, besin zinciri dinamikleri, üretkenlik, besin döngüsü ve ayrışma gibi temel ekosistem süreçlerinde önemli bir rol oynar. Bunların dağılımı ve bolluğu, gıda bulunabilirliği ve miktarı, çökelti türü, substrat ve su kalitesi gibi farklı çevresel faktörlerle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca göl derinliğine, habitatlara ve göllerin buldukları bölgelere göre mekansal farklılıklar gösterirler (Trichkova vd., 2013).

Göller habitat olarak incelenmeye başlandığından beri, bentik organizmalar ekolojik veya trofik durumun göstergesi olarak kullanılmıştır. 20. yüzyılın başlarında göl sınıflandırması yapılmaya başlandığında, sedimentte farklı makroomurgasız taksonlarının varlığı veya yokluğu kriter olarak alınarak oligotrof gölleri ötrof göllerden ayırmak mümkün olmuştur (Lima vd., 2013). Bu yönden bakıldığında göllerde kirlilik tespitinde de makroomurgasızlar önemli bir canlı gurubu olarak görülmektedir.

Denizler veya tuzlu sular tatlı su ekosistemlerine göre daha farklı özellikler göstermektedir. Bu farklılık hem su özelliklerinde hem de barındırdığı canlı gurubu açısından karşımıza çıkmaktadır. Bu farklılık beraberinde kirlilik tespitinde yöntemsel farklılıkların geliştirilmesine de sebep olmuştur.

Kirliliğin deniz ekosistemleri üzerindeki etkisini değerlendirmek için farklı ihtimal ve araçlar vardır. Ekotoksikolojik yaklaşımlar biyomonitörlerin ve biyobelirteçlerin kullanımına dayanmaktadır. Toksik kimyasalların biyolojik organizmalar üzerindeki etkisini özellikle popülasyon, topluluk ve ekosistem düzeyinde incelemeyi amaçlamaktadırlar (Hamza-Chaffai, 2014).

Pek çok deniz omurgasız çeşitli kimyasallara hassasiyet (özellikle ağır metaller), testlerin tekrarlanabilirliği için uygun maliyet ve kirliliğin kolayca yorumlanabilmesine olanak sağlayan biyolojik sonuçlar vermesi açısından iyi birer biyoindikatör olma özelliği taşımaktadır. Örneğin biyoindikatör olarak kullanılan en önemli türlerden birisi özellikle ağır metal hassasiyetlerinden dolayı deniz kestanesi embriyosudur (Chiarelli ve Roccheri, 2014).

Bunun yanında midye ve istiridye gibi çift kabuklu yumuşakçalar, hem metalleri hem de organik kirleticileri yoğunlaştırma yetenekleri, hareketsizlikleri, birikmiş kirletici maddeleri metabolize etme konusundaki sınırlı yetenekleri, bollukları, kalıcılıkları ve toplanma kolaylıkları ile karakterize edi-

lir. Kıyı sularındaki kirleticilerin biyo-monitörleri olarak tanınmışlardır. Bu nedenle Mussel Watch (ABD) ve RNO (Fransa) gibi farklı uluslararası izleme programlarında tarafından su kalitesi izlemesinde kullanılmışlardır (Hamza-Chaffai, 2014). Fizyolojileri nedeniyle su filtreleri görevi gören çift kabuklular yağ dokularında lipofilik maddeleri biriktirirler. Genelde su kütlesinin tabanında beslenirler. Suyu askıdaki organik maddelerden, yani küçük bitki (fitoplankton) ve hayvan (zooplankton) organizmalarından arındırırlar. Normal şartlarda çift kabuklular suyu filtreler ve kabukları açıktır. Kirliliğin suya salındığı anda filtrelemeyi bırakırlar ve kabuklarını sıkıca kapatırlar. Bu nedenle çift kabuklular (*Bivalvia*), su kirliliği hakkında bilgi toplayan sensör ünitelerinde biyoindikatör olarak kullanılmaktadır (Gadzała-Kopciuch vd., 2004). Dolayısıyla sucül ekosistemin en karakteristik biyoindikatörlerinden birisi olarak çift kabuklular görülmektedir.

Bir başka araştırmada Longo vd., (2013), (*Isopoda, Oniscidea*) *Ligia italica*'nın iyi bir biyoindikatör olabileceğini ve hepatopankreasın üst yapısının deniz ekolojisinde kıyı üstü bölgelerdeki ağır metal kirliliğinin ultra yapısal biyobelirteç olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

Nihai olarak Makroomurgasızların geneli çökelti süreçlerinde temel bir rol oynar, bir topluluğun çevresel stres faktörlerine tepkisinin önemli göstergesidir ve su kalitesini yansıtmaya yeteneği göz önüne alındığında belirli bir bölgedeki koşulların izlenmesi için önemli bir potansiyel sağlar (Sharifinia, 2015).

Sonuç

Sulardaki makroomurgasızlar su toplulukları içerisinde belirli özellikleri açısından önemli bir yer tutarlar. Besin zincirinin önemli bir parçası olarak balıklar, kuşlar ve diğer omurgasız türlerine besin kaynağı teşkil ederler. Diğer taraftan sulardaki bazı biyokimyasal reaksiyonlara katılarak parçalanma süreçlerinde rol oynarlar. Bunların yanı sıra su omurgasızları su kalitesinin en iyi göstergelerinden birisi olarak da kullanılmaktadır. Bazı türler kirliliğe karşı çok duyarlı olduklarından dolayı bir akarsu sisteminde bunların bulunmaması önemli bir kirliliğe dalalet edebilir. Ters durumda aynı şeyden söz etmek mümkün olmasa da birçok tür açısından suyun karakterini göstermesi bu canlıları su kalite tayininde önemli bir yere koymaktadır. İncelenen çalışmalarda sulardaki makroomurgasızların su kalite tayinindeki rollerine ilişkin çok çeşitli çalışmalar yapılmış ise de bunların genelinin bazı türler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Örneğin çift kabuklu yumuşakçalara ilişkin çok sayıda çalışma iyi bir biyoindikatör oldukları yönünde hem fikirken balıklar konusunda popülasyon çalışmalarındaki zorluktan dolayı aynı fikir birliği oluşmamıştır. Bazı balık türlerinde münferiden çalışmalara bağlı yorumlar yapılsa da balık sayısındaki tür çeşitliliği baz alındığında su kalitesini yansıtmaları açısından aynı kanaat hasıl olmamıştır. Yine böcek gurupların-

dan kirliliğe ilişkin karakteristik özellik gösteren bazı türler çalışmalarda ön plana çıkmıştır. Diğer türlere ilişkin çalışma sayısı yetersidir. Tabii bu türlerin geneli açısından hem bulunuşları hem de örnekleme kolaylıkları ile iyi birer biyogösterge oluşları ön plana çıkmalarına neden olmuştur. Tüm bunlardan hareketle çalışılan tür ve elde edilen verilere dayalı olarak bir kısım indeksler geliştirilmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Nihai olarak biyoindikatör olarak makroomurgasızlara ilişkin yakın tarihte ağırlık kazanan profesyonel araştırma süreci ile geline nokta geleksel fizikokimyasal parametrelere dayalı su kalite izleme metotlarına nazaran çok daha avantajlı, güvenli ve maliyeti düşük görüldüğü, daha fazla türün dahil edilerek yeni indekslerle desteklenmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKÇA

- Alrumman, S.A.; El-Kott, A.F.; Keshk, S.M. 2016. Water Pollution: Source & Treatment. *American Journal of Environmental Engineering*, 6(3):88-98.
- Aru, V., Sarais, G., Savorani, F., Engelsen, S.B., Marincola, F.C., (2016). Metabolic responses of clams, *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum*, to short-term exposure to lead and zinc: *Marine Pollution Bulletin*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.054>
- Asifamabia, D.A, (2015). Mycoflora and Water Quality index Assessment of Water Sources in Oproama, Niger Delta, Nigeria: *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* Vol. 19 (3) 341 – 343.
- Barman, B., Gupta, S., (2015). Aquatic insects as bio-indicator of water quality- A study on Bakuamari stream, Chakras hila Wildlife Sanctuary, Assam, North East India: *Journal of Entomology and Zoology Studies* 2015; 3(3): 178-186.
- Cabrini, T.M.B., Barboza, C.A.M., Skinner, V.B., Hauser-Davis, R.A., Rocha, R.C., Saint’Pierre, T.D., Valentin, J.L., Cardoso, R.S., (2016). Heavy metal contamination in sandy beach macrofauna communities from the Rio de Janeiro coast, Southeastern Brazil: *Environmental Pollution xxx* (2016) 1-14. Journal home page: www.elsevier.com/locate/envpol
- Ceschin, S., Aleffi, M., Bisceglie, S., Savo, V., Zuccarello, V., (2012). Aquatic bryophytes as ecological indicators of the water quality status in the Tiber River basin (Italy): *Ecological Indicators* 14 (2012) 74–81. [journalhomepag e: www.elsevier.com/locate/ecolind](http://www.elsevier.com/locate/ecolind)
- Chiarelli, R., and Roccheri, M.C., (2014) Marine Invertebrates as Bioindicators of Heavy Metal Pollution. *Open Journal of Metal*, 4, 93-106. <http://dx.doi.org/10.4236/ojmetal.2014.44011>
- Cordeiro, R.S., Barbosa, J.E.L, Filho, G.Q.L., and Barbosa, L.G., (2017). Periphytic algae dynamics in lentic ecosystems in the Brazilian semiarid: *Braz. J. Biol.* <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.16815>
- Debastiani, C., Meira, B.R., Lansac-Tôha, F.M., Velho, L.F.M. and Lansac-Tôha, F.A., (2016). Protozoa ciliates community structure in urban streams and their environmental use as indicators: *Braz. J. Biol.*, 2016, vol. 76, no. 4, pp. 1043-1053: <http://dx.doi.org/10.1590/1519-6984.08615>.
- Desrosiers, C., Leflaive, J., Eulin, A., and Ten-Hage, L., (2013). Bioindicators in marine waters: Benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophic coastal ecosystems: *Ecological Indicators* 32. 25–34. [jo ur nal homep age: www.elsevier.com/locate/ecolind](http://www.elsevier.com/locate/ecolind)
- Gadzała-Kopciuch, R., Berecka, B., Bartoszewicz, J., Buszewski, B., (2004). Some Considerations about Bioindicators in Environmental Monitoring: *Polish Journal of Environmental Studies* Vol. 13, No. 5 (2004), 453-462.
- Gamboa, M.; Reyes R.; Arrivillaga, J. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bio-

indicadores de la salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2):109-120.

- Ghasemi, A.F., and Kamali, M., (2014). Benthic Macroinvertebrates along the Haraz Downstream in Southern Caspian Sea Basin: In Gradient of the Physicochemical Parameters: *International Journal of Zoology*, Volume 2014, Article ID 145430, 7 pages: Hindawi Publishing Corporation: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/145430>.
- Hamza-Chaffai, A., (2014). Usefulness of Bioindicators and Biomarkers in Pollution Biomonitoring: *International Journal of Biotechnology for Wellness Industries*, 2014, 3, 19-26.
- Hodkinson, I.D., and Jackson, J.K., (2005). Terrestrial and Aquatic Invertebrates as Bioindicators for Environmental Monitoring, with Particular Reference to Mountain Ecosystems: *Environmental Management* Vol. 35, No. 5, pp. 649–666 © 2005 Springer Science+Business Media, Inc.
- Hussain, Q.A., and Pandit, A.K., (2012). Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors: *International Journal of Fisheries and Aquaculture* Vol. 4(7), pp. 114-123. Available online at <http://www.academicjournals.org/IJFA>
- IUCN Red List. (2023). *Summary Statistics*. <https://www.iucnredlist.org/resources/summary-statistics#Summary%20Tables>
- Karr, J.R. 1999. Defining and measuring river health. *Freshwater Biology* 41 : 221 – 234.
- Kenney, M. A., Sutton-Grier, A. E., Smith, R. F., & Gresens, S. E. (2009). Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality: The intersection of science and policy. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 2(2), 99.
- Kirby, R.M.; Bartram, J.; Carr, R. 2003. Water in food production and processing: quantity and quality concerns. *Food Control*, 14(5):283- 299. [https://doi.org/10.1016/S0956-7135\(02\)00090-7](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00090-7)
- Kripa, P.K., Prasanth, K.M., Sreejesh, K.K., Thomas T.P., (2013). Aquatic Macroinvertebrates as Bioindicators of Stream Water Quality- A Case Study in Koratty, Kerala, India: *Research Journal of Recent Sciences*. Vol. 2(ISC-2012), 217-222.).
- Lima, F.B., Schäfer, A.E., and Lanzer, R.M (2013). Diversity and spatial and temporal variation of benthic macroinvertebrates with respect to the trophic state of Lake Figueira in the South of Brazil: *Acta Limnologica Brasiliensia*, 2013, vol. 25, no. 4, p. 429-441. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X2013000400008>.
- Longo, G., Trovato, M., Mazzei, V., Ferrante, M., Conti, G.O., (2013) *Ligia italica* (Isopoda, Oniscidea) as Bioindicator of Mercury Pollution of Marine Rocky Coasts. *PLoS ONE*. Vol.8 (3). www.plosone.org
- Nizel Halder, J.; Nazrul Islam, J. 2015. Water Pollution and its Impact on the Human Health. *Journal of environment and human*, 2:2373-8324.
- Olomukoro, J.O., Oviojie, E.O. (2015). Diversity and Distribution of Benthic Macroinvertebrate Fauna of Obazuwa Lake in Benin City, Nigeria: *Journal of Biology*,

Agriculture and Healthcare. Vol.5, No.1, 2015. www.iiste.org

- Paulson, J.R., Mahmoud, I.Y., Al-Musharafi, S.K., and Al-Bahry, S.N., (2016). Antibiotic Resistant Bacteria in the Environment as Bio-Indicators of Pollution: The Open Biotechnology Journal, 2016, 10, (Suppl-2, M7) 342-351. www.benthamopen.com/TOBIOTJ
- Rakshit, D., Sahu, G., Mohanty, A.k., Satpathy, K.K., Jonathan, M.P., Murugan, K., Sarkar, S.K., (2016). Bioindicator role of tintinnid (Protozoa: Ciliophora) for water quality monitoring in Kalpakkam, Tamil Nadu, south east coast of India: Marine Pollution Bulletin. MPB-07985; No of Pages 10.
- Ríos-Touma, B.; Acosta, R.; Prat, N. 2014. The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista Biología Tropical*, 62(Suppl. 2):249-273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Roldán-Pérez, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 23(88):375-387.
- Roldán-Pérez, G. 2016. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155):254-274. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Rose, N.L., Turner, S.D., Goldsmith, B., Gosling, L., and Davidson, T.A., (2016). Quality control in public participation assessments of water quality: the OPAL Water Survey. *BMC Ecol* 2016, 16(Suppl 1):S14. DOI 10.1186/s12898-016-0063-2).ppt. 23-43.
- Sarremejane, R., Cid, N., Stubbington, R. et al. DISPERSE, a trait database to assess the dispersal potential of European aquatic macroinvertebrates. *Sci Data* 7, 386 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00732-7>
- Sharifinia, M., (2015). Macroinvertebrates of the Iranian running waters: a review: *Acta Limnologica Brasiliensia*. 27.(4): 356-369. <http://dx.doi.org/10.1590/S2179-975X1115>
- Solanki, R., and Shukla, A., (2016). Preliminary study of phytoplankton diversity in river Naramada valley of Jabalpur Region (M.P.): *International Journal of Information Research and Review* Vol. 03, Issue, 03, pp. 2057-2059.
- Srivastava, P., Verma, J., Grover, S., and Sardar, A., (2016). On the Importance of Diatoms as Ecological Indicators in River Ecosystem: *Indian Journal of Plant Sciences* ISSN: 2319-3824 (Online) An Open Access, Online International Journal Available at <http://www.cibtech.org/jps.htm> 2016 Vol.5 (1) January-March, pp.70-86/Srivastava et al. Review Article. © Copyright 2014 | Centre for Info Bio Technology (CIBTech).
- Stancheva, R., and Sheath, R.G., (2016). Benthic soft-bodied algae as bioindicators of stream water quality: *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2016) 417, 15. www.kmae-journal.org.

- Sen, B., Alp, M.T., Sonmez, F., Kocer, M.A.T., and Canpolat, O., (2013). Relationship of Algae to Water Pollution and Waste Water Treatment: licensee InTech. This is an open access chapter distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0>),ppt.335-354.
- Trichkova, T., Tyufekchieva, V., Kenderov, L., Vidinova, Y., Botev, I., Kozuharov, D., Hubenov, Z., Uzunov, Y., Stoichev, S., Cheshmedjiev, S., (2013). Benthic Macroinvertebrate Diversity in Relation to Environmental Parameters, and Ecological Potential of Reservoirs, Danube River Basin, North-West Bulgaria: *Acta zool. bulg.*, 65 (3), 2013: 337-348. *ACTA Zoologica Bulgarica*.
- UNESCO. 2015. Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015. Available at: http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_web.pdf Accessed on: August 26th, 2017
- United States Environmental Protection Agency (USEPA) . 2005 . Water Quality Standards Academy: Basic Course . Office of Water . Washington District of Columbia, U.S.A. 152 pp.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., & Cushing, C. E. (1980). The river continuum concept. *Canadian journal of fisheries and aquatic sciences*, 37(1), 130-137.
- Zamora, H. 1998a. Niveles de alteración de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos del río molino por efecto de las actividades antrópicas y la contaminación doméstica. *Unicauca Ciencia*, 3:35-46.
- Zakaria, Z.A., Jaapar, J., Ahmed, W.A., (2004). Bacteria As Bioindicators For Metal Contamination: Biomonitoring in Tropical Coastal Ecosystems, Phang & Brown (eds) 2004: 131-135.
- Xu, G., Zhang, W., Xu, H., (2015). Can dispersions be used for discriminating water quality status in coastal ecosystems? A case study on biofilm-dwelling microbial eukaryotes: *Ecological Indicators* 57 (2015) 208–214, journal home page: www.elsevier.com/locate/ecolind.



Bölüm 4

BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE ENFEKSİYONLARA KARŞI KULLANILAN AŞILAR

Ünal İSPİR¹

Serpil MİŞE YONAR²

1 Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, unalispir@yahoo.com

2 Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, serpilmise@gmail.com,

1. GİRİŞ

Balık hastalıkları, dünya çapında morbidite ve mortaliteden kaynaklanan üretim kayıpları yoluyla doğrudan önemli bir finansal etkiye sahiptir. Balık patojenlerinin enfeksiyona neden olma potansiyeli, coğrafi sınırları aşabilme, türler arası geçiş ve konakçı bağışıklık savunmalarını atlatma veya alt etme yetenekleri ile daha virulent varyantları üretebilme özellikleri nedeniyle küresel olarak endişe vericidir. Hastalıkları kontrol etmenin ve balık sağlığını artırmanın alternatif yollarına olan talep, üreticilerin ilaç, katkı maddesi ve antibiyotik kullanımını konusundaki endişelerinin artmasından ve çevredeki antibiyotik direncinin yükü konusundaki farkındalığın oluşmasından kaynaklanmaktadır. Aşilar, balıklarda enfeksiyon hastalıklarının önlenmesinde, kontrol edilmesinde veya yok edilmesinde önemli bir araçtır. Ancak, aşilar “gümüş kurşun” değildir. Etkili olabilmesi için genellikle hastalık epidemiyolojisinin, biyogüvenliğin, karantinanın, gözetimin, tanının, eğitimin ve hastalık vektörünün veya rezervuar türünün kontrolünü içeren kapsamlı kontrol stratejileri içinde uygulanmaları gerekmektedir.

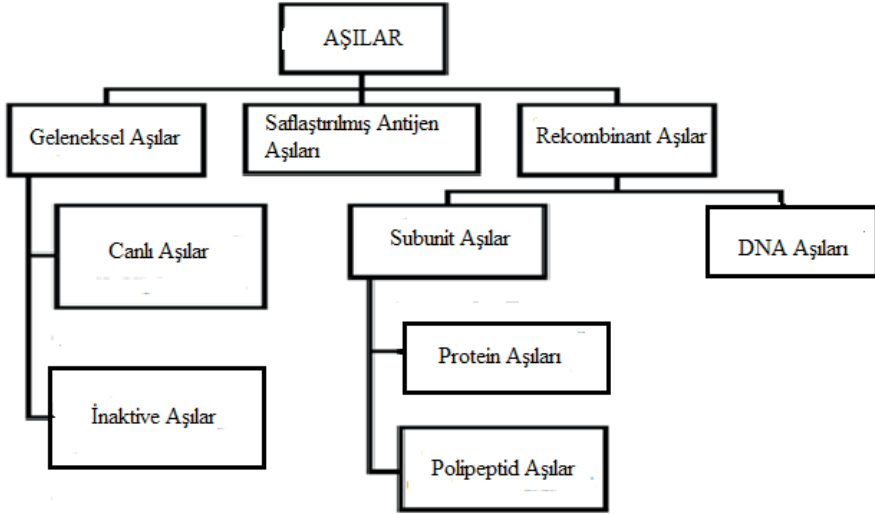
Aşilar, genellikle canlı zayıflatılmış, öldürülmüş/inaktive edilmiş, rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak üretilmiş veya belirli hücre bileşenlerini içeren çeşitli formatlarda oluşturulmaktadır. Canlı zayıflatılmış aşilar genellikle etkili bir bağışıklık tepkisi üretirken, öldürülmüş aşilar daha güvenlidir ancak etkinlikleri bazen sınırlıdır. Rekombinant DNA teknolojisi ile üretilen aşilar, genetik mühendislik sayesinde spesifik antijenleri hedef alabilir, böylece daha hassas ve etkili bir bağışıklık tepkisi elde edilebilir. Aynı zamanda, hücresel ve moleküler seviyelerde anlayışımız arttıkça, yeni nesil aşilar özel hedeflere yönelik olarak tasarlanabilir.

Bu derlemede, canlı, inaktive edilmiş, rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak üretilmiş aşilar ve diğer yenilikçi aşı stratejileri arasındaki temel farklar ve avantajlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, balık aşilarıyla ilgili güncel gelişmeler incelenerek, gelecekteki aşı geliştirme stratejilerine yönelik potansiyel yollar da tartışılacaktır.

2. AŞI TİPLERİ

Aşilar, aşı preperatının geliştirilmesinde kullanılan metoda göre sınıflandırılmaktadır. Her yaklaşımın kendi avantajları ve özel işlem mekanizması bulunmaktadır. Aşilar genellikle patojenin canlıya nasıl bulaştığı ve immun sisteminin buna karşı nasıl bir tepki verdiği gibi temel bilgilere dayanarak tasarlanmaktadır. Ayrıca, aşının ucuz ve kolay bir şekilde üretilebilirliği dikkate alınmaktadır. Aşı yapmak için seçilen metotlar genellikle patojene ait bilgilere dayanmaktadır. Burada patojenin bulaşma yolları, virülensi ve konakçının bağışıklık sisteminin vereceği tepkinin nasıl olabileceği gibi temel bilgiler göz önünde bulundurulur. Ayrıca aşilar balık türüne ve balığın ekonomik olup olmadığı gibi konular da dikkate alınarak tasarlanmaktadır.

Genel bir kural olarak, aşuların sınıflandırılması Şekil 1'deki gibidir. Bi-reysel aşı türleri aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 1. Aşuların Sınıflandırılması (Oli vd., 2022).

2.1. Geleneksel Yöntemlerle Hazırlanan Aşular

2.1.1. Zayıflatılmış Canlı Aşular

Bu aşular, ilk kez 1937'de Sarı Humma virüsüne karşı fareler üzerinde denemeler yapılarak enfeksiyona neden olmayan ancak bağışıklık oluşturabilen bir form haline getirildi (Frierson, 2010). Canlı-zayıflatılmış aşular, orijinal patojenin zayıflatılmış (mutasyona uğramış) kopyalarına sahiptir, bu da doğal enfeksiyonun zayıflatılmış bir versiyonunu taklit ettikleri anlamına gelmektedir. Canlı-zayıflatılmış aşular replike olabilmeye özelliğine sahip olduklarından, bağışıklık sistemimin tüm kollarını uyarır ve bu nedenle güçlü, uzun süreli antikor ve hücresel tepkileri tetikler (Clem, 2011).

Canlı-zayıflatılmış aşuların en önemli dezavantajı, aşı etkinliğinin korunması için soğuk zincire gereksinim duymasındır. Depolama sorunu önemli bir dezavantajdır. Ayrıca, canlı-zayıflatılmış aşular, canlı ve replikasyon yetenekli patojen mikroorganizmaları içerdiğinden bağışıklık sistemi tam olarak gelişmemiş yavru balıklarda kullanılması pek de uygun değildir. Canlı-zayıflatılmış aşular, potansiyel olarak orijinal virulent formlarına geri dönebilme özelliğine sahiptir ve gerçek hastalığı tetikleyebilirler. Güvenlik endişeleri olmasına rağmen, canlı-zayıflatılmış aşular, inaktive edilmiş aşulardan daha etkilidir. Canlı-zayıflatılmış aşular güçlü humoral ve hücresel bağışıklık uyarıcıdır; bu nedenle adjuvanlara ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca düşük bağışıklığa sahip olabilecek aşı preparatlarında enfeksiyon riski ve mutasyonların virülensini yeniden kazanma potansiyeli oldukça fazladır (Karch ve Burkhard, 2016).

Canlı-zayıflatılmış aşuları kimyasal/fiziksel mutajenez, genetik mühendislik, zayıflatılmış kültür ve antibiyotikle indüklenmiş zayıflatma ile üretmek mümkündür. Bu tip aşı tasarlanmaya ilk başlandığında aşı suşu sürekli olarak kültürü yapılarak zayıflatılmıştır, fakat bu sürenin zaman alıcı olması ve patojenin virülensinin yeniden nüks edebilme ihtimalinin yüksek olduğunun anlaşılmasından dolayı bu tip aşuların elde edilmesinde başka tekniklerin kullanılması üzerine araştırmalar yapılmıştır. Antibiyotikler ile zayıflatma bu tekniklerden biridir fakat, antibiyotiklerle zayıflatılmış mutant suşlar tesadüfi olup net bir genetik geçmişe sahip değildir ve virülens açısından istikrarsızdır. Bu suşların aşı olarak kullanıldığında güvenliklerini sağlamak zordur. Kimyasal/fiziksel mutajenez zayıflatma, zayıf virulent bir suş elde etmek için kimyasal mutajenlerin veya değiştirilmiş fiziksel koşulların kullanılması anlamına gelmektedir (Yang vd., 2021). *Flavobacterium* spp., *Vibrio anguillarum*, *Edwardsiella tarda* ve *Aeromonas hydrophila* aşuları için antibiyotik mutagenезisi (Ma vd., 2019a,b), *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus iniae*, *Edwardsiella ictaluri* ve *A. hydrophila*'nın zayıflatılması için acriflavin boyası ve novobiocin kullanılarak yapılan mutagenез (Pridgeon ve Klesius, 2011), kanal yayın balığı herpes virüsünden virülens geninin silinmesi için kullanılan gen düzenleme teknolojisi (Zhang ve Hanson, 1995) gibi çeşitli zayıflatma stratejileri kullanılarak balıklar için canlı aşular geliştirilmiştir. Ayrıca, replikasyona neden olan genlerin düzenlenmesi veya mutasyonu, RNA müdahalesi gibi genetik mühendislik yaklaşımları ile de canlı-zayıflatılmış aşular elde edilebilir (Lauring vd., 2010).

Bazı balık enfeksiyonlarına karşı genetik mühendislikle elde edilen zayıflatılmış aşuların balıkların bu enfeksiyonlara karşı önemli derecede korunmasına neden olduğunu ortaya koymuştur. Liu vd., (2019), düşük virülsenli bir *Streptococcus lactis* suşundan eritromisin ilavesi ile zayıflatılmış bir aşı suşu geliştirmişlerdir. Zhang vd., (2020a), tilapialarda humoral ve hücrel bağışıklık yanıtlarını indükleyebilen etkili bir canlı-zayıflatılmış aşı geliştirmiş ve özel antikor düzeyini önemli ölçüde artırdığını bulmuşlardır. Zhang vd., (2020b), *A. hydrophila* ile enfekte olmuş havuz balıklarını tedavi etmek için canlı-zayıflatılmış bir aşı geliştirmişlerdir ve aşının, havuz balıklarının *A. hydrophila* enfeksiyonundan korunmasında etkili olduğunu, havuz balıklarının serum ve deri mukusundaki enzim aktivitesinde bir artışa neden olduğunu ve IL-1b, TNF-a, IL-10 ve pIgR gibi bağışıklıkla ilgili genlerin düzenlenmesini sağladığını bulmuşlardır. Zhou vd., (2020), *Vibrio alginolyticus* enfeksiyonuna karşı bir canlı-zayıflatılmış aşı geliştirmiş ve zebra balıklarında IgM, IL-1b, IL-6 ve TNF-a'nın arttığı ve koruyucu bir bağışıklık yanıtı indüklendiğini rapor etmiştir. Balıklarda kullanılan canlı aşı araştırmalarında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Çeşitli enfeksiyonlara karşı geliştirilen canlı aşılar (Du vd., 2022; Mondal ve Thomas, 2022).

Patojen adı	Kullanıldığı türler	Kaynak
<i>Edwardsiella ictaluri</i>	Kanal yayın balığı	Thune vd., (1999); Abdelhamed vd., (2013)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Gökkuşluğu alabalığı	Vivas vd., (2004)
<i>Edwardsiella tarda</i>	Sazan	Yamasaki vd., (2015)
Viral hemorajik sepsisemik virüs (VHSV)	Pisi balığı	Kim ve Kim, (2019); Kim vd., (2020)
<i>V.alginolyticus</i>	Zebra balığı	Zhou vd., (2020)
<i>Streptococcus agalactiae</i>	Tilapia	Liu vd., (2019)
<i>Flavobacterium psychrophilum</i> (syn., <i>Flexibacter psychrophilus</i> and <i>Cytophaga psychrophila</i>)	Salmonid türü balıklar	Bøgdal ve Dalmo (2019)
<i>Flavobacterium columnare</i>	Tilapia, Levrek, Çipura	Shoemaker vd., (2011); Mohamad vd., (2021)

2.1.2. İnaktive Aşılar

Bakteriyel balık aşısı geliştirmeye yönelik olarak ilk ciddi girişim, *Salmo clarki*'de frunkloosis'e karşı korunmak için kloroformla inaktive edilmiş aşı preparatı hazırlanmıştır (Duff, 1942). O zamandan beri, bakteriyel balık patojenlerinin birçoğu için aşilar formüle edilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda, edwardsiellozis ve kızıl ağız hastalığına karşı koruma sağlayan aşilar geliştirilmiştir. İnaktive balık aşiları % 3 (v/v) kloroform, % 0,3-0,5 (v/v) formahn ve % 0,5-3,0 (v/v) fenol gibi kimyasalların kullanımı, ısı (örneğin 30 veya 60 dakika boyunca 56°C veya 100°C), sonikasyon ve pH 9,5'te sodyum hidrokosit ile lizis işlemi ile gerçekleştirilebilir (Austin vd., 2007). İnaktive etme modu, aşı tarafından üretilen immünojeniteyi etkileyebilir. İnaktive edilmiş mikroplarla aşı daha stabil olduğundan, depolama ve taşıma için dondurma, kurutma veya soğutma gerektirmez.

İNaktive edilmiş aşilar bir yüzyıldan fazla bir süredir kullanılmakta olup zayıflatılmış canlı aşilara kıyasla daha güvenli olarak kabul edilmektedir (Sanders vd., 2014). Bununla birlikte, daha zayıf bağışıklık tepkileri ürettikleri için istenilen koruyucu etkiyi elde etmek için adjuvanların ve/veya ek booster dozların birlikte uygulanması gerekmektedir (Petrovsky ve Aguilar, 2004). Zayıflatılmış canlı aşilara kıyasla, çoğunlukla humoral bağışıklık uyarılmaktadır (Lee ve Nguyen, 2015). İnaktive edilmiş aşilar bulaşıcı değildir (Stauffer vd., 2006). Balıklarda kullanılan inaktive aşı araştırmaları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çeşitli enfeksiyonlara karşı geliştirilen inaktive aşılar (Makesh ve Rajendran, 2022).

Patojen adı	Kullanıldığı türler	Kaynak
<i>Vibrio anguillarum</i>	Salmon, Atlantik cod	Toranzo vd., (2005), Mikkelsen vd., (2011)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Sazan, alabalık	Dash vd., (2011), LaPatra vd., (2010),
<i>Aeromonas salmonicida</i>	Gökkuşluğu alabalığı	Romstad vd., (2014), Villumsen vd., (2015).
<i>Edwardsiella tarda</i>	Tilapia, Pisi balığı	Trung vd., (2014), Choi vd., (2015).
<i>Flavobacterium columnare</i>	Kanal yayın balığı, tilapia,	Moore vd., (1990), Leal vd., (2010).
<i>F. psychrophilum</i>	Gökkuşluğu alabalığı,	Madetoja vd., (2006), Rahman vd., (2000), Rahman vd., (2003)
<i>Photobacterium damsela</i>	Karagöz, Sarı kuyruk, gökkuşluğu alabalığı	Fujihara ve Nakatani, (1971), Ransom (1975)
<i>Yersinia ruckeri</i>	Alabalık	Tinsley vd., (2011), Deshmukh vd., (2012).
<i>Streptococcus agalactiae</i>	Tilapia	Evans vd., (2004).
<i>Lactococcus garvieae</i>	Alabalık, Tilapia	Ravelo vd., (2006), Kubilay vd., (2006), Bwalya vd., (2020),
<i>Piscirickettsia salmonis</i>	Salmon	Fryer vd., (1992)
<i>Renibacterium salmoninarum</i>	Gökkuşluğu alabalığı	McCarthy vd., (1984)

2.2. Rekombinant Aşılar

2.2.1. DNA Aşıları

DNA aşıları doğal bağışıklık yanıtını tetikler. Tanımlanmamış bir sitozolik DNA sensörü, transfekte edilmiş plazmidlere bağlanır ve TBK1-STING yolu tetiklenir. Bu süreçte tip I interferonlar üretilir ve bir adjuvan olarak işlev görürler (Sun vd., 2012). DNA aşılarının üretimi kolay ve nispeten ucuzdur ve daha uzun bir raf ömrüne sahiptir (Hobernik ve Bros, 2018). Patojenlerin spesifik bir antijenini taşıyan plazmidlerle birlikte DNA aşılarının kullanılması, çeşitli balık hastalıklarına karşı koruyucu bağışıklığı teşvik etmek için geniş ilgi görmektedir (Mondal ve Thomas, 2022). Bu aşılar, ilk olarak hem spesifik olmayan hem de erken bağışıklık yanıtları ve daha sonra spesifik bağışıklık üretebilse de, bunun balıklarda gerçekleştiği kesin koruyucu yollar belirsizliğini korumaktadır (Emmenegger ve Kurath, 2008). Sadece immünojenik bir patojenin bir parçası olması nedeniyle DNA aşılarının güvenli ve avantajlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, birlikte uygulanma potansiyeli gibi avantajları vardır. Multivalent aşılar, düşük maliyetli üretim süreçleri, plazmid DNA'nın kimyasal stabilitesinin yükselmesi nedeniyle depolamada stabilite ve yeni bir patojenin mutantlarını hedeflemek için DNA dizilerinin hızla

değiştirilmesi gibi avantajlara sahiptir. Hem hücrel hem de humoral bağışıklığı teşvik etmek için adjuvan uygulaması gerektirmemektedir (Adams ve Thompson, 2006).

DNA aşıları balıklarda *Vibrio anguillarum* (Xing vd., 2019; Xu vd., 2020a; Xing vd., 2021), *E. tarda* (Liu vd., 2016a), *V. harveyi* (Hu vd., 2011) gibi bakteriyel enfeksiyonların önlenmesinde de etkilidir. Parazitik balık hastalıklarına karşı DNA aşlarıyla ilgili çalışmalar da bildirilmiştir. *Ichthyophthirius multifiliis* (Ich) parazitiye karşı kas içi DNA aşısı, yayın balığının ön böbreğinde IgM, CD4, MHCI, TCR-a, IFN-g, kompleman dahil olmak üzere bağışıklık genlerinin önemli ölçüde yükselmesine neden olmuştur (Xu vd., 2020b). DNA aşılarının balıklarda bazı viral enfeksiyonlara, özellikle de gökkuşağı alabalığı ve Atlantik somonunun rabdovirüslerine karşı güçlü ve koruyucu bir bağışıklık oluşturduğu gösterilmiştir (Lorenzen ve LaPatra, 2005). Kanal yayın balığı herpesvirüs enfeksiyonu (Nusbaum vd., 2002) ve çipura iridovirüsü (Caipang vd., 2006) içinde etkili sonuçlar elde edilmiştir. Viral antijenlerle ilgili olarak, çoğu çalışma alginat kullanarak DNA aşılarını oral yoldan uygulamaya odaklanmıştır. Bu bağlamda, bir DNA aşısı, lenfosit hastalığı virüsü (LCDV)' ne karşı Japon dil balığına oral yoldan uygulanmıştır (Tian vd., 2008). Antijenin aşılama sonrası 10 ila 90 günler arasında farklı dokularda tespit edildiği ve serum antikorlarının 16. haftaya kadar görüldüğü gözlemlenmiştir. Tablo 3 ve 4'de balıklarda görülen viral ve bakteriyel enfeksiyonlara karşı geliştirilen DNA aşıları ve etkinlikleri verilmiştir.

2.2.2. Subunit Aşılar

Subunit aşıları, bir patojenin nötralize edici bir bağışıklık tepkisi tarafından hedef alınabilen bir kısmını içerir. Hedeflenen antijenler, yüksek derecede saflaştırılmış proteinler, polisakaritler, glikoproteinler veya sentetik peptitler olabilir (Foged, 2011). Genel olarak, subunit aşılar, izole edilmiş proteinler, protein alt parçaları veya glikanları içerdikleri için iyi bir güvenlik profiline sahiptir (Vartak ve Sucheck, 2016). Subunit aşılar genellikle tam patojenlere kıyasla daha güvenli ve bazen daha kolay üretilebilir olmalarına rağmen, genellikle güçlü bir bağışıklık yanıtı uyandırmak için adjuvanlarla formüle edilmesi gereken non-viral vektör tabanlı aşılar bulunmaktadır (Foged, 2011; Moyle ve Toth, 2013). Subunit aşıları canlı-zayıflatılmış aşılara kıyasla daha güvenli olsalar da, genellikle daha az etkilidirler. Konak bağışıklık sisteminde tanınan ve güçlü bir doğal yanıtı tetikleyen patojenle ilişkilendirilmiş moleküler özelliklere sahip değildir (Demento vd., 2011).

Balık yetiştiriciliğindeki subunit aşlarıyla ilgili ilk çalışmalar, üretim ve taşıma sırasında proteinin hızlı bozulması nedeniyle başarısız olmasına rağmen, antijenleri stabilize etmek için geliştirmeler yapılmıştır ve birçok subunit aşı geliştirilmiştir. Rekombinant DNA yaklaşımı, 2016'da *Vibrio anguillarum*'a karşı bir subunit aşı geliştirmek için kullanılmıştır (Kwon ve Kang,

2016). Aşı, bakteriyel hareketlilikten sorumlu olan ve patojenite ile ilişkili olan rekombinant flagellin A (FlaA) proteinini içermektedir. Bu aşı, 3.5 gr canlı ağırlığındaki tilapialara intraperitoneal olarak uygulanmış ve yalnızca kendisi ya da CpG oligodeoksinükleotid adjuvanının enjeksiyonundan 24 saat sonra olmak üzere 14 günlük bir dönemde ikinci kez uygulanmıştır. Hem FlaA hem de adjuvan ile tedavi edilen balıklar, *V. anguillarum*'a karşı % 65-75 kümülatif ölüm oranı göstermiştir. Kontrol grubunda ise % 100 ölüm tespit edilmiştir. Ancak, bu yöntemin dezavantajı, balık için muhtemelen stresli bir uygulama olması ve bu kadar kısa bir süre içinde işlem maliyetlerini artıran iki ayrı enjeksiyonun kullanılmasıdır. Hem antijeni hem de adjuvanı içeren tek bir enjeksiyonla uygulanabilen bir formülasyon, saha kullanımına uygun bir aşı için tercih edilebilir olacaktır (Miccoli vd., 2021). Sazanların bahar virüsü virüsüne karşı rekombinant G proteinini baculovirus içinde içeren intraperitoneal enjekte edilebilir bir subunit aşı geliştirilmiştir. Ayrıca, *Aeromonas hydrophila* (Poobalane vd., 2010) gibi patojene karşı koruyucu bağışıklık yanıtlarını tetiklemek için rekombinant aşı teknolojisi kullanılmıştır.

Peptid aşları, subunit aşlar kapsamında olup bir taşıyıcı protezin yüzeyindeki sentetik peptitler veya küçük amino asit bölgelerinden oluşmaktadır (Şekil 2). Potansiyel bağışıklık tepkisi oluşturabilen küçük amino asit bölgesi, sentezlenir ve sentetik peptit, bağışıklık tepkisi oluşturmak için aşı olarak kullanılır. Bunlara peptid aşları denir, çünkü bağışıklık tepkisi ve bellek oluşturma potansiyelleri vardır. Kısa peptitler, bazı yüzey taşıyıcı proteinlere bağlanır ve aşı olarak kullanılır. Bunlar çok basit ve güvenlidir, ancak düşük immünojenite nedeniyle balıklarda kullanımları sınırlıdır (Bedekar ve Kole, 2022).

Tablo 3. Balıklarda virüs enfeksiyonlara karşı kullanılan DNA aşılı (Pandey ve Parhi, 2021).

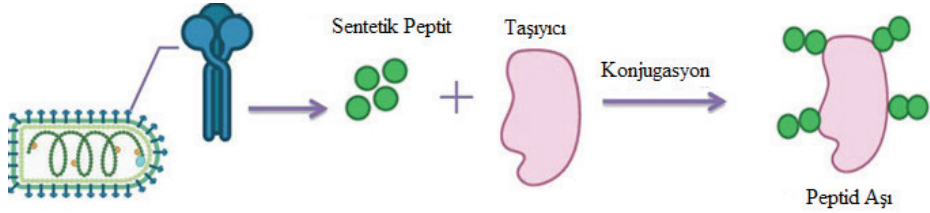
Patojen	Balık türü (ağırlık)	Aşı	Uygulama şekli	Doz (µg/balık)	RPS	Kaynak
Viral Hemorajik septisemi (VHSV)	Gökkuşáğı alabalđı (3-4 g)	pcDNA3-vhsG	IM	0.1, 1	% 97-100	Lorenzen vd., (2000)
	Gökkuşáğı alabalđı (10 ve 100 g)	pcDNA3-vhsG	IM ve IP	0.1, 1	10 g: IM: %80-90; IP: %0-35 100 g: IM: %;92-96 IP: 0%-48	McLauchlan vd., (2003)
	Gökkuşáğı alabalđı (2 g)	pcDNA3-vhsG pcDNA3-ihnG	IM	1	pcDNA3-vhsG: %98-100 pcDNA3-ihnG: %95-97	Lorenzen vd., (2009)
	Gökkuşáğı alabalđı (3.5 g)	pcDNA3-CMVvhsG pcDNA3-Mx-vhsG	IM	1	%67.8-100	Sepúlveda vd., (2019)
	Çizgili Turna balđı (56 g)	pVHSivb-G	IM	10	% 45	Millard vd., (2017)
	Dil Balđı (3 g)	pCMV-VHSg	IM	10	% 93-100	Byon vd., (2005)
	Dil Balđı (3.62 g)	pFC-vG-iR155	IM	1	%91.7-100	Lim ve diğ., (2019)
İnfeksiyöz hematopoetik nekrozis virüs (IHNV)	Gökkuşáğı alabalđı (1.8 g)	pIHNVw-G	IM	0.1	%100	Corbeil vd., (2000a)
	Gökkuşáğı alabalđı (1.8 g)	pIHNVw-G	IM	0.1	%71.8- 82.3	Corbeil vd., (2000b)
	Gökkuşáğı alabalđı (120 g)	pIHNVw-G	IM	1, 10, 25	%100	La Patra vd., (2000)
	Gökkuşáğı alabalđı (1.2-4 g)	pM and pU	IM	1	%93-96	Peñaranda vd., (2011)
	Atlantic salmon (57 g;-71 g)	pCMV4-G	IM	25	%90-93	Traxler vd., (1999)
	Chinook salmon (3g) Sockeye Salmon (3g)	pIHNVw-G	IM	0.1, 1	Chinook: %71-78 Sockeye: %61-86	Garver vd., (2005)

VHSV/IHNV	Gökkuşığı alabalığı (2 g)	pcDNA3-vhsG + pcDNA3-ihhG	IM	1	VHSV: %90 IHNV: %88 VHSV+IHNV: %85	Einer-Jensen vd., (2009)
Sazanların Bahar Viremisi (SVCV)	Sazan (11.4 g)	pCMViGF + pVRI223/GF	IM	25	% 48	Kanellos vd., (2006)
	Sazan (4 g)	pEGFP-G	Immersion	Imm: 20, 40 mg/L	mmersion: %45–57.5	Zhang vd., (2017)
	Sazan (4 g)	pcDNA-M	IM	10	% 51.3	Zhang vd., (2018)
	Sazan (4 g)	pEGFP-M	Immersion	35 mg/L	% 46.3	Zhang vd., (2019b)
	Sazan (5 g)	BG/pEG-G	IM	1	% 81.48	Zhang vd., (2019a)
İnfeksiyöz Salmon anemi virus (ISAV)	Atlantik salmon (10 ve 100 g)	pEGFP-HE	IM	0.5, 5, 10	% 39.5–60.5	Mikalsen vd., (2005)
Salmonid alphavirus	Atlantik salmon (46 g)	pmaxFP-E1 + pmaxFP-E2	IM	20	% 79	Xu ve diğ., (2012)
	Atlantik salmon (30 g)	pCSP	IM	15	%0	Chang vd., (2017)
İnfeksiyöz pankreatik nekrozis virus (IPNV)	Gökkuşığı alabalığı (1–1.5 g)	pcDNA-VP2	Oral	10	%67–83	Ana vd., (2010)
	Gökkuşığı alabalığı (1.5 g)	pcDNA-VP2	Oral	30	%78.2–85.9	Ballesteros vd., (2014)
	Gökkuşığı alabalığı (1.5 g)	pcDNA-VP2	Oral	10	%60	Ballesteros vd., (2015)
	Gökkuşığı alabalığı (4–05 g)	pcDNA3.1-VP2	IM	2, 5, 10	% 76.45–88.23	Ahmadivand vd., (2018)

Tablo 4. Balıklarda bakteriyel enfeksiyonlara karşı kullanılan DNA aşıları (Pandey ve Parhi, 2021).

Patojen	Balık türü (ağırlık)	Aşı	Uygulama şekli	Doz (µg/balık)	RPS	Kaynak
<i>Edwardsiella tarda</i>	Dil Balığı (10 g)	pCE6	IM	20	%72	Jiao vd., (2009)
	Dil Balığı (9.6 g)	pN163E6	IM	20	% 70.2	Jiao vd., (2010)
	Dil Balığı (9.3 g)	pCEsa1	IM	25	30 gün: %75 60 gün: %71	Sun vd., (2011)
	Rohu (20 g)	pGPD + IFN	IM	10	%63.16	Kumari vd., (2018)
	Zebra balığı (0.2–0.3 g)	pCL-flgD-IC5a-W	IM	0.1	% 87.3	Liu vd., (2016c)
<i>Aeromonas veronii</i>	Benekli körfez levreği (10 g)	pOMP38P pOMP48P	IM	20	pOMP38P: 53.8% pOMP48P: 60.2% pOMP38P + pOMP48P: 61.6%	Vazquez-Juarez vd., (2005)
<i>Vibrio anguillarum</i>	Asya levreği (10 g)	pVAOMP38	IM	20	% 55.6	Kumar vd., (2007)
	Asya levreği (10 g)	pVAOMP38	Oral	50	%46	Kumar vd., (2008)
	Dil Balığı (35 g)	pOmpK	IM	20	% 50	Xing vd., (2019)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Sazan (6 g)	pEGFP-aerA	IM	1, 5, 10	% 57.3–83.7	Liu vd., (2016b)
<i>V.harveyi</i>	Hani balığı (150–200 g)	pcFlaA	IM	50	%64.7	Qin vd., (2009)
<i>V.parahemolyticus</i>	Kalkan balığı (16.2 g)	EGFP-N1/mvps	IM	10, 50	10µg—%80.55 50µg—%96.11	Liu vd., (2011)
	Kara çipura (80 g)	pEGFP-N2-OMP	Oral	50	% 72.3	Li vd., (2013)
<i>Photobacterium damsela subsp. piscicida</i>	Dil Balığı (10 g)	pPPA1	IM	10	% 69.2–90.9	Kato vd., (2015)
<i>Streptococcus iniae</i>	Kalkan balığı (9 g)	pSia10	IM	25	%73.9-92.3	Sun vd., (2010)
	Kanal Yayın Balığı (50 g)	cENO + pCIL-8	IM	25	30 gün: %80 60 gün: %73.33	Wang vd., (2016)
	Nil tilapia (25 g)	pEno	IM	15	30 gün: %63	Kayansamruaj vd., (2017)

<i>S. agalactiae</i>	Nil tilapia (100 g)	pVAX1-sip	Oral	107,108	%47-57	Huang vd., (2014)
	Nil tilapia (100 g)	SL7207-pVAX1-sip	Oral:	2_109 CFU/ fish	% 57	Zhu vd., (2017)



Şekil 2. Bir peptid aşının hazırlanış aşamaları (Bedekar ve Kole, 2022).

Genel olarak, subunit aşılı geniş bir kullanım yelpazesi sunmaktadır. Hem homolog patojenlere karşı hem de farklı patojenlerin antijenik genlerini birleştirerek çoklu enfeksiyonlara karşı koruma sağlamak için kullanılabilirler. Subunit aşılılarının etkinliği, inaktive edilmiş aşılılar kadar immünojenik olmasalar da, konakçı organizmada mukozal ve hücrel bağışıklık oluşturma yetenekleri önemli ölçüde yüksektir. Subunit aşılılarının genellikle enjeksiyon yoluyla uygulanması ve adjuvanların gerekliliği, kullanımlarının maliyetini artırmaktadır (Du vd., 2022).

3. SONUÇ

Bu derlemede, balıklarda infeksiyöz hastalıkların önlenmesi ve kontrolü için geliştirilen çeşitli aşı türleri incelenmiştir. Canlı-zayıflatılmış aşılıların etkin bağışıklık tepkisi üretebildiği, inaktive edilmiş aşılıların genellikle daha güvenli olduğu ancak bazen etkinliklerinin sınırlı olabileceği ve rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak üretilen aşılıların genetik mühendislik avantajlarıyla daha spesifik ve etkili bağışıklık tepkileri sağlayabileceği ifade edilebilir. Gelişen biyoteknoloji ve immunolojik araştırmalar, aşı geliştirme alanında yeni olanaklar ve stratejiler sunmaktadır. Ancak, aşılıların geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde karşılaşılan zorluklar göz ardı edilemez. Güvenlik, etkinlik ve maliyet gibi faktörlerin dikkate alınması, aşı türlerinin geliştirme ve uygulama sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abdelhamed, H., Lu, J., Shaheen, A., Abbass, A., Lawrence, M.L., Karsi, A., (2013), Construction and evaluation of an Edwardsiella ictaluri fhuC mutant, *Vet Microbiol*, 162, 858–865.
- Adams, A., Thompson, K.D., (2011), Development of diagnostics for aquaculture: challenges and opportunities, *Aquacult Res.*, 42, 93–102.
- Ahmadivand, S., Soltani, M., Behdani, M., Evensen, Ø., Alirahimi, E., Soltani, E., Hassanzadeh, R., Ashrafi-Helan, J., (2018), VP2 (PTA motif) encoding DNA vaccine confers protection against lethal challenge with infectious pancreatic necrosis virus (IPNV) in trout, *Mol. Immunol.*, 94, 61–67
- Ana, I., Saint-Jean, S.R., Pérez-Prieto, S.I., (2010), Immunogenic and protective effects of an oral DNA vaccine against infectious pancreatic necrosis virus in fish, *Fish Shellfish Immunology*, 28 (4), 562–570
- Austin, B., Austin, D.A., Munn, C.B., (2007), *Bacterial fish pathogens: disease of farmed and wild fish* (Vol. 26, p. 552). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Ballesteros, N.A., Saint-Jean, S.R., Perez-Prieto, S.I., (2014). Food pellets as an effective delivery method for a DNA vaccine against infectious pancreatic necrosis virus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum), *Fish Shellfish Immunology*, 37 (2), 220–228
- Ballesteros, N.A., Saint-Jean, S.R., Perez-Prieto, S.I., (2015), Immune responses to oral pcDNA-VP2 vaccine in relation to infectious pancreatic necrosis virus carrier state in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 165 (3–4), 127–137
- Bedekar, M.K., Kole, S. (2022), *Types of Vaccines Used in Aquaculture*. In Fish immune system and vaccines (pp. 45–63). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Bøgwald, J., Dalmo, R.A., (2019), Review on immersion vaccines for fish: an update 2019, *Microorganisms*, 7 (12), 627.
- Bwalya, P., Hang'ombe, B.M., Gamil, A.A., Munang'andu, H.M., Evensen, Ø., Mutoloki, S. (2020), A whole cell *Lactococcus garvieae* autovaccine protects Nile tilapia against infection, *PLoS One*, 15 (3), e0230739
- Byon, J.Y., Ohira, T., Hirono, I., Aoki, T., (2005), Use of a cDNA microarray to study immunity against viral hemorrhagic septicemia (VHS) in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) following DNA vaccination, *Fish Shellfish Immunology*, 18 (2), 135–147.
- Caipang, C.M.A., Hirono, I., Aoki, T., (2005), Induction of antiviral state in fish cells by Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus* interferon regulatory factor-1, *Fish Shellfish Immunology*, 19, 79–91
- Chang, C.J., Gu, J., Robertsen, B., (2017), Protective effect and antibody response of DNA vaccine against salmonid alphavirus 3 (SAV 3) in Atlantic salmon, *J. Fish*

- Dis.*, 40 (12), 1775–1781.
- Choi, S.H., Kim, M.S., Kim, K.H., (2015), Generation of killed but metabolically active (KBMA) *Edwardsiella tarda* and evaluation of its potential as a protective vaccine, *Fish Shellfish Immunology*, 45 (2), 889–894.
- Clem, A.S., (2011), Fundamentals of vaccine immunology, *Journal of Global Infectious Diseases*, 3 (1), 73–78.
- Corbeil, S., Kurath, G., LaPatra, S.E., (2000a), Fish DNA vaccine against infectious hematopoietic necrosis virus: efficacy of various routes of immunisation. *Fish Shellfish Immunol* 10 (8), 711–723.
- Corbeil, S., LaPatra, S.E., Anderson, E.D., Kurath, G., (2000b), Nanogram quantities of a DNA vaccine protect rainbow trout fry against heterologous strains of infectious hematopoietic necrosis virus, *Vaccine*, 18 (25), 2817–2824.
- Dash, S., Das, S.K., Samal, J., Ojha, P.K., Patra, J.K., Thatoi, H., (2011), Dose dependence specific and non-specific immune responses of Indian major carp to intraperitoneal injection of formalin killed *Aeromonas hydrophila* whole cell vaccine, *Vet. Res. Comm.*, 35 (8), 541–52.
- Demento, S.L., Siefert, A.L., Bandyopadhyay, A., Sharp, F.A., Fahmy, T.M., (2011), Pathogen-associated molecular patterns on biomaterials: A paradigm for engineering new vaccines, *Trends in Biotechnology*, 29 (6), 294–306.
- Deshmukh, S., Raida, M.K., Dalsgaard, I., Chettri, J.K., Kania, P.W., Buchmann, K., (2012), Comparative protection of two different commercial vaccines against *Yersinia ruckeri* serotype O1 and biotype 2 in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 145: 379–85.
- Du, Y., Hu, X., Miao, L., Chen, J., (2022), Current status and development prospects of aquatic vaccines, *Frontiers in Immunology*, 13, 1040336.
- Duff, D.C.B., (1942), The oral immunization of trout against *Bacterium salmonicida*, *Journal of Immunology*, 44, 87–94.
- Einer-Jensen, K., Delgado, L., Lorenzen, E., Bovo, G., Evensen, Ø., LaPatra, S., Lorenzen, N., (2009), Dual DNA vaccination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against two different rhabdoviruses, VHSV and IHNV, induces specific divalent protection, *Vaccine*, 27 (8), 1248–1253.
- Emmenegger, E.J., Kurath, G., (2008), DNA vaccine protects ornamental koi (*Cyprinus carpio* koi) against North American spring viraemia of carp virus, *Vaccine*, 26, 6415–6421
- Evans, J.J., Klesius, P.H., Shoemaker, C.A., (2004), Efficacy of *Streptococcus agalactiae* (group B) vaccine in tilapia (*Oreochromis niloticus*) by intraperitoneal and bath immersion administration, *Vaccine*, 22, 3769–73.
- Foged, C., (2011), Subunit vaccines of the future: The need for safe, customized and optimized particulate delivery systems, *Therapeutic Delivery*, 2 (8), 1057–1077.
- Frierson, J.G., (2010), The yellow fever vaccine: A history, *The Yale Journal of Biology and Medicine*, 83 (2), 77–85.

- Fryer, J.L., Lannan, C.N., Giovannoni, S.J., Wood, N.D., (1992), Piscirickettsia salmonis gen the causative agent of an epizootic disease in salmonid fishes, *Int. J. Sys. Evol. Micro.*, 1992, 42, 120–6.
- Fujihara, M.P., Nakatani, R.E., (1971), Antibody protection and immune responses of rainbow trout coho salmon to *Chondrococcus columnaris*, *J. Fish Res.*, 28, 1253–1258.
- Garve, K.A., LaPatra, S.E., Kurath, G., (2005), Efficacy of an infectious hematopoietic necrosis (IHN) virus DNA vaccine in Chinook *Oncorhynchus tshawytscha* and sockeye *O. nerka* salmon, *Dis. Aquat. Organ.*, 64 (1), 13–22.
- Hobernik, D., Bros, M., (2018)., DNA vaccines-how far from clinical use?, *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (11).
- Hu, Y.H., Sun, L., (2011), A bivalent *Vibrio harveyi* DNA vaccine induces strong protection in Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Vaccine*, 29 (26), 4328–4333.
- Huang, L.Y, Wang, K.Y., Xiao, D, Chen, D.F., Geng, Y., Wang, J., He, Y., Wang, E.L., Huang, J.L., Xiao, G.Y., (2014), Safety and immunogenicity of an oral DNA vaccine encoding Sip of *Streptococcus agalactiae* from Nile tilapia *Oreochromis niloticus* delivered by live attenuated *Salmonella typhimurium*, *Fish Shellfish Immunology*, 38 (1), 34–41
- Jiao, X.D., Zhang, M., Hu, Y.H., Sun, L., (2009), Construction and evaluation of DNA vaccines encoding *Edwardsiella tarda* antigens, *Vaccine*, 27 (38), 5195–5202.
- Jiao, X.D., Hu, Y.H., Sun, L., (2010), Dissection and localization of the immunostimulating domain of *Edwardsiella tarda* FliC, *Vaccine*, 28 (34), 5635–5640.
- Kanellos, T., Sylvester, I.D., D’Mello, F., Howard, C.R., Mackie, A., Dixon, P.F., Chang, K.C., Ramstad, A., Midtlyng, P.J., Russell, P.H., (2006), DNA vaccination can protect *Cyprinus Carpio* against spring viraemia of carp virus, *Vaccine* 24 (23), 4927–4933.
- Karch, C.P., Burkhard, P., (2016), Vaccine technologies: From whole organisms to rationally designed protein assemblies, *Biochemical Pharmacology*, 120, 1-14.
- Kato, G., Yamashita, K., Kondo, H., Hirono, I., (2015), Protective efficacy and immune responses induced by a DNA vaccine encoding codon-optimized PPA1 against *Photobacterium damsela* subsp. *piscicida* in Japanese flounder, *Vaccine*, 33 (8), 1040–1045.
- Kayansamruaj, P., Dong, H.T., Pirarat, N., Nilubol, D., Rodkhum, C., (2017), Efficacy of α -enolase-based DNA vaccine against pathogenic *Streptococcus iniae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture*, 468, 102–106.
- Kim, M.S., Kim, K.H., (2019), Genetically engineered viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV) vaccines, *Fish Shellfish Immunology*, 95, 11–15.
- Kim, H., Baek, K.W., Ko, E.J., Luan, N.T., Lim, Y., Roh, H.J., (2020), Genome based quantification of VHSV in multiple organs of infected olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) using real-time PCR, *Genes Genomics*, 42, 773–777.
- Kubilay, A., Altun, S., Ulukoy, G., Ekici, S., Diler, O., (2006), Immunization of rainbow

- trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Lactococcus garvieae* using vaccine mixtures, *Isr. J. Aquaculture*, 60, 268–273.
- Kumar, S.R., Parameswaran, V., Ahmed, V.I., Musthaq, S.S., Hameed, A.S., (2007), Protective efficiency of DNA vaccination in Asian seabass (*Lates calcarifer*) against *Vibrio anguillarum*, *Fish Shellfish Immunology*, 23 (2), 316–326.
- Kumar, S.R., Ahmed, V.I., Parameswaran, V., Sudhakaran, R., Babu, V.S., Hameed, A.S., (2008), Potential use of chitosan nanoparticles for oral delivery of DNA vaccine in Asian sea bass (*Lates calcarifer*) to protect from *Vibrio (Listonella) anguillarum*, *Fish Shellfish Immunology*, 25 (1–2), 47–56.
- Kumari, R., Kole, S., Soman, P., Rathore, G., Tripathi, G., Makesh, M., Rajendran, K.V., Bedekar, M.K., (2018), Bicistronic DNA vaccine against *Edwardsiella tarda* infection in *Labeo rohita*: construction and comparative evaluation of its protective efficacy against monocistronic DNA vaccine, *Aquaculture*, 485, 201–209.
- Kwon, H.C., Kang, Y.J., (2016), Effects of a subunit vaccine (FlaA) and immunostimulant (CpG-ODN 1668) against *Vibrio anguillarum* in tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquaculture*, 454, 125–129.
- LaPatra, S.E., Corbeil, S., Jones, G.R., Shewmaker, W.D., Kurath, G., (2000), The dose-dependent effect on protection and humoral response to a DNA vaccine against infectious hematopoietic necrosis (IHN) virus in subyearling rainbow trout, *J. Aquat. Anim. Health*, 12 (3), 181–188.
- LaPatra, S.E., Plant, K.P., Alcorn, S., Ostland, V., Winton, J., (2010), An experimental vaccine against *Aeromonas hydrophila* can induce protection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), *J. Fish Dis.*, 33 (2), 143–151.
- Lauring, A.S., Jones, J.O., Andino, R. (2010), Rationalizing the development of live attenuated virus vaccines, *Nature Biotechnology*, 28 (6), 573–579.
- Leal, C.A.G., Carvalho-Castro, G.A., (2010), Sacchitin PSC, Lopes CO, Moraes AM, Figueiredo HCP. Oral and parental vaccines against *Flavobacterium columnare*: evaluation of humoral immune response by ELISA and in vivo efficiency in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Aquacult Int.*, 18, 657–666.
- Lee, S., Nguyen, M.T., (2015), Recent advances of vaccine adjuvants for infectious diseases, *Immune Network.*, 15 (2), 51–57.
- Li, L., Lin, S.L., Deng, L., Liu, Z.G., (2013), Potential use of chitosan nanoparticles for oral delivery of DNA vaccine in black seabream *Acanthopagrus schlegelii* Bleeker to protect from *Vibrio parahaemolyticus*, *J. Fish Dis.*, 36 (12), 987–995.
- Lim, H.J., Abdellaoui, N., Kim, K.H., (2019), Effect of miR-155 as a molecular adjuvant of DNA vaccine against VHSV in olive flounder (*Paralichthys olivaceus*), *Fish Shellfish Immunology*, 88, 225–230.
- Liu, R., Chen, J., Li, K., Zhang, X., (2011), Identification and evaluation as a DNA vaccine candidate of a virulence-associated serine protease from a pathogenic *Vibrio parahaemolyticus* isolate, *Fish Shellfish Immunol* 30 (6), 1241–1248.
- Liu, F., Tang, X., Sheng, X., Xing, J., Zhan, W., (2016a), DNA Vaccine encoding mole-

- cular chaperone GroEL of *Edwardsiella tarda* confers protective efficacy against edwardsiellosis, *Mol., Immuno.*, 79, 55–65.
- Liu, L., Gong, Y.X., Liu, G.L., Zhu, B., Wang, G.X., (2016b), Protective immunity of grass carp immunized with DNA vaccine against *Aeromonas hydrophila* by using c molecule, *Fish Shellfish Immunol.*, 55, 516–522.
- Liu, X., Xu, J., Zhang, H., Liu, Q., Xiao, J., Zhang, Y., (2016c), Design and evaluation of an *Edwardsiella tarda* DNA vaccine co-encoding antigenic and adjuvant peptide, *Fish Shellfish Immunology*, 59, 189–195.
- Liu, L., Lu, D.Q., Xu, J., Luo, H.L., Li, A.X., (2019), Development of attenuated erythromycin-resistant *Streptococcus agalactiae* vaccine for tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture, *J. Fish Dis.*, 42, 693–701.
- Lorenzen, E., Einer-Jensen, K., Martinussen, T., LaPatra, S.E., Lorenzen, N., (2000), DNA vaccination of rainbow trout against viral hemorrhagic septicemia virus: a dose–response and time–course study, *J. Aquat. Anim. Health*, 12 (3), 167–180.
- Lorenzen, N., La Patra, S.E., (2005), DNA vaccines for aquaculture, *Revue Scientifique et Technique de L'Office des Epizooties*, 24 (1), 201–213.
- Ma, J., Bruce, T.J., Sudheesh, P.S., Knupp, C., Loch, T.P., Faisal, M., Cain, K.D., (2019a), Assessment of cross protection to heterologous strains of *Flavobacterium psychrophilum* following vaccination with a live-attenuated cold water disease immersion vaccine, *J. Fish Dis.*, 42, 75–84.
- Ma, R., Yang, G., Xu, R., Liu, X., Zhang, Y., Ma, Y., Wang, Q., (2019b), Pattern analysis of conditional essentiality (PACE)-based heuristic identification of an in vivo colonization determinant as a novel target for the construction of a live attenuated vaccine against *Edwardsiella piscicida*, *Fish Shellfish Immunol.*, 90, 65–72.
- Madetoja, J., Lönnström, L.G., Björklom, C., Uluköy, G., Bylund, G., Syvertsen, C., Gravingen, K., Norderhus, E.A., Wiklund, T., (2006), Efficacy of injection vaccines against *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), *J. Fish Dis.*, 29, 9–20.
- Makesh, M., Rojendran, K.V., (2022), Fish immune system and vaccines, Singapore, Springer Nature Singapore Pte Ltd.
- McCarthy, D.H., Croy, T.R., Amend, D.F., (1984), Immunization of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, against bacterial kidney disease: preliminary efficacy evaluation, *J. Fish Dis.*, 7, 65–71.
- McLauchlan, P.E., Collet, B., Ingerslev, E., Secombes, C.J., Lorenzen, N., Ellis, A.E., (2003), DNA vaccination against viral haemorrhagic septicemia (VHS) in rainbow trout: size, dose, route of injection and duration of protection early protection correlates with Mx expression, *Fish Shellfish Immunol.*, 15 (1), 39–50.
- Miccoli, A., Manni, M., Picchiatti, S., Scapigliati, G., (2021), State-of-the-art vaccine research for aquaculture use: The case of three economically relevant fish species, *Vaccines*, 9 (2), 140.

- Mikalsen, A.B., Sindre, H., Torgersen, J., Rimstad, E., (2005), Protective effects of a DNA vaccine expressing the infectious salmon anemia virus hemagglutinin-esterase in Atlantic salmon. *Vaccine*, 23 (41), 4895–4905.
- Mikkelsen H, Lund V, Larsen R, Seppola M (2011) Vibriosis vaccines based on various sero-subgroups of *Vibrio anguillarum* O2 induce specific protection in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) juveniles. *Fish Shellfish Immunol.*, 30 (1), 330–339.
- Millard, E.V., Bourke, A.M., LaPatra, S.E., Brenden, T.O., Fitzgerald, S.D., Faisal, M., (2017), DNA vaccination partially protects muskellunge against viral hemorrhagic septicemia virus (VHSV-IVb), *J. Aquat. Anim. Health*, 29 (1), 50–56.
- Mohamad, A., Zamri-Saad, M., Amal, M.N.A., Al-Saari, N., Monir, M.S., Chin, Y.K., Yasin, I.S., (2021), Vaccine efficacy of a newly developed feed-based whole-cell polyvalent vaccine against Vibriosis, Streptococcosis and Motile Aeromonad Septicemia in Asian seabass, *Lates calcarifer*, *Vaccines*, 9 (4), 368.
- Mondal, H., Thomas, J., (2022), A review on the recent advances and application of vaccines against fish pathogens in aquaculture, *Aquaculture International*, 30 (4), 1971-2000.
- Moore, A.A., Eimers, M.E., Cardella, M.A., (1990), Attempts to control *Flexibacter columnaris* epizootics in pond-reared channel catfish by vaccination. *J. Aquat Anim Health*, 2, 109–111.
- Moyle, P.M., Toth, I., (2013), Modern subunit vaccines: Development, components, and research opportunities, *Chem. Med. Chem.*, 8 (3), 360-376.
- Nusbaum, K.E., Smith, B.F., DeInnocentes, P., Bird, R.C., (2002), Protective immunity induced by DNA vaccination of channel catfish with early and late transcripts of the channel catfish herpesvirus (IHV-1), *Vet. Immunol. Immunopathol.*, 84, 151–168.
- Oli, A.N., Rowaiye, A.B., 2022, Vaccine types and reverse vaccinology, In *Vaccinology and Methods in Vaccine Research*, Academic Press.
- Pandey, P.K., Parhi, J., (2021), *Advances in fisheries biotechnology*, Springer.
- Peñaranda, M.M., LaPatra, S.E., Kurath, G., (2011), Specificity of DNA vaccines against the U and M genogroups of infectious hematopoietic necrosis virus (IHNV) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Fish Shellfish Immunology*, 31 (1), 43–51.
- Petrovsky, N., Aguilar, J.C., (2004), Vaccine adjuvants: Current state and future trends, *Immunology and Cell Biology*, 82 (5), 488–496.
- Poobalane, S., Thompson, K.D., Ardo, L., Verjan, N., Han, H.J., Jeney, G., Hirono, I., Aoki, T., Adams, A., (2010), Production and efficacy of an *Aeromonas hydrophila* recombinant S-layer protein vaccine for fish, *Vaccine*, 28 (20), 3540–3547.
- Pridgeon, J.W., Klesius, P.H., (2011), Development and decay of novobiocin and rifampicin-resistant *Aeromonas hydrophila* as novel vaccines in channel catfish and Nile tilapia, *Vaccine*, 2011;29: 7896–904.
- Qin, Y., Su, Y., Wang, S., Yan, Q., (2009), Immunogenicity and protective efficacy of *Vibrio harveyi* pCflaA DNA vaccine in *Epinephelus awoara*, *Chinese J. Oceanogr. Fish.*

nol. Limnol., 27 (4), 769.

- Rahman, M.H., Ototake, M., Lida, Y., Yuichi, Y., Nakanishi, T., (2000), Efficacy of oil-adjuvanted vaccine for Coldwater disease in ayu *Plecoglossus altivelis*, *Fish Pathol.*, 35, 199–203.
- Rahman, M.H., Ototake, M., Nakanishi, T., (2003), Water-soluble adjuvants enhance the protective effect of *Flavobacterium psychrophilum* vaccines in ayu *Plecoglossus altivelis*, *Fish Pathol.*, 38, 171–176.
- Ransom, D.P., (1975), Immune responses of salmonids: A) Oral immunization against *Flexibacter columnaris*. B) Effects of combining antigens in parenterally administered polyvalent vaccines, MA thesis, Oregon State University, Corvallis.
- Ravelo, C., Magarinos, B., Herrero, M.C., Costa, L., Toranzo, A.E., Romalde, J.L., (2006), Use of adjuvanted vaccines to lengthen the protection against lactococcosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 251, 153–158.
- Romstad, A.B., Reitan, L.J., Midtlyng, P., Gravningen, K., Emilsen, V., Evensen, Ø., (2014), Comparison of serological potency assay for furunculosis vaccines (*Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*) to intraperitoneal challenge in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), *Biologicals*, 42 (2), 86–90.
- Sanders, B., Koldijk, M., Schuitemaker, H., (2014), Inactivated viral vaccines, *Vaccine Analysis: Strategies, Principles, and Control.*, 45-80.
- Sepúlveda D., Lorenzen, E., Rasmussen, J.S., Einer-Jensen, K., Collet, B., Secombes, C.J., Lorenzen, N., (2019), Time-course study of the protection induced by an interferon-inducible DNA vaccine against viral haemorrhagic septicaemia in rainbow trout, *Fish Shellfish Immunology*, 85, 99–105.
- Shoemaker, C.A., Klesius, P.H., Drennan, J.D., Evans, J.J., (2011), Efficacy of a modified live *Flavobacterium columnare* vaccine in fish, *Fish Shellfish Immunology*, 30 (1), 304–308.
- Sun, Y., Hu, Y.H., Liu, C.S., Sun, L., (2010), Construction and analysis of an experimental *Streptococcus iniae* DNA vaccine, *Vaccine* 28 (23), 3905–3912.
- Sun, Y., Liu, C.S., Sun, L., (2011), Construction and analysis of the immune effect of an *Edwardsiella tarda* DNA vaccine encoding a D15-like surface antigen, *Fish Shellfish Immunology*, 30 (1), 273–279.
- Sun, Y., Hu, Y.H., Liu, C.S., Sun, L., (2012), Construction and comparative study of monovalent and multivalent DNA vaccines against *Streptococcus iniae*, *Fish Shellfish Immunology*, 33, 1303–1310.
- Thune, R.L., Fernandez, D.H., Battista, J.R., (1999), An *aroA* mutant of *edwardsiella ictaluri* is safe and efficacious as a live, attenuated vaccine, *J. Aquat. Anim. Health*, 11, 358–372.
- Tian, J.Y., Sun, X.Q., Chen, X.G., (2008), Formation and oral administration of alginate microspheres loaded with pDNA coding for lymphocystis disease virus (LCDV) to Japanese flounder, *Fish Shellfish Immunology*, 24, 592–599.
- Tinsley, J.W., Austin, D.A., Lyndon, A., Austin, B., (2011), Novel non-motile phenoty-

- pes of *Yersinia ruckeri* suggest expansion of the current clonal complex theory, *J. Fish Dis.*, 34, 311–317.
- Toranzo, A.E., Magariños, B., Romalde, J.L., (2005), A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems, *Aquaculture*, 246 (1), 37–61.
- Trung, T., Tsai, M.A., Yang, C.D., Wang, P.C., Kuo, T.Y., Gabriel, H.C., Chen, S.C., (2014), Vaccine efficacy of glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase (GAP-DH) from *Edwardsiella ictaluri* against *E. tarda* in tilapia, *J. Gen Appl. Microbiol.*, 60 (6), 241–250.
- Vartak, A., Sucheck, S.J., (2016), Recent advances in subunit vaccine carriers, *Vaccines (Basel)*, 4 (2), 12.
- Vazquez-Juarez, R.C., Gomez-Chiarri, M., Barrera-Saldaña, H., Hernandez-Saavedra, N., Dumas, S., Ascencio, F., (2005), Evaluation of DNA vaccination of spotted sand bass (*Paralabrax maculato fasciatus*) with two major outer-membrane protein-encoding genes from *Aeromonas veronii*, *Fish Shellfish Immunology*, 19 (2), 153–163.
- Villumsen, K.R., Koppang, E.O., Raida, M.K., (2015), Adverse and long-term protective effects following oil-adjuvanted vaccination against *Aeromonas salmonicida* in rainbow trout, *Fish Shellfish Immunol.*, 42 (1), 193–203.
- Vivas, J., Carracedo, B., Riaño, J., Razquin, B.E., López-Fierro, P., Acosta, F., (2004), Behavior of an *Aeromonas hydrophila* aroA live vaccine in water microcosms, *Appl. Environ. Microbiol.*, 70, 2702–2708.
- Wang, E., Long, B., Wang, K., Wang, J., He, Y., Wang, X., Yang, Q., Liu, T., Chen, D., Geng, Y., Huang, X., (2016), Interleukin-8 holds promise to serve as a molecular adjuvant in DNA vaccination model against *Streptococcus iniae* infection in fish, *Oncotarget*, 7 (51), 83938.
- Xing, J., Xui, H., Tang, X., Sheng, X., Zhan, W., A (2019), DNA vaccine encoding the VAA gene of *Vibrio anguillarum* induces a protective immune response in flounder, *Front Immunology*, 10, 499–502.
- Xing, J., Jiang, X., Xu, H., Sheng, X., Tang, X., Chi, H., (2021), Local immune responses to VAA DNA vaccine against *Listonella anguillarum* in flounder (*Paralichthys olivaceus*), *Mol. Immunology*, 134, 141–149.
- Xu, C., Mutoloki, S., Evensen, Ø., (2012), Superior protection conferred by inactivated whole virus vaccine over subunit and DNA vaccines against salmonid alphavirus infection in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), *Vaccine*, 30 (26), 3918–3928.
- Xu, D.H., Zhang, D., Shoemaker, C., Beck, B., (2020), Dose effects of a DNA vaccine encoding immobilization antigen on immune response of channel catfish against *Ichthyophthirius multifiliis*, *Fish Shellfish Immunology*, 106, 1031–1041.
- Yamasaki, M., Araki, K., Maruyoshi, K., Matsumoto, M., Nakayasu, C., Moritomo, T., (2015), Comparative analysis of adaptive immune response after vaccine trials using live attenuated and formalin-killed cells of *Edwardsiella tarda* in ginbuna crucian carp (*Carassius auratus langsdorfii*), *Fish Shellfish Immunology*, 45,

437– 442.

- Yang, J., Yang, X., Su, Y., Peng, X., Li, H., (2021), Activation of the TCA cycle to provide immune protection in zebrafish immunized by high magnesium-prepared vibrio alginolyticus vaccine, *Front Immunol.*, 12, 739591.
- Zhang, H.G., Hanson, L.A., (1995), Deletion of thymidine kinase gene attenuates channel catfish herpesvirus while maintaining infectivity, *Virology*, 209, 658–63.
- Zhang, H., Chen, M., Xuan, Y., Yi Xu, G., (2020a), Rui Chen J, Ming Wang Y, Yuan-Huan Y., Xiao-Jeng F., Ling-Cong K., Hong-Xia M., An effective live attenuated vaccine against *Aeromonas veronii* infection in the loach (*Misgurnus anguillicaudatus*), *Fish Shellfish Immunology*, 104, 269–78.
- Zhang, D., Gao, Y., Li, Q., Ke, X., Liu, Z., Lu, M., Shi, C., (2020b), An effective live attenuated vaccine against *Streptococcus agalactiae* infection in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), *Fish Shellfish Immunology*, 98, 853-859.
- Zhou, S., Tu, X., Pang, H., Hoare, R., Monaghan, S.J., Luo, J., Jian, J., (2020), A T3SS regulator mutant of *Vibrio alginolyticus* affects antibiotic susceptibilities and provides significant protection to *Danio rerio* as a live attenuated vaccine, *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 183-186.
- Zhu, L., Yang, Q., Huang, L., Wang, K., Wang, X., Chen, D., Geng, Y., Huang, X., Ouyang, P., Lai, W., (2017), Effectivity of oral recombinant DNA vaccine against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia, *Dev. Comp. Immunol.*, 77, 77–87



Bölüm 5

TURNA BALIĞI (*Esox lucius* L., 1758)'NDA MORFOMETRİK KARAKTERLER İLE BALIK BOYU ARASINDAKİ İLİŞKİLER

*Okan YAZICIOĞLU*¹

*Ramazan YAZICI*²

*Mahmut YILMAZ*³

1 Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 0000-0003-4302-2181, oknyzcoglu@gmail.com

2 Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, 0000-0003-2274-0707, rmznyzci@gmail.com

3 Prof. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, 0000-0002-0118-9111, myilmaz@ahievran.edu.tr

GİRİŞ

Morfometri, biyolojik organizmaların şekil ve boyutlarını inceleyen bir bilim dalıdır. Balık morfometrisi ise bu disiplini, sucul yaşamın en çeşitli ve karmaşık formlarından birine odaklayarak zenginleştirir. Balıkların vücut yapıları, yüzgeçleri ve kuyruk yapıları arasındaki çok küçük farklar, sadece türlerin sınıflandırılmasında değil, aynı zamanda ekosistemlerdeki rol ve etkileşimlerinin anlaşılmasında da kritik bir rol oynar. Balıkların morfometrik karakterler meristik ve morfometrik karakterler olmak üzere ikiye ayrılır (Johnny vd., 2016). Meristik karakterler, embriyo veya larvalarda sabit olan ayrı, seri olarak tekrarlanan, sayılabilir yapıların sayısıdır (Turan vd., 2006). Morfometrik karakterler, vücut şeklinin yönlerini tanımlayan sürekli karakterlerdir ve bu karakterler balıkçılık biyolojisinde farklı balık stokları arasındaki olası farklılıkları belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Qadri vd., 2017). Bir balık türünün stokları arasındaki morfometrik farklılıkların, populasyon yapısının değerlendirilmesi ve stokları belirlenmesine temel oluşturması açısından önemli olduğu kabul edilmektedir (Tripathy, 2020). Morfometrik karakterler, balıkların taksonomisini, anatomisini, büyüme özelliklerini, cinsiyet farklılıklarını ve stok durumunu anlamak için kullanıldığından dolayı balık biyolojisi araştırmalarında kullanılan önemli değişkenlerden biridir (Yazici ve Yazicioğlu, 2020).

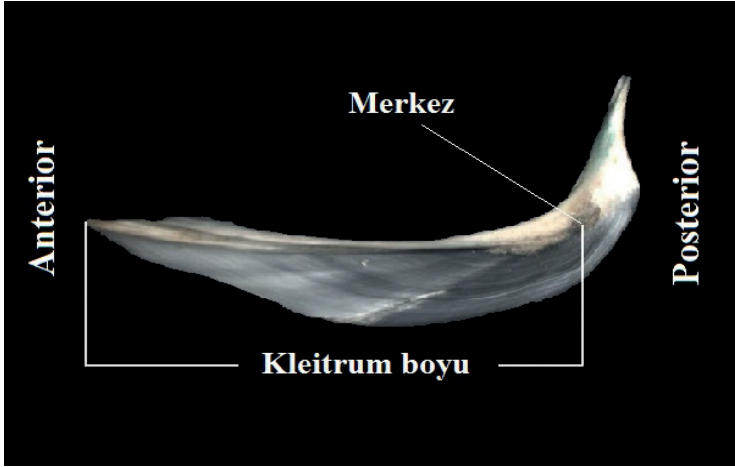
Balıklarda, farklı vücut bölgelerinin ve bileşenlerinin göreceli büyümesinden dolayı morfometrik analiz, balıkların biyolojisinin incelenmesinde önemli bir anahtardır (Gonzalez-Martinez vd., 2021). Balıkların çeşitli vücut kısımları arasındaki morfometrik ilişkiler, bireylerin iyi gelişebilmesini değerlendirmek ve aynı türün farklı birim stokları arasındaki olası farklılıkları belirlemek için de kullanılır (King, 2007). Bu çalışma ile Sıddıklı Baraj Gölü'nde yaşayan Turna balığında morfometrik karakterler ile balık boyu arasındaki ilişkiler ortaya çıkarılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Kırşehir ilinin 40 km batısında Sıddıklı Küçükboğaz Köyü yakınlarında yer alan baraj gölü sulama amacıyla yapılmıştır. Sıddıklı Küçükboğaz Barajı'nın yüzey alanı 1,65 km², hacmi 28,5 hm³ ve gövde yüksekliği 53 m'dir. Baraj sayesinde 4945 ha tarım alanının sulaması yapılmaktadır. Ayrıca baraj gölünde ekonomik anlamda balıkçılık faaliyetleri yürütülmektedir (Yazıcı, 2018)

Araştırma materyalini oluşturan toplam 131 Turna balığı örneği Eylül 2015- Ağustos 2016 tarihleri arasında gölün farklı bölgelerinden yakalanmıştır. Örneklerin total boyu ± 1 mm'lik bir hassasiyetle ölçülmüştür. İncelenen bireylerde eşey tayini gonadların makroskobik olarak incelenmesi ile yapılmıştır. Her balıkta bulunan kleithra çiftleri çıkartılmış, temizlenmiş ve etiketlenerek zarflarda kuru bir şekilde saklanmıştır. Kleitrum boyu (KB), kleitrumun merkezinden anterior kenara kadar olan mesafe olarak tanımlanmış

(Casselmann, 1979) ve ± 0.01 mm'lik bir hassasiyetle elektronik bir kumpas vasıtasıyla ölçülmüştür. (Şekil 1). Morfometrik karakterlerin ölçüm hatları Tablo 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Turna Balığı'nda sağ kleitrum (SKB) ve ölçüm hatları (x3,2)

Balık boyu ile morfometrik karakterler arasındaki ilişkileri en iyi şekilde tanımlayan denklemi belirlemek için doğrusal (liner) ($y = a+bx$) ve doğrusal olmayan (non-liner) ($y = a^*xb$) regresyon modelleri kullanılmıştır. Bu ilişkileri tanımlamak için en yüksek r^2 (belirleme katsayısı) değerine sahip regresyon modeli seçilmiştir (Zar, 1999). Burada 'y' bağımlı değişken, 'x' bağımsız değişken, 'a' sabit (intercept) ve 'b' regresyon katsayısıdır (eğim).

Sağ ve sol kleitrum boyu ölçümleri arasında fark olup olmadığı paired t-testi ile tespit edilmiştir. Dişi ve erkek bireylerde morfometrik karakterlerin (TB, VY, BB, BY ve KB) ölçümleri arasında fark olup olmadığını tespit etmek için t-testi kullanılmıştır. Dişi ve erkek bireyler arasındaki regresyon denklemlerinin eğimindeki farklılıklar kovaryans analizi (ANCOVA) ile test edilmiştir. İstatistiksel analizler Minitab 17.0 yazılım paketi ile gerçekleştirilmiş ve tüm istatistiksel analizler %5 anlamlılık düzeyinde ($P < 0,05$) değerlendirilmiştir.

Tablo 1: Sıddıklı Baraj Gölü'ndeki Turna balığında morfometrik ölçümlerin tanımı

Morfometrik karakterler	Kısaltma	Balık Üzerinde Tanımı
Total Boy	TB	Burun ucundan kuyruk yüzgecinin ucuna kadar uzanan mesafe
Vücut Yüksekliği	VY	Balığın dorsal ve ventral bölgesi arasındaki en uzun mesafe
Baş Boyu	BB	Balığın burun ucundan operkül kemiğinin arka ucuna kadar olan mesafe
Baş Yüksekliği	BY	Ventral konumda başın en geniş kısmı boyunca olan mesafe
Kleitrum Boyu	KB	Kleitrumun merkezinden anterior ucun sonuna kadar olan mesafe

BULGULAR

Turna balığında, morfometrik karakterler ile total boy (TB) arasındaki ilişkileri belirlemek için toplam 131 örnek incelenmiştir. İncelenen örneklerin 67'si dişi ve 64'ü erkek bireylerden oluşmuştur. İncelenen bireylerin total boyunun (TB) ve morfometrik ölçümlerin (VY, BB, BY ve KB) tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. Tüm örneklerin total boyları 234,0 mm ile 866,0 mm arasında değişmekte olup, örneklemin ortalama total boy değeri 537,51 (Ss = ±105.08 mm) mm olarak hesaplanmıştır. Dişi bireylerde total boy (TB), Vücut yüksekliği (VY), Baş boyu (BB) ve Baş yüksekliğinin (BY) ortalama değerleri, erkek bireylerin ortalama değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Kleitrum uzunluğu incelendiğinde, dişi bireylerin hem sağ hem de sol kleitrum boyunun ortalama değerleri erkek bireylerin sağ ve sol kleitrum boyunun ortalama değerlerinden yüksek çıktığı belirlenmiştir. Buna ilaveten dişi ve erkek bireylerde sol kleitrum boyunun ortalama değerleri, sağ kleitrum boylarının ortalama değerinden yüksek çıkmıştır (Tablo 3).

Tablo 2: Turna balığında morfometrik karakterlere ait tanımlayıcı istatistikler

Morfometrik Karakterler	Cinsiyet	N	Min-Max	Ortalama	Standart sapma
TB	Dişi	67	244-866	583,2	114,5
	Erkek	64	234-583	489,69	67,08
	Tüm Bireyler	131	234-866	537,51	105,08
VY	Dişi	67	39,0-165,0	89,07	21,76
	Erkek	64	28,0-93,0	71,84	11,91
	Tüm Bireyler	131	28,0-165,0	80,66	19,59
BB	Dişi	67	61,0-225,0	142,22	28,56
	Erkek	64	63,0-145,0	118,91	14,80
	Tüm Bireyler	131	61,0-225,0	130,83	25,64
BY	Dişi	67	19,0-82,0	47,55	10,16
	Erkek	64	18,0-51,0	39,41	5,86
	Tüm Bireyler	131	18,0-82,0	43,57	9,25

Tablo 3: Turna balığında sağ ve sol kleitrum ölçümlerinin tanımlayıcı istatistikleri

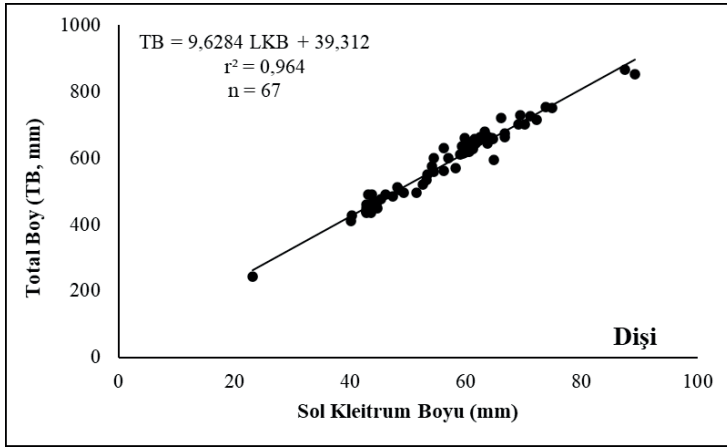
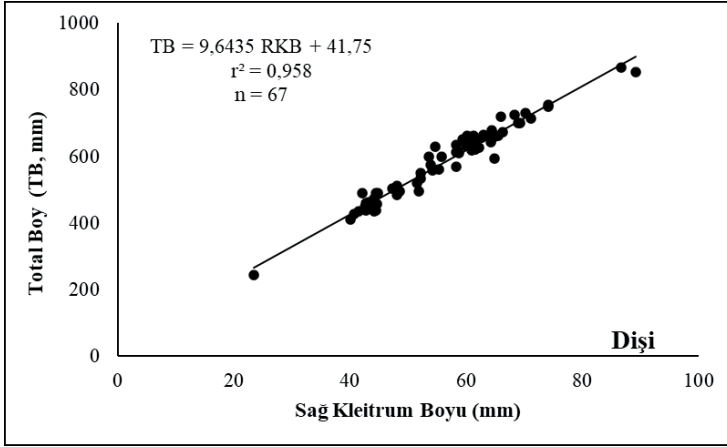
Morfometrik Karakterler	Cinsiyet	N	Bölge	Min-Max	Ortalama	Standart sapma
KB	Dişi	67	Sağ	23,4-89,1	56,15	11,62
			Sol	23,2-89,1	56,49	11,68
	Erkek	64	Sağ	23,1-59,7	46,38	6,29
			Sol	23,7-59,1	46,78	6,18
	Tüm Bireyler	131	Sağ	23,1-89,1	51,37	10,57
			Sol	23,2-89,1	51,74	10,56

Dişi ve erkek bireylerin tüm morfometrik karakterlerinin ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir (t-testi, $P < 0,05$). Bu nedenle total boy ve morfometrik karakterler arasındaki ilişkiler cinsiyetlere göre ayrı ayrı oluşturulmuştur (Tablo 4). Ayrıca sağ ve sol kleitrum boyu arasında da anlamlı farklılıklar görülmüştür (paired t-testi, $P < 0,05$). Total boy-kleitrum boyu arasındaki ilişkiler sağ ve sol bölgelere göre ayrı ayrı çizilmiştir (Şekil 2-3). Balık boyu ile morfometrik karakterler arasındaki ilişkiler incelendiğinde, doğrusal ilişkilerin r^2 değerleri doğrusal olmayan ilişkilerin r^2 değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Doğrusal regresyon modeli tüm ilişkiler için en iyi uyumu sağlamıştır. Bu nedenle morfometrik analizler için doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Tüm morfometrik ölçümler, 0,699 ile 0,964 arasında değişen r^2 değerleri ile balık total boyu ile pozitif olarak ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Dişi ve erkek bireylerin morfometrik karakterleri ile total boy arasındaki ilişkilerin (TB-KB, TB-VY, TB-BY) eğimlerinde (b) istatistiksel olarak önemli bir fark tespit edilmemiştir (ANCOVA, $P > 0,05$). Ancak TB-BB arasındaki ilişkinin eğimi (b) dişi ve erkek bireyler arasında istatistiksel olarak farklı bulunmuştur (ANCOVA, $P < 0,05$). Tüm morfometrik karakterler total boy ile iyi bir korelasyon göstermiştir. Hesaplanan bu ilişkiler arasında en yüksek regresyon katsayısı (r^2) değeri dişi ve erkek bireylerde total boy (TB) ve baş boyu (BB) arasında elde edilirken, en düşük r^2 değeri dişi ve erkeklerde total boy (TB) ile baş yüksekliği (BY) arasında tespit edilmiştir.

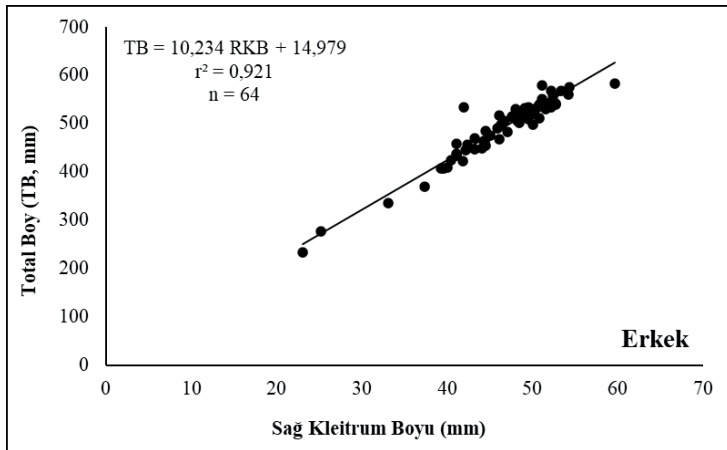
Tablo 4: *Turna balığında total boy ile morfometrik karakterler arasındaki ilişki parametreleri*

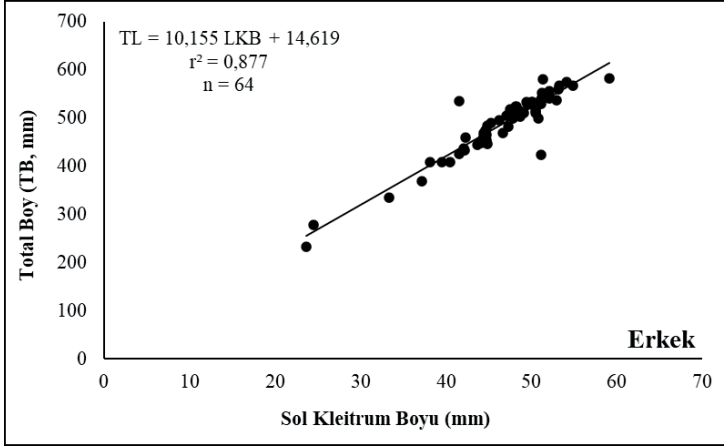
Eşey	N	Denklem	a	b	r^2
Dişi	67	TB= a + b*VY	157,4	4,78	0,824
		TB= a + b*BB	23,4	3,93	0,964
		TB= a + b*BY	102,2	10,11	0,804
Erkek	64	TB= a + b*VY	113,4	5,23	0,864
		TB= a + b*BB	-34,5	4,40	0,945
		TB= a + b*BY	112,3	9,57	0,699

Turna Balığında total boy ile sağ ve sol kleitrum boyu arasındaki ilişkiler dişi ve erkek bireylerde son derece önemli bulunmuştur ($P < 0,001$). TB-KB arasındaki doğrusal regresyon modeli, dişi ve erkek bireylerde sırasıyla varyansın %86'dan fazlasını açıkladığını göstermiştir (Şekil 2-3). Regresyon analizleri incelendiğinde, kleitrum uzunluğunun yaklaşık olarak 10 katının balık total boyuna denk geldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 2: Dişi bireylerde sağ ve sol kleitrum boyu ile balık boyu arasındaki ilişkiler





Şekil 3: Erkek bireylerde sağ ve sol kleitrum boyu ile balık boyu arasındaki ilişkiler

TARTIŞMA

Farklı habitatlarda yaşayan Turna balığı populasyonlarında, morfometrik karakterler ile balık boyu arasında ilişkiler üzerine çok az çalışma bulunmaktadır (Casselman, 1979; Yazıcıoğlu vd., 2017; Gül vd., 2018). Ancak türün Sıddıklı Baraj Gölü populasyonu üzerine herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu çalışma ile Sıddıklı Baraj Gölü'nde yaşayan populasyon üzerine bu konu ile ilgili ilk veriler sunulmuştur.

Genellikle, morfometrik karakterler ile balık boyu arasındaki ilişkileri belirlemek için doğrusal regresyon modeli tercih edilir ve çoğunlukla bu ilişkileri belirlemede kullanılmaktadır. (Gül vd., 2018; Jeter vd., 2019; Massod vd., 2024). Bu çalışmada, morfometrik değişkenler ve balık boyu arasındaki ilişkileri tanımlamak için hem doğrusal hem de doğrusal olmayan regresyon modeller kullanılmıştır. Doğrusal model, tüm ilişkiler için doğrusal olmayan modelden daha yüksek regresyon katsayısı sağlamıştır. Sonuç olarak, morfometrik karakterler ve balık boyu arasındaki ilişkileri tespit etmek için doğrusal regresyon modeli en iyi gösterge olarak bulunmuştur. Benzer sonuç, Massod vd. (2024) tarafından *Alepes tari* türünde tespit edilmiştir. Jeter vd. (2019) on iki farklı balık türünde kleitrum boyu balık boyu arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde doğrusal regresyon modelini kullanmışlardır.

Çalışmada tüm morfometrik karakterler balık boyu ile pozitif ve kuvvetli ilişkiler göstermiştir. Ancak bu ilişkiler arasında en düşük r^2 değeri vücut yüksekliği (VY) ile total boy (TB) arasında bulunmuştur. Benzer şekilde Mogan Gölü'nde yaşayan Turna balığı populasyonunda balık boyu ile vücut yüksekliği arasında zayıf bir ilişkinin olduğu bildirilmiştir (Gül vd., 2018).

SONUÇ

Sıddıklı Küçükboğaz Baraj Gölü'nde yaşayan *Esox lucius* bireylerinde morfometrik karakterler ile balık total boyu arasında kuvvetli ilişkiler tespit edilmiştir. Bununla birlikte balık boyunun geri hesaplanmasında kleitrum boyunun çalışmada kullanılan diğer morfometrik ölçümlere göre daha elverişli olduğu gözlenmiştir. Ayrıca Turna balığında kleitrum boyunun yaklaşık 10 katının balık boyuna eşit olduğu da görülmüştür. Çalışmada elde edilen regresyon denklemlerinin pisivor hayvanların beslenme özelliklerini çalışan araştırmacılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Casselman, J. M. (1979). The Esocid Cleithrum As An Indicator Calcified Structure. In: Dube J, Gravel, Y. (Eds.), Proc. 10th Warmwater Workshop, Spec. Publ. NE Div. Am. Fish. Soc. Publ. By Que. Min. Loisir, de la Chasse and de la Peche, Dir. De la Recherche Faunique, Montreal, Que., pp. 249-272.
- Gonzalez-Martinez, A., De-Pablos-Heredero, C., González, M., Rodriguez, J., Barba, C., & García, A. (2021). Usefulness of Discriminant Analysis in the Morphometric Differentiation of Six Native Freshwater Species from Ecuador. *Animals*, 11(1), 1-14.
- Gül, A., Saylar, Ö., Benzer, S., Gül, G., & Yılmaz, M. (2018). Mogan Gölü'nde (Ankara) Yaşayan *Esox lucius* Linnaeus, 1758 Populasyonunun Morfometrik, Meristik Özellikleri ve Boy-Ağırlık İlişkileri. *International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 2(4), 1-10.
- Jeter, S. E., Porta, M. J., & Snow, R. A. (2019). Body Size Estimation and Identification of Twelve Fish Species Using Cleithrum Bones. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Science*, 99, 21-30.
- Johny, S., Inasu, N., Dalie, D. A. (2016). Morphometric and meristic characters of *Dalyella malabarica* (Day 1873) & *Hyporhamphus limbatus* (Val 1847). *International Journal of Zoology Studies*, 1(6), 33-37.
- King, M. (2007). Fisheries biology, assessment and management. Second Edition. Blackwell Scientific Publications, Oxford: 1-381.
- Masood, Z., Hawa, N., Hassan, H. U., Mahboob, S., Chatta, A. M., Mushtaq, S., Ahmed, A.E., Swelumh, A.A., Zulfiqari, T., Khan, T., & Al-Misned, F. (2024). Study of some morphometric and meristic characteristics of *Alepes vari* (Cuvier, 1833) collected from the Arabian coast. *Brazilian Journal of Biology*, 84.
- Qadri, S., Shah, T.H., Balkhi, M.H., Bhat, B.A., Bhat, F.A., Najar, A.M. & Alia, S. (2017). Morphometrics and length-weight relationship of *Schizothorax curvifrons* Heckel 1838 in River Jhelum, Kashmir, India. *Indian Journal of Animal Research*, 51(3), 453-458.
- Shah, T.H., Balkhi, M.H., Bhat, B.A., Bhat, F.A., Najar, A.M. & Alia, S. (2017). Morphometrics and length-weight relationship of *Schizothorax curvifrons* Heckel 1838 in River Jhelum, Kashmir, India. *Indian Journal of Animal Research*, 51(3), 453-458
- Tripathy, S. K. (2020). Significance of traditional and advanced morphometry to fishery science. *Journal of Human, Earth, and Future*, 1(3), 153-166.
- Turan, C., Oral, M., Öztürk, B., & Düzgüneş, E. (2006). Morphometric and meristic variation between stocks of Bluefish (*Pomatomus saltatrix*) in the Black, Marmara, Aegean and northeastern Mediterranean Seas. *Fisheries Research*, 79, 139-147.
- Yazıcı, R. (2018). Biological properties of the Wels Catfish (*Silurus glanis* L., 1758) from

Sıddıklı Küçükboğaz Dam Lake [PhD Thesis]. Kırşehir Ahi Evran University. 154p.

Yazıcıoğlu, O., Yılmaz, S., Erbaşaran, M., Uğurlu, S., & Polat N. (2017). Bony Structure Dimensions-Fish Length Relationships of Pike (*Esox lucius* L., 1758) in Lake Ladik (Samsun, Turkey). *North-Western Journal of Zoology*, 13(1),149-153.

Yazici, R. & Yazicioğlu, O. (2020). Some Morphometric Relationships of Wels Catfish (*Silurus glanis* L., 1758) Inhabiting Sıddıklı Dam Lake (Kırşehir, Turkey). *J. Anatolian Env. and Anim. Sciences*, 5(2), 199-204.

Zar, J.H. (1999). *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall.



Bölüm 6

BALIK MUKUSU: BİYOLOJİK VE EKOLOJİK BAĞLAMDA BİR DEĞERLENDİRME

Sera Övgü KABADAYI YILDIRIM¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi
serakabadayi@isparta.edu.tr
ORC-ID: 0000-0002-0060-2445

1. BALIKLARDA MUKUSUN İŞLEVLERİ

Deri ve solungaç kaynaklı mukus, balıklar ve çevreleri arasındaki kimyasal ve fiziksel alışverişin temel yüzeyi konumundadır. Balıkların çevreyle olan ilk teması mukus üzerinde olur. Bu bölümde bahsedilen mukus balıklardaki deri ve solungaç kaynaklı dış mukustur. Mukus, osmoregülasyon, aşınmaya, patojenlere, çevresel toksinlere ve ağır metal toksisitesine karşı koruma, ebeveyn beslenmesi ve türler içi, türler arası kimyasal iletişim gibi çok sayıda biyolojik ve ekolojik rol sergileyen dinamik bir fiziksel ve biyokimyasal bariyer görevi görür (Shephard, 1994; Beklioğlu vd., 2006). Balık mukusu aynı zamanda lizozimler, immünoglobulinler, komplemanlar, lektinler ve antimikrobiyal peptitler gibi çok sayıda bağışıklık molekülü ve mikosporin benzeri amino asitler (MAA'lar) toksinler ve kairomonlar sayesinde türler arası etkileşimlere aracılık eden semiokimyasallar gibi diğer molekülleri de içerir (Purcel ve Anderson, 1995; Salinas, 2015). Balık mukusunun bileşimi ve viskozite özellikleri, mukus fonksiyonlarının yerine getirilmesi için hayati öneme sahiptir (Lai vd., 2009).

Mukus bileşimleri dinamik matrislerdir ve bileşimleri balık türleri arasında ve endojen (cinsiyet ve gelişim aşaması) ve eksojen faktörlerle (stres, su sıcaklığı, pH ve enfeksiyonlar) değişmektedir (Esteban, 2012). Stres koşulları (örneğin, taşıma stresi, sınırlı alan, gıda yoksunluğu, toksik maddelere maruz kalma) mukus üretimini ve bileşimini (örneğin, protein ve bağışıklık moleküllerinin seviyesi) değiştirerek balık sağlığını tehlikeye atabilir ve aynı zamanda balıkların bakteriyel patojenlere karşı duyarlılığını artırabilir (Terova vd., 2011; Lui vd., 2013; Zaidan vd., 2019). Mukus viskoelastisitesi, birçok hareketli bakteri türünü bloke etme kabiliyetini belirler ve çeşitli çalışmalar, balıkların patojenlere maruz kaldıklarında mukus salgılarını artırma ve bileşimlerini değiştirme eğiliminde olduklarını göstermiştir bu da bu patojenlere karşı savunmaya katkıda bulunabilir. Ayrıca, patojen enfeksiyonları (ör. virüs, bakteri) da balıkların mukozal mikrobiyomunu değiştirerek patojenik bakterilerin artışı kolaylaştırabilir (Cona, 2009; Livelley vd., 2017; Reid vd., 2017).

Balık mukusu araştırmaları son on yılda çok sayıda biyoaktif molekülün (antibakteriyel, antiviral, antifungal ve antiparazitik) keşfi ve bunların insan tıbbında ve su ürünleri yetiştiriciliğinde potansiyel uygulamaları nedeniyle artmıştır (Rajanbabu, 2011). Ayrıca, balık mukusunun incelenmesi, enfeksiyonların erken tespiti ve çevresel kirleticilerin balık sağlığı üzerindeki etkisinin izlenmesi için ölümcül olmayan alternatifler sunmaktadır (Reverter vd., 2018) Bugüne kadar, balık mukusu üzerine yapılan araştırmaların çoğu bağışıklık ile ilgili moleküller ve AMP'lere odaklanmıştır, ancak çok az çalışma diğer mukus moleküllerini ve bunların çevredeki ekolojik rollerini analiz etmiştir. Örneğin, bitkiler, omurgasızlar ve mikroorganizmalar da dahil olmak üzere çok çeşitli türlerin iletişiminde önemli bir rol oynadığı bilinmesi-

ne rağmen, ikincil metabolitler balık dokularında veya mukusunda nadiren incelenmiştir (Hay, 2009) Şu anda balık mukusunun belirli bileşenlerini (örneğin, bağışıklık molekülleri, antimikrobiyal peptitler ve bakteri toplulukları) araştıran çok sayıda araştırma çalışması ve inceleme makalesi bulunmaktadır, ancak bildiğimiz kadarıyla, yakın zamanda yapılan çalışmaların çoğu (Shepard, 1994 dışında) balık mukusunun hem balık hem de ekosistem için önemini araştırmamış olduğu görülmektedir (Brinchmann, 2016). Bu bölüm, deniz ekosistemindeki balık mukusunun önemine odaklanarak mevcut bilgi durumunu analiz etmeyi, bilgi eksikliklerini belirlemeyi ve geleceğe yönelik yönlendirmeler sunmayı amaçlamaktadır. Balık mukusu bileşenlerinin çeşitli biyolojik rolleri, antimikrobiyal, bağışıklık ve UV koruma gibi, ayrıca tür içi ve türler arası etkileşimlerdeki rolleri üzerinde durularak açıklanmaktadır. Bu bölümde, balık mukusu araştırmalarında farklı “omik” teknolojilerin (genomik, transkriptomik, proteomik ve metabolomik) kullanımını gözden geçirip, bu teknolojilerin yeni mukus bileşenlerini keşfetme ve balık mukusu işlevlerini daha derinlemesine anlama potansiyelini değerlendireceğiz.

Mukusun Salgılanması ve Aşamaları: Mukus matrisi, balık epitelinde bulunan goblet, club ve sakkiform hücreler tarafından üretilir (Cone,2009). Balıklarda, mukus tabakalarına münasip dışındaki moleküllerin atılımı veya taşınımını inceleyen çok az çalışma vardır, ancak taşınım şeklinin korunmuş olabileceği görülmektedir (Brinchmann, 2016). Proteinler ve diğer moleküller de taşıyıcılar veya kanallar ya da eksozomlar ve mikroveziküller gibi membran vezikülleri gibi diğer klasik olmayan mekanizmalar yoluyla doğrudan hücre zarı üzerinden taşıma yollarıyla mukus katmanlarına iletebilir. Ölü epidermal hücreler de mukus proteinleri ve diğer moleküllerin kaynağı olabilir. Bununla birlikte, hücresel artıklardan salınan moleküllerin mukus tabakasında hala önemli işlevler görebileceğine dikkat etmek önemlidir (Reverter vd.,2018).

2.MUKUS ÖRNEKLERİNİN HAZIRLANMASI VE ANALİZİ

Balık enfeksiyonlarını ve çevresel kirleticilerin rastırılması ve analizinin mukus üzerinden yapılabilir olması, balıklara zarar vermeden ve ölümcül olmayan alternatifler sunmaktadır (Elliot vd.,2015; Tavares vd., 2016). Balık mukusu örnekleme genellikle bir balığın dış yüzeylerini (vücut, yüzgeçler, solungaçlar) nazikçe kazıyarak yapılmaktadır, bu sırada bağırsak veya sperm kontaminasyonunu önlemek için ventral bölgelerden kaçınılması gerekir (örneğin, hücre kazıyıcı veya spatula kullanılarak) Ancak, yine de bu yöntemle ilgili tekrarlayan bir sorun bulunmaktadır; balık mukusu kazıma sırasında mukusun kan veya epitel hücreleri gibi diğer dokulardan olası kontaminasyona maruz kalma riski görülmektedir. Filtre kağıdı veya pamuklu çubuklar gibi epidermise zarar vermeyen emici malzemelerin kullanımı da epitelyal kontaminasyonu önlemek için bir strateji olarak balık mukusu toplamada kullanılmaktadır (Ekman vd., 2015). Pamuklu çubuk kullanımının epider-

misin en üst katmanlarını uzaklaştırdığını, filtre kağıdı kullanımının ise epitel hücrelerine belirgin bir zarar vermeden mukusun uzaklaştırılmasını sağladığı yapılan bir çalışmada belirlenmiştir (Raj vd., 2011). Yakın zamanda yapılan bir çalışma, emilim yoluyla elde edilen mukus örneklerinin metabolomunun en yüksek tekrarlanabilirliği sergilerken, kazanmış mukustan elde edilenlerin en fazla değişkenliği sergilediğini göstermiştir (Ivanova vd., 2018). Balık mukusu toplamaya yönelik diğer stratejiler arasında balık yüzeylerinin farklı solüsyonlarla durulanması, balık mukusunun emişli güç kullanılarak aspire edilmesi ve farklı solüsyonlarla doldurulmuş plastik torbaların kullanılması yer almaktadır.

Histokimya, immünohistokimya ve hatta elektron mikroskobik sitokimyasal yöntemler gibi histositokimyasal teknikler geleneksel olarak balık epitel ve mukus katmanlarındaki moleküllerin dağılımını incelemek için kullanılmaktadır (Mittal vd., 1995). İmmünohistokimya tekniklerinin uygulanması, mukus kontaminasyonunu önlerken molekülleri yerinde tespit etme avantajı sağlar; ancak bu teknikler, antikolarlarının tanımlandığı moleküllerle sınırlıdır. Buna karşılık, yakın zamanda geliştirilen matris destekli lazer desorpsiyon/ionizasyon görüntüleme kütle spektrometrisi (MALDI-IMS), hedefe özgü reaktiflere ihtiyaç duymadan doku kesitlerindeki uzamsal moleküller düzenlemelerin incelenmesini sağlar. Tipik olarak tek bir antijenin çalışıldığı immünokimya ile karşılaştırıldığında, görüntüleme kütle spektrometrisi (IMS) paralel olarak ölçüm yapılabilmesini sağlarken, geleneksel histolojinin çalışılmasına izin verir (Schwamborn, ve Caprioli, 2010) MALDI-IMS'nin ana avantajı, proteinler ve peptitlerden lipitlere ve ikincil metabolitlere kadar uzanan bu in situ teknikle çalışılabilen geniş analit spektrumudur. Matris destekli lazer desorpsiyon/ionizasyon görüntüleme kütle spektrometrisi (MALDI-IMS), deniz yıldızı *Asterias rubens*'in mukus tabakasındaki saponinlerin lokalizasyonunu vurgulamak için başarıyla kullanılmıştır ve yeni balık mukus moleküllerinin keşfi, bu moleküllerin uzamsal dağılımını incelemek için bir araç ve yeni ekstraksiyon tekniklerinin tanımlanması için büyük bir potansiyel sunmaktadır (Demeyer vd., 2015). Teknolojinin gelişmesi ile doğrudan bağlantılı olarak yeni analiz ve görüntüleme tekniklerinin keşfi hali hazırda devam etmektedir. Kullanılan yöntem çeşitleri teknoloji ile birlikte geliştikçe yapılan analiz sonuçlarının kullanılabilirliği ve berraklığı da mutlaka artacaktır.

3. MUKUSUN BİYOLOJİK AKTİVİTE ÖZELLİKLERİ

Mukus jel matrisi esas olarak müsin adı verilen O-glikozillenmiş proteinlerden (GP'ler) oluşur, ancak aynı zamanda proteinler (yapısal proteinler, bağışıklıkla ilgili proteinler, antimikrobiyal peptitler ve proteinler) gibi çok çeşitli diğer molekülleri de içerir aynı zamanda lipitler ve krinotoksinler herhangi bir zehir aparatı ile ilişkili olmayan balık epidermal toksinleri ve çok çeşitli biyolojik roller sergileyen MAA'lar gibi daha küçük moleküller de Mu-

kus yapısı içerisinde yer alabilir (Brinchmann 2016). Balık mukozal yüzeyleri ayrıca konakçı sağlığının ve homeostazın korunmasında önemli bir rol oynayan çeşitli organizma topluluklarını (bakteriler, mantarlar ve virüsler) barındırır (Gomez vd.,2013).

Balık mukusu, enfeksiyonlara karşı önemli bir ana bariyer işlevi gördüğünden, içerdiği tüm bileşenler, çeşitli antimikrobiyal aktiviteler uygulayarak ve bağışıklık tepkilerine katılarak patojen girişini engellemek için koordine bir şekilde çalışabilir. Bu doğal savunma mekanizmaları, balığın dış yüzeylerini (vücut, yüzgeçler, solungaçlar) kaplayan mukus tabakası aracılığıyla sağlanır. Mukus, içerdiği antimikrobiyal moleküller ve mikrobiyota sayesinde balığın çevresinde bulunan patojenlere karşı etkili bir savunma sağlar. Ayrıca, bağışıklık tepkilerine katılan bileşenler sayesinde balık, potansiyel enfeksiyonlara karşı daha dirençli hale gelir. Bu koordineli savunma mekanizmaları, balık mukusunun enfeksiyonlara karşı kritik bir savunma hattı olduğunu ve balıkların sağlıklarını sürdürebilmeleri için hayati bir rol oynadığını vurgular.

Balık mukusunda gözenek oluşturan glikoproteinler, enzimler (örneğin antifungal aktiviteye sahip kitinazlar), proteinler (örneğin apoliprotein-1, sıcaklığa uyum proteini WAP65) ve çeşitli krinotoksinler dahil olmak üzere birçok antimikrobiyal molekül bulunmuştur (Jurado vd., 2015).

Mukusun antimikrobiyal bileşenleri arasında yer alan antibakteriyel peptitler (AMP'ler), balık mukusunda patojenlere karşı etkili bir savunma sağlayan önemli moleküllerden biridir. Balık mukusunda gözlemlenen geleneksel AMP'ler arasında α -helikal peptitler olan piscidins (moronecidins, pleurocidins, dicentracins ve chrysopsins) bulunmaktadır. Ayrıca, diğer doğal peptitler ve sistein bakımından zengin AMP'ler arasında pardaxin ve pelteobagrin gibi peptitler de yer almaktadır (Masso-Silva ve Diamond, 2014). Bu antimikrobiyal peptitler, balık mukusunun patojenlere karşı direnç göstermesinde etkili bir rol oynar. Balık mukusundaki çeşitli AMP'ler, mikroorganizmalara karşı geniş bir antimikrobiyal etki spektrumuna sahiptir ve bu sayede balıkların doğal savunma sistemini güçlendirir.

AMP'lerin çoğu aktif forma işlenen biyolojik olarak inaktif bir proteinden türetilirken, bazı AMP'ler antibakteriyel faaliyetler dışında birincil işlevleri olan daha büyük, işlevsel proteinlerden türetilir. Balıkların mukusunda antibakteriyel, antifungal ve antiparazitik aktivitelere sahip histonlar (H1, H2A, H2B) tanımlanmıştır. Aynı zamanda parasin-I, hipposin, somon antimikrobiyal peptidi SAMP H1 ve oncorhyncin II dahil olmak üzere histonların terminal kısımlarından türetilen AMP'ler tanımlanmıştır (Bergsson vd., 2005).

Mukus kommensal mikrobiyotası fırsatçı patojenlerin kontrolünde kilit bir rol oynamaktadır; ancak ilgili mekanizmalar henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Yakın zamana kadar, patojenlerin kommensal bakteriler tara-

fından kontrolünün karşılıklı rekabetçi ilişkilerin bir sonucu olduğu düşünülmüyordu (Boutin vd., 2014), ancak son çalışmalar, kommensal bakterilerin konakçı tarafından tanınabileceği ve patojen çoğalmasını kontrol edebileceği spesifik mekanizmaları göstermektedir (Kelly vd., 2017). Gökkuşluğu alabalığının dış mukozal yüzeylerinden *Flectobacillus major*'un immünoglobulin T (IgT) üretimini indükleyen, teleost B hücrelerini ve antikör yanıtlarını şekillendiren ve diğer simbiyontların büyümesini kontrol edebilen sfingolipidler ürettiğini bulmuştur (Sepahi vd.,2017). Diğer çalışmalar, balık mukusundan izole edilen bakteri suşlarında antibakteriyel ve antifungal aktivitelerin bulunduğunu, bu durumun da konakçı patojenlerin gelişimini kontrol edebilecek özelleşmiş metabolitlerin mikroorganizmalar tarafından üretildiğini düşündürmektedir (Stevens vd.,2016).

Sonuç olarak, balık mukusunun kommensal mikrobiyotası, fırsatçı patojenlerin kontrolünde karmaşık ve özelleşmiş mekanizmalar aracılığıyla önemli bir rol oynamaktadır. Bu alandaki yeni çalışmalar, kommensal bakterilerin, konakçı tarafından tanınabilir ve patojen çoğalmasını spesifik olarak kontrol edebilen mekanizmalara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Gelişen bilgiler, balık mukusunun içerdiği bakteri suşlarının, özelleşmiş metabolitler üreterek konakçı patojenlerin gelişimini etkileyebileceğini göstermektedir. Bu bulgular, balıkların doğal savunma sistemlerinin, mukus kommensal mikrobiyotasının katılımıyla daha etkili bir şekilde düzenlendiğini ve bu mekanizmaların anlaşılmasıyla balıkların sağlığının korunmasına yönelik yeni stratejiler geliştirilebileceğini göstermektedir.

Bağışıklıkla İlgili Bileşenler; teleost balıklar, aktif bir mukozal bağışıklık sistemine sahiptir. Balıklarda bulunan mukoza ile ilişkili lenfoid dokular (MALT) deri ile ilişkili lenfoid doku (SALT), solungaç ile ilişkili lenfoid doku (GIALT) ve nazofarenks ile ilişkili lenfoid dokuyu (NALT) içerir (Salinas, 2015). Mukozal yüzeylerde gözlenen balık doğuştan gelen bağışıklığın ana hücreli bileşenleri lökositler, mast/eozinofilik granül hücreleri (EGC'ler), mukozal dendritik hücreler (DS'ler), makrofajlar ve granülositlerdir (Gomez,2013).

Balık mukusu ayrıca lizozimler, fosfatazlar, esterazlar, proteolitik enzimler, kompleman faktörleri, lektinler, immünoglobulinler ve C-reaktif proteinler gibi patojenleri ortadan kaldırmaya çalışan ve bir enfeksiyon meydana geldiğinde bağışıklık kaskadını başlatan çok sayıda bağışıklık ile ilgili proteinle zenginleştirilmiştir (Guardiola vd.,2014). Enzimler arasından, asit ve alkalın fosfatazlar ve esterazlar, balık mukusunda bulunan ve antibakteriyel ajanlar olarak işlev gören önemli enzimlerdir ve balık derisi mukusunda potansiyel stres göstergeleri olabilirler (Nigam vd., 2012). Balık derisi mukusunda farklı tipte proteazlar (tripsinler, metaloproteazlar, katepsinler ve aminopeptidazlar) tanımlanmıştır; serin ve metaloproteazlar en baskın olanlarıdır. C7, C3 ve C1q gibi çeşitli kompleman bileşenleri çeşitli balık türlerinin deri ve bağırsak

mukusunda tespit edilmiştir. İmmünoglobulinler (IgM ve IgT/IgZ) balık mukusundaki ana bileşenlerdir ve IgT/IgZ balık mukozal bağışıklığında önemli rol oynadıkları bilinmektedir (Shen vd.,2012).

Transferrin gibi glikoproteinler veya misgurnan gibi immünomodüle edici karbonhidratlar gibi doğuştan gelen bağışıklıkla ilgili diğer moleküller balık derisi mukusunda tanımlanmıştır. Son olarak, antimikrobiyal peptitlerin ana antibakteriyel aktivitesine rağmen, bazı balık mukus AMP'lerinin de B hücreleri fonksiyonlarını modüle ettiği ve dolayısıyla doğuştan gelen bağışıklık sisteminde önemli bir rol oynadığı bulunmuştur (Zhang,2017).

Balık mukusu, güneş radyasyonuna karşı foto koruyucu bir işlev gören başka MAA'lar da içerir. Bugüne kadar balık mukusunda üç farklı MAA tanımlanmıştır: palythene, asterina-33 ve mycosporine-N-methylamine serine. Yapılan çalışmalarla, farklı balık türlerinin farklı MAA kombinasyonları sunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bazı çalışmalar harici balık mukusunun spesifik kanser hücre hatlarına karşı sitotoksik aktivitelerini de göstermiştir, bu da yeni farmakolojik antitümöral stratejilerin geliştirilmesinde balık mukusunun potansiyeline işaret etmektedir (Reverter vd.,2018).

Balık mukusunda bulunan özelleşmiş metabolitler, genellikle sınırlı bir şekilde incelenmiş olabilir; ancak son yıllarda gelişen yüksek verimli teknikler, özellikle metabolomik yöntemler, bu durumu muhtemelen değiştirecektir. Gelecekte, balık mukusunun özelleşmiş metabolit profillerini ayrıntılı bir şekilde anlamak için kullanılan bu teknikler, daha geniş bir biyolojik aktivite yelpazesi ve işlevlerle ilişkilendirilebilecek potansiyel metabolitleri ortaya çıkaracaktır. Bu yeni bilgiler, balık mukusunun sadece patojen kontrolüyle sınırlı kalmayan, aynı zamanda diğer biyolojik süreçlere, adaptasyon mekanizmalarına ve ekolojik etkileşimlere olan katkılarını da aydınlatılabilir. Bu bağlamda, özelleşmiş metabolitlerin daha detaylı bir şekilde araştırılması, balık mukusunun sağlık ve ekosistem dinamikleri üzerindeki etkilerini anlamamıza önemli bir katkı sağlayacaktır.

Tür İçi İletişim; Konspesifik işaretler üzerine yapılan çalışmaların çoğu balık kokusuna odaklanmış ve balık mukusuna özel bir ilgi göstermemiş olsa da, deri kokulu işaretlerin muhtemelen balık mukusu yoluyla atıldığını düşünmek mantıklıdır. Spesifik ipuçlarının farklı göçmen balık türlerinin yaşam alanlarını bulmalarını sağladığı bilinmektedir (Itioi vd., 2014). Leonard ve arkadaşları, 2012, şelaleye tırmanan Hawaii'deki gobioid *Sicyopterus stimpsoni*'nin uygun habitat bulmasını türdeş mukus izlerinin sağladığını bulmuşlardır. Türdeşlerden gelen kimyasal ipuçları da balıkların sürü halinde hareket etmesinde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Itioi vd., 2014). Örneğin, mukusdan elde edilen fosfatidilkolinlerin, genç kedi balıklarında (*Plosotus lineatus*) sürü oluşumunu tetiklediği bulunmuştur (Matsumura vd., 2007).

Üreme ve yumurtlamanın erkek ve dişi senkronizasyonu, feromonların suya salınmasına dayanmaktadır. Hormonlar arasından feromonlar genellikle idrar, solungaç difüzyonu veya safra tuzları yoluyla salınsa da (Kobayashi vd., 2002) bazı çalışmalar balık derisi mukusunda çeşitli cezbediciler bulmuştur (Briand ve Faitin,2002). Bu konuda yapılan çalışmalarda yayın balığı, japon balığı ve Avrupa yılan balığından elde edilen deri mucus amino asitlerinin bu türlerin sosyal ilişkilerinde rol oynayabileceğini öne sürülmektedir. Buna ilaveten, bir Avrupa yılan balığının (*Anguilla anguilla*) mukusunda karakterize edilmemiş yüksek konsantrasyonda apolar koku maddeleri bulunduğu belirlenmiştir, ancak polariteleri bunların seks steroidleri, prostaglandinler veya ilgili metabolitler olabileceğini düşündürmektedir, bu da yılan balığı üremesinin kimyasal iletişimde balık mukusunun olası bir rolüne işaret etmektedir. Balık mukusunda da bulunan tetrodotoksinin (TTX), erkekleri doğurgan dişilere doğru çeken bir seks feromonu olarak hareket ettiği de bilinmektedir (Matsumura, 1995; Reverter vd., 2018).

Balıklarda yaralanma sonrası alarm sinyallerinin salınması, balıklarda yaygın olarak bildirilen bir mekanizmadır ve nihai amacı tehlike kaynağından kaçınmak olan konspesifiklerde bir alarm tepkisi oluşturur (Smith,1992). Çeşitli çalışmalar, konspesifik deri ekstraktlarının alarm tepkilerini ortaya çıkarabildiğini göstermiştir, bu da balık dış mukoza katmanları yoluyla külp hücrelerinden alarm ipuçlarının salındığını düşündürmektedir (Pereira vd.,2017). Yakın tarihli bir çalışmada, kondroitinler (balık mukusunda tanımlanmış olan değişken sülfatlı disakkaritlerden oluşan doğrusal, heterojen polimerler) zebra balığında korku tepkilerini tetikleyen balık kokuları olarak tanımlanmıştır. Saflaştırılmış kondroitine maruz kalan zebra balığı alarm davranışı, dart atma, yavaş yüzme ve dibe çökme olarak sergilediği belirlenmiştir (Mathuru vd.,2012).

Tür içi iletişim konusunda yukarıda bahsedildiği şekilde gerçekleşme iken, türler arası iletişim söz konusu olduğunda ise; çalışmalar epidermal ve solungaç mucus maddelerinin av-avcı ilişkileri, parazit-konak etkileşimleri ve simbiyozlar gibi farklı türler arası etkileşimlerde infokimyasal olarak hareket edebildiğini göstermektedir. Balık mucus molekülleri çok çeşitli organizmalar tarafından algılanabilir ve farklı türde tepkiler oluşturabilir. Örneğin, bir çalışmada, oldukça iyi bilinen palyaço balığı- anemon ilişkisine bakıldığında; palyaço balığının (*Amphiprion ocellaris*) deri mukusunda N-asetilnöraminik asit (Neu5Ac) bulunmamasının, balığı Neu5Ac'nin tespit edilmesiyle toksin salınımı tetiklenen anemon *Hetractis magnifica* tarafından sokulmaktan koruduğu bulunmuştur (Abdullah ve Saad,2015). Çeşitli çalışmalar, farklı patojenik bakterilerin konakçılarının mukusuna karşı pozitif kemotaksis sergilediğini göstermektedir. Bu aktiviteden sorumlu spesifik moleküller henüz tanımlanmamış olsa da, serbest amino asitlerin ve karbonhidratların alabalık mukusunda (deri ve bağırsak) kemoatraktan moleküller olarak hareket edebileceğini

öne sürülmekte iken, lektin benzeri bir maddenin yayın balığına (*Ictalurus punctatus*) bakteriyel kemotaksisten sorumlu olabileceğini öne sürmüştür. Son olarak, balık mukozal sialik asitlerinin ve özellikle N-asetilglukozaminin (GlcNAc) patojen bakteri *Aeromonas salmonicida*'nın büyümesinde ve konağına bağlanmasında önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir (Padra vd.,2017).

Balıkların çeşitli parazitlerle etkileşimleri, özellikle ektoparazitlerden kaynaklanan aktinosporlar gibi unsurlar, balıkların mukusunun kimyasal bileşimi ve davranış değişikliklerini etkileyebilir. Örneğin, yapılan bir çalışma alabalık mukusunda sürekli salınan serbest nükleozitlerin, özellikle inosin, 2'-deoksiinosin ve guanozin gibi, miksozoanların bağlanmasını uyardığını ortaya koymuştur. Başka bir örnek olarak, kaplan balon balığı deri mukusundan elde edilen WAP65-2 glikoproteini, *Neobenedeniagirellae oncoraniciida*'nın (Monogenea, capsalidae) bağlanmasını etkileyebilir [Reverter vd., 2018]. Deniz bitleri, salmonid konaklarını kemodeteksiyon yoluyla özel olarak bulabilir ve tanıyabilir; bu bağlamda, salmon mukusundan izole edilen katelisin peptitlerinin deniz biti *Caligus rogercresseyi*'nin ön filamentinin gelişimini desteklediğini gösteren bir çalışma mevcuttur. Papağan balıklarının mukoza kozalarının gnathiid parazitlere karşı koruyucu etkisi oldukça ilginç bir durumdur, ancak bu koruyucu etkinin mukoza bariyerinin kimyasal veya fiziksel özelliklerinden kaynaklanıp kaynaklanmadığı hâlâ tam olarak anlaşılammıştır (Grutter vd.,2011).

Balık mucus maddeleri genellikle av-avcı ilişkilerinde; avcı caydırıcıları olarak ya da hem avcılar hem de av için sinyaller bırakan semiyokimyasallar olarak işlev görür. Örneğin, çeşitli soles türleri tarafından salgılanan pardaxin (antimikrobiyal peptit), pavonininler ve mosesinlerin (monoglikozidik kolestanoidler) koku alma duyularına etki ederek köpekbalıklarını uzaklaştırdığı bilinmektedir. Kirpi balığından elde edilen tetrodotoksinin de orfozlar tarafından avlanmayı engellediği bilinmektedir. Deniz analarından *Physalia physalis*'in balık epidermal mukusundan kimyasal ipuçları kullanarak avını tanımlayabildiği bilinmektedir ancak bu kairomonların kimyasal yapısı bilinmemektedir. Bazı organizmalar da avcılarını tespit etmek ve avlanmaktan kaçınmak için balık mukusundaki kimyasalları tanımlayabilmektedir. Çeşitli çalışmalar zooplanktonda geceleri yaptıkları vertikal göçün (DVM), planktivor balıkların mukusunda bulunan karakterize edilmemiş kairomonlardan etkilendiğini göstermektedir (Reverter vd.,2018). Sülfatlanmış ve asetillenmiş aminler içeren predatör mukusunun disakkarit bozunma ürünlerinin kairomon görevi görebileceğini öne sürerken, Beklioğlu ve arkadaşları, hem balıkların hem de mukusta yaşayan bakterilerin kairomon salınımında etkileşime girdiğini öne sürmüştür. Son araştırmalar, polychaete *Nereis*'in predasyon risklerini en aza indirmek için predatör tespiti için kemosensör mekanizmalarını kullandığını (balık mukusundan kimyasal ipuçları) ve bu şekilde korunma yöntemi geliştirdiğini göstermiştir (Schaum vd.,2013).

Deniz ekosistemlerinde kimyasal aracılığın incelenmesi, ekosistem dinamiklerinin anlaşılması ve ekosistemlerin değişen koşullara nasıl yanıt verip uyum sağlayabileceğinin anlaşılması için hayati önem taşımaktadır. Balık mucus moleküllerinin aydınlatıldığı ve ekolojik rollerinin belirlendiği çok az örnekle birlikte, balıklarda kimyasal iletişim hala tam olarak anlaşılammıştır. Daha önce TTX (tetrodotoxin) için gösterildiği gibi, tek bir molekül çok işlevli özelliklere sahip olabilir. TTX'in dağılımındaki türe, cinsiyete ve dokuya özgü farklılıklar, bu molekülün balon balığındaki kesin işlevini belirsiz hale getirmektedir. Konsantrasyona bağlı olarak, TTX avcılara karşı kimyasal bir savunma, parazitler için bir cezbedici veya yumurtlama sırasında kimyasal bir feromon olarak işlev görebilir. Kilit taşı önemine sahip bu mucus molekülleri ekolojik toplulukların yapılandırılmasında hayati öneme sahiptir ve bu nedenle daha derin bir anlayışa ihtiyaç vardır. Balık mucusu üzerine yapılan araştırmalar, yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle birleştiğinde, balıkların çevreleriyle nasıl etkileşime girdiği ve çevrelerine nasıl tepki verdiğine dair ortak anlayışımızı geliştireceği şüphesizdir.

Özetle, balık mucus yüzeyleri, balıkların fizyolojik işlevlerini desteklemenin ötesinde, osmoregülasyon, enfeksiyonlara karşı koruma ve tür içi iletişim gibi önemli roller üstlenen dinamik katmanlardır. Mucus, içerdiği biyolojik olarak aktif moleküllerle çeşitli rollerde ve biyolojik etkileşimlerde bulunan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu moleküller, ilaç geliştirme potansiyeli taşıyan potansiyel adaylar arasında dikkat çekmektedir.

Son yıllarda balık mucus bileşenlerinin incelenmesi artmış olsa da, mevcut moleküllerin daha iyi karakterize edilmesi ve rollerinin tam olarak anlaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Mucusun doğadaki organizma etkileşimlerindeki çoklu rolleri üzerine yapılan bu tartışma, mucusun ekolojik önemini ve bu etkileşimlere katkıda bulunan molekülleri belirleme ihtiyacını vurgulamaktadır.

Balık mucusu ve diğer organizmalar arasındaki kimyasal arabuluculukta rol oynayan moleküllerin tanımlanması, deniz ekosistem dinamiklerinin daha iyi anlaşılmasına ve su ürünleri yetiştiriciliğinde parazit yönetimine yönelik yeni bilgiler sunacaktır. Ayrıca, mukusta meydana gelen değişimlerin, biyolojik ve fiziksel stres faktörlerine bağlı olarak nasıl gerçekleştiğinin daha iyi anlaşılması, balık hastalıkları salgınlarının önlenmesine ve deniz ortamının sağlığının izlenmesine yardımcı olabilir.

Bugüne kadar, genellikle proteomik gibi tekniklerle yapılan çalışmalar, makromoleküllerin incelenmesine odaklanmıştır. Ancak, daha küçük özelleşmiş metabolitleri anlamak ve anlamlandırmak için daha fazla çaba sarf edilmelidir. Yeni disiplinlerin, özellikle metabolomik gibi, geliştirilmesi, balık mucusundaki ikincil metabolitlerin daha etkili bir şekilde incelenmesine olanak tanıyacaktır. Son çalışmalar, mikrobiyomun önemini ve biyoaktif

moleküllerin sentezleme kapasitesini göstermiştir. Bu nedenle, balık mucusu mikrobiyomunun ve mikobiyomunun araştırılması, hem yeni metabolitlerin keşfi hem de mucusun kendisinin ve biyolojik-ekolojik işlevlerinin daha iyi anlaşılması için umut vadeden bir alan olarak ortaya çıkmaktadır.

Son olarak, balık mucusu araştırmalarına bütünleştirici bir perspektiften yaklaşılması, mukozal sistemin tamamını anlamak ve değerlendirmek açısından önemlidir. Bu bütünlük, mucusun rolünü ve etkileşimlerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamıza yardımcı olacaktır

KAYNAKÇA

- Al-Zaidan, A.S.; Endo, M.; Maita, M.; Gonçalves, A.T.; Futami, K.; Katagiri, T. A toxicity bioassay study concerning the effect of un-ionized ammonia on the mucus cells response originating from the gills of zebrafish *Danio rerio*. *Fish. Sci.* **2012**, *79*, 129–142.
- Beklioglu, M.; Telli, M.; Gozen, A.G. Fish and mucus-dwelling bacteria interact to produce a kairomone that induces diel vertical migration in *Daphnia*. *Freshwater Biol.* **2006**, *51*, 2200–2206.
- Briand, C.; Fatin, D.; Legault, A. Role of eel odor on the efficiency of an eel, *Anguilla anguilla*, ladder and trap. *Environ. Biol. Fish.* **2002**, *65*, 473–477.
- Brinchmann, M.F. Immune relevant molecules identified in the skin mucus of fish using -omics technologies. *Mol. BioSyst.* **2016**, *12*, 2056–2063
- Bergsson, G.; Agerberth, B.; Jörnvall, H.; Gudmundsson, G.H. Isolation and identification of antimicrobial components from the epidermal mucus of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *FEBS J.* **2005**, *272*, 4960–4969.
- Boutin, S.; Sauvage, C.; Bernatchez, L.; Audet, C.; Derome, N. Inter individual variations of the fish skin microbiota: Host genetics basis of mutualism? *PLoS ONE* **2014**, *9*, e102649.
- Cone, R.A. Barrier properties of mucus. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **2009**, *61*, 75–85.
- Demeyer, M.; Wisztorski, M.; Decroo, C.; Winter, J.D.; Caulier, G.; Hennebert, E.; Eeckhaut, I.; Fournier, I.; Flammang, P.; Gerbaux, P. Inter- and intra-organ spatial distributions of sea star saponins by MALDI imaging. *Anal. Bioanal. Chem.* **2015**, *407*, 8813–8824.
- Ekman, D.R.; Skelton, D.M.; Davis, J.M.; Villeneuve, D.L.; Cavallin, J.E.; Schroeder, A.; Jensen, K.M.; Ankley, G.T.; Collette, T.W. Metabolite profiling of fish skin mucus: A novel approach for minimally-invasive environmental exposure monitoring and surveillance. *Environ. Sci. Technol.* **2015**, *49*, 3091–3100.
- Elliott, D.G.; McKibben, C.L.; Conway, C.M.; Purcell, M.K.; Chase, D.M.; Applegate, L.J. Testing of candidate non-lethal sampling methods for detection of *Renibacterium salmoninarum* in juvenile Chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Dis. Aquat. Org.* **2015**, *114*, 21–43.
- Esteban, M.A. An overview of the immunological defenses in fish skin. *ISRN Immunol.* **2012**, *853470*, 1–29.
- Gómez, D.; Sunyer, J.O.; Salinas, I. The mucosal immune system of fish: The evolution of tolerating commensals while fighting pathogens. *Fish. Shellfish Immunol.* **2013**, *35*, 1729–1739.
- Grutter, A.S.; Rumney, J.G.; Sinclair-Taylor, T.; Waldie, P.; Franklin, C.E. Fish mucous cocoons: The “mosquito nets” of the sea. *Biol. Lett.* **2011**, *7*, 292–294.
- Guardiola, F.A.; Cuesta, A.; Arizcun, M.; Meseguer, J.; Esteban, M.A. Comparative

- skin mucus and serum humoral defence mechanisms in the teleost gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Fish. Shellfish Immunol.* **2014**, *36*, 545–551.
- Hay, M.E. Marine chemical ecology: Chemical signals and cues structure marine populations, communities, and ecosystems. *Ann. Rev. Mar. Sci.* **2009**, *1*, 193–212.
- Ivanova, L.; Tartor, H.; Grove, S.; Kristoffersen, A.B.; Uhlig, S. Workflow for the targeted and untargeted detection of small metabolites in fish skin mucus. *Fishes* **2018**, *3*, 21.
- Jurado, J.; Fuentes-Almagro, C.A.; Guardiola, F.A.; Cuesta, A.; Esteban, M.Á.; Prieto-Álamo, M.-J. Proteomic profile of the skin mucus of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*). *J. Proteomics* **2015**, *120*, 21–34.
- Kelly, C.; Takizawa, F.; Sunyer, J.O.; Salinas, I. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) secretory component binds to commensal bacteria and pathogens. *Sci. Rep.* **2017**, *7*.
- Kobayashi, M.; Sorensen, P.W.; Stacey, N.E. Hormonal and pheromonal control of spawning behavior in the goldfish. *Fish. Phys. Biochem.* **2002**, *26*, 71–84.
- Lai, S.K.; Wang, Y.-Y.; Wirtz, D.; Hanes, J. Micro- and macrorheology of mucus. *Adv. Drug Deliv. Rev.* **2009**, *61*, 86–100.
- Leonard, G.; Maie, T.; Moody, K.N.; Schrank, G.D.; Blob, R.W.; Schoenfuss, H.L. Finding paradise: Cues directing the migration of the waterfall climbing Hawaiian gobioid *Sicyopterus stimpsoni*. *J. Fish. Biol.* **2012**, *81*, 903–920.
- Liu, L.; Li, C.; Su, B.; Beck, B.H.; Peatman, E. Short-term feed deprivation alters immune status of surface mucosa in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *PLoS ONE* **2013**, *8*, e74581.
- Masso-Silva, J.; Diamond, G. Antimicrobial peptides from fish. *Pharmaceuticals* **2014**, *7*, 265–310
- Mathuru, A.S.; Kibat, C.; Cheong, W.F.; Shui, G.; Wenk, M.R.; Friedrich, R.W.; Jesuthasan, S. Chondroitin fragments are odorants that trigger fear behaviour in fish. *Curr. Biol.* **2012**, *22*, 538–544.
- Matsumura, K. Tetrodotoxin as a pheromone. *Nature* **1995**, *378*, 563–564.
- Matsumura, K.; Matsunaga, S.; Fusetani, N. Phosphatidylcholine profile-mediated group recognition in fish. *J. Exp. Biol.* **2007**, *210*, 1992–1999.
- Mittal, A.K.; Fujimori, O.; Ueda, H.; Yamada, K. Carbohydrates in the epidermal mucous cells of a fresh-water fish *Mastacembelus pancalus* (mastacembelidae, Pisces) as studied by electron-microscopic cytochemical methods. *Cell Tissue Res.* **1995**, *280*, 531–539.
- Nigam, A.K.; Kumari, U.; Mittal, S.; Mittal, A.K. Comparative analysis of innate immune parameters of the skin mucous secretions from certain freshwater teleosts, inhabiting different ecological niches. *Fish. Physiol. Biochem.* **2012**, *38*, 1245–1256.
- Padra, J.T.; Sundh, H.; Sundell, K.; Venkatakrishnan, V.; Jin, C.; Samuelsson, T.; Karls-

- son, N.G.; Lindén, S.K. *Aeromonas salmonicida* growth in response to Atlantic salmon mucins differs between epithelial sites, is governed by sialylated acids and N-Acetylhexosamine-containing O-glycans, and is affected by Ca²⁺. *Infect. Immun.* **2017**, *85*, e00189.
- Pereira, R.T.; Leutz, J.A.C.M.; Valença-Silva, G.; Barcellos, L.J.G.; Barreto, R.E. Ventilation responses to predator odors and conspecific chemical alarm cues in the frillin goby. *Physiol. Behav.* **2017**, *179*, 319–323.
- Purcell, J.E.; Anderson, P.A.V. Electrical responses to water-soluble components of fish mucus recorded from the cnidocytes of a fish predator, *Physalia physalis*. *Mar. Freshwater Behav. Physiol.* **1995**, *26*, 149–162.
- Raj, V.S.; Fournier, G.; Rakus, K.; Ronsmans, M.; Ouyang, P.; Michel, B.; Delforges, C.; Costes, B.; Farnir, F.; Leroy, B.; et al. Skin mucus of *Cyprinus carpio* inhibits cyprinid herpesvirus 3 binding to epidermal cells. *Vet. Parasitol.* **2011**, *42*, 92.
- Reverter, M.; Tapissier-Bontemps, N.; Lecchini, D.; Banaigs, B.; Sasal, P. Biological and Ecological Roles of External Fish Mucus: A Review. *Fishes* **2018**, *3*, 41. <https://doi.org/10.3390/fishes3040041>
- Salinas, I. The mucosal immune system of teleost fish. *Biology* **2015**, *4*, 525–539.
- Schaum, C.E.; Batty, R.; Last, K.S. Smelling danger –alarm cue responses in the polychaete *Nereis (Hediste) diversicolor* (Müller, 1776) to potential fish predation. *PLoS ONE* **2013**, *8*, e77431
- Sepahi, A.; Cordero, H.; Goldfine, H.; Esteban, M.A.; Salinas, I. Symbiont-derived sphingolipids modulate mucosal homeostasis and B cells in teleost fish. *Sci. Rep.* **2017**, *6*, 39054.
- Shen, Y.; Zhang, J.; Xu, X.; Fu, J.; Li, J. Expression of complement component C7 and involvement in innate immune responses to bacteria in grass carp. *Fish. Shellfish Immunol.* **2012**, *33*, 448–454.
- Shepard, K.L. Functions for fish mucus. *Rev. Fish. Biol. Fish.* **1994**, *4*, 401–429.
- Schwamborn, K.; Caprioli, R.M. MALDI Imaging Mass Spectrometry-painting molecular mixtures. *Mol. Oncol. Oncoproteomics* **2010**, *4*, 529–538.
- Smith, R.J.F. Alarm signals in fishes. *Rev. Fish. Biol. Fish.* **1992**, *2*, 33–63.
- Stevens, J.L.; Jackson, R.L.; Olson, J.B. Bacteria associated with lionfish (*Pterois volitans/miles* complex) exhibit antibacterial activity against known fish pathogens. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **2016**, *558*, 167–180.
- Tavares, G.C.; Costa, F.A.; Santos, R.R.D.; Barony, G.M.; Leal, C.A.G.; Figueiredo, H.C.P. Nonlethal sampling methods for diagnosis of *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* **2016**, *454*, 237–242.
- Terova, G.; Cattaneo, A.G.; Preziosa, E.; Bernardini, G.; Saroglia, M. Impact of acute stress on antimicrobial polypeptides mRNA copy number in several tissues of marine sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *BMC Immunol.* **2011**, *12*, 69.

Zhang, X.J.; Wang, P.; Zhang, N.; Chen, D.D.; Nie, P.; Li, J.L.; Zhang, Y.A. B cells functions can be modulated by antimicrobial peptides in rainbow trout *Onchorhynchus mykiss*: Novel insights into the innate nature B cells in fish. *Front. Immunol.* **2017**, *4*, 388.



Bölüm 7

MUĞLA İLİ İÇSU VE DENİZEL SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ İŞLETMELERİNİN YAPISAL, YETİŞTİRİCİLİK PARAMETRELERİ VE İSTİHDAM ANALİZİ

*Önder YILDIRIM¹
Özgür YEŞİLKAYA²*

1 Prof. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi 48000 Kötekli, MUĞLA,
(0000-0003-2591-0310),
2 Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Su ürünleri Fakültesi 48000 Kötekli, MUĞLA,
(0009-0001-3461-4241)

1. GİRİŞ

2030 yıllarının gündemi Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini -yoksulluk, açlık, sağlık, beslenme, eşitsizlik ve çevresel sürdürülebilirliği- ele alarak daha zengin, daha adil ve daha sürdürülebilir bir gelecek üzerindedir. Dünya nüfusunun 2050 yılına kadar 9,7 milyara ulaşması beklenirken, bu büyüyen nüfusa sağlıklı ve sürdürülebilir besin kaynaklarını sağlamada zorluklar görülmektedir. Bu konu kaynaklar, çevre, ekonomi ve refahla ilgili çeşitli sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilgilidir. Su ürünleri sektörünün kilit bir bileşeni olan su ürünleri yetiştiriciliği insan refahını destekleme ve sürdürülebilir tarım hedeflerine ulaşmada, giderek daha da önemli pozisyon almaktadır (Hambrey, 2017). Bunun yanı sıra, su ürünleri yetiştiriciliği açlığın ortadan kaldırılmasına ve sağlığın iyileştirilmesine, sorumlu üretim ve tüketim yoluyla okyanusların, suyun, iklimin ve toprağın çevresel sürdürülebilirliğinin artırılmasına, yoksulluğun azaltılmasına, cinsiyet eşitliğinin sağlanmasına ve geçim koşullarının iyileştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Troel et al., 2023). Dünya su ürünleri üretimi 2021 yılında yeni bir zirveye ulaşmıştır. FAO (2023)' göre su ürünleri yetiştiriciliği üretimi 126,03 milyon ton olup bunun canlı gruplarına göre dağılımı, balıklar 59,42 milyon (%47); yumuşakçalar 18,42 milyon ton (%15); kabuklular 11.88 milyon ton (%9) ve sucul bitkiler (alg) 35,17 milyon ton (%28) şeklinde gerçekleşmiştir (Tacon, 2023). Türkiye, 2021 yılında yetiştiricilik klasmanında 196 dünya ülkesi içinde miktar olarak 17, değer olarak 14. Sırada yer almıştır. Gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliğinde dünyada 2. Sırada yer alan ülkemiz, Avrupa deniz levreği ve çipurada ilk sırada bulunmaktadır. Buna ilaveten, ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği 2022 yılında yeni bir rekora imza atarak 515 bin tona ulaşmıştır. 19 türün yetiştiriciliğinin yapıldığı ülkemizde, ilk sırada 189.801 bin ton (%33) ile gökkuşacağı alabalığı, ikinci sırada 156.602 ton ile (%30) Avrupa deniz levreği ve üçüncü sırada 152.456 ton ile (%30) çipura bulunmaktadır. Gökkuşacağı alabalığı 76 ilimizde yetiştiriciliği yapılırken, Elazığ, Muğla ve Sinop ilk üç sırada yer almaktadır. Avrupa deniz levreğinde Muğla, İzmir ve Aydın (toplam 11 il); çipura ise Muğla, İzmir ve Mersin (toplam 6 il) şeklinde sıralanmaktadır. Muğla ile 170.206 ton ile Türkiye su ürünleri yetiştiriciliğinde %33'lük pay ile ilk sırada adeta ülkenin lokomotifleri olarak görevini sürdürmektedir.

Türkiye'nin su ürünleri yetiştiriciliğinin kısaca gelişimine bakacak olursak tarihler, 1969-1970'li yılları gösterdiğinde sazan ve gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliği ile başladığı görülür. 1980'li yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinin özellikle denizel türleri yönünde ilerlemeler kayıt edilmiştir. Başta, Ege kıyılarında çipura ve Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği faaliyetlerine başlanmıştır. 1990'lı yıllarda Karadeniz'de kafeslerde gökkuşacağı alabalığı ve Atlantik salmonu yetiştiriciliği girişimleri gerçekleşmiştir. 2000'li yıllarda Akdeniz ve Ege denizindeki orkinos yetiştiriciliği (besiciliği) kendini göster-

miştir. Yine 2000 yılından itibaren başlayan araştırma geliştirme çalışmaları yeni türler (Granyöz, lahos, fangri, trança, yayın vb.) ile ilgili başarılı sonuçlara ulaşmasından sonra, 2008 yılından itibaren su ürünleri istatistiklerinde belirlemiştir (Yıldırım, 2021). Aynı bir gelişme olarak, 2020 yılından itibaren Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü tarafından, gökkuşuğu alabalıklarının kilogram üzeri büyütüldükten sonra, iç piyasa ve ihraç ürün olarak satış etiketlerinde “Türk Somonu” ticari isminin kullanılması benimsenmiştir (Yıldırım ve Cantaş, 2022).

Muğla ili, Türkiye'nin güney batısında bulunmakta olup, 37°22'N boylamında, 28°35'E enleminde konumlanmıştır. Türkiye'nin en uzun kıyı şeridinde sahip unvanı bulunan Muğla'nın kıyı uzunluğu 1124 km'dir. Denizel ve iç su kaynakları zenginliği nedeniyle, su ürünleri yetiştiriciliğinin cazibe merkezi haline gelmiştir. Muğla ili su ürünleri yetiştiriciliği açısından uygun koşullar barındırması sonucu, hızlı bir gelişme trendine girerek Türkiye'de gerek işletme sayısı ve gerekse yetiştiricilik üretim miktarı açısından lider haline gelmiştir (Yıldırım ve Okumuş, 2004).

Türkiye'de bölgesel yada il bazında su ürünleri yetiştiricilik işletmelerinin yapısal analizini değerlendiren araştırmalar bulunmaktadır. Ancak, Muğla ilindeki hem içsu hem de denizel yetiştiricilik çiftliklerine yönelik bütünsel herhangi bir çalışma olmadığı gibi, istihdama yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Ülkemizde hatırı sayılır bir katma değer oluşturan Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiricilik işletmelerinin hem yapısal analizi, hem bazı yetiştiricilik parametreleri ve hem de istihdama (teknik yada teknik olmayan personel varlığını) yönelik detaylı bir analizi bu çalışmada ele alınmıştır. Çalışan varlığı üretim basamağındaki anahtar noktalardan birisi olduğu aşikârdır.

2. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada, Muğla il sınırları içerisinde yer alan içsu ve denizel su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal, yetiştiricilik parametreleri ve istihdam analizleri açısından değerlendirmeleri amaçlanmıştır. İlde yer alan işletmelerin listesi Tarım ve Orman Muğla il Müdürlüğünden (O zaman ki Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü) temin edilip, işletmeler 2013 yılında ziyaret edilmiştir. Yüz-yüze görüşme esnasında yönetici ve çalışanlara sorular yöneltilmiştir. Çalışma kapsamında Muğla ili sınırları içerisinde yetiştiricilik tesisleri olan *Milas, Bodrum, Fethiye, Köyceğiz, Dalaman, Merkez, Ula, Kavaklıdere ve Yatağan* ilçelerine seyahatler yapılmıştır. 327 adet su ürünleri yetiştiricilik tesisleri (79 adet gökkuşuğu alabalığı, 148 adet toprak havuzlarda deniz balıkları, 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları ve 5 adet denizel kuluçkahane ve 1 adet avlak sahada yetiştiricilik yapan) aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

- Gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapan işletmeler,

- Deniz balığı (Çipura-Avrupa Deniz levreği) yetiştiriciliği yapan işletmeler (ağ kafes),
- Deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmeler (toprak havuz),
- Deniz balıkları kuluçkahane işletmeleri.

Elde edilen bilgiler daha sonraki çalışmalara referans (bir altlık) oluşturması açısından hassasiyetle analiz edilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Türkiye’de ilgili yılda 2291 adet yetiştiricilik işletmesi bulunmaktadır. Bunun 327’si (yaklaşık %14.5’i) Muğla ilinde yer almaktadır (Çizelge 3.1.) Çalışmanın yapıldığı yıllarda elde edilen bilgiler doğrultusunda, 93 adet gökkuşuğu alabalığı işletmesinin 79’nin üretimde, 14’nde projesi olarak beklediği saptanmıştır. Yetiştiricilik faaliyeti yapan 79 adet gökkuşuğu alabalığı işletmesinin kapasiteleri toplamı 12.994 ton/yıl olduğu belirlenmiştir. Çipura-Avrupa deniz levreği tesis sayısının ise 287 adet, bu işletmelerin 242’nin üretimde, 45’nde projelerinin tamamlandığı bilgisi elde edilmiştir. Faaliyette olan 242 adet çipura- Avrupa deniz levreği işletmesinin kapasite toplamı 90.890 ton/yıl olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3.2; Şekil 3.1).

Çizelge 3.1. Türkiye’deki işletme sayıları ve proje kapasiteleri¹

Faaliyet Alanı	Adet	Proje Kapasitesi(ton/yıl)
İçsu İşletmeleri	1.883	242.322
Deniz İşletmeleri	408	193.420
Toplam	2.291	435.742

¹2013 yılına ait

Çizelge 3.2. Muğla ilindeki projeli ve üretimde olan işletme sayıları ve kapasiteleri¹

Türler	Yetiştiricilik yapılan alan	Projeli işletme sayısı (adet)	Projeli işletmelerin kapasiteleri (ton/Yıl)	Üretimdeki işletme sayısı(adet)	Üretimdeki işletmelerin kapasitesi(ton/yıl)
Çipura-levrek	Ağ Kafes	102	88.560	94	83.460
Çipura-levrek	Toprak Havuzlar	185	9.163	148	7.430
Toplam		287	97.723	242	90.890
Gökkuşuğu Alabalığı	Beton Havuzlar	90	13.190	77	11.994
Gökkuşuğu Alabalığı	Ağ Kafes	3	1.650	2	1.000

Toplam	93	14.840	79	12.994
Deniz Balıkları Kuluçkahanesi	7	269.500.000 adet/yıl yavru balık	5	211.500.000
GENEL TOPLAM	387	112.563 ton	326 +1 avlak saha	103.884 +200

¹2013 yılına ait (TOB, 2013).



Şekil 3.1. İşletmelerin İlçelere Göre Sayıları ve Kapasiteleri

3.1. Muğla İlinde Yer Alan Gökkuşacağı Alabalığı İşletmeleri (Beton, ağ kafes)

Muğla ili sınırları içerisinde üretimde beton havuzlarda toplam 77 adet, 2 adet de baraj içerisinde ağ kafeslerde gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliği yapan işletme bulunmaktadır. Bu çalışmada kapsamında; gökkuşacağı alabalığı yetiştiriciliği yapmakta olan *Fethiye ilçesine bağlı Arpacık, Bağlağaç, Dereköy, Karadere, Ortaköy, Ören, Patlangıç, Sahilceylan, Söğütlü, Söğütlüdere, Yaka, Yanıklar, ve Yayla geniş köylerinde, Dalaman ilçesine bağlı, Bereket barajı, Gürleyik, Elçik ve Narlı köylerinde, Köyceğiz ilçesine bağlı Beyobası, Karaçam, Ağla ve Pınar köylerinde, Ula ilçesine bağlı Kavakçalı köyünde, Merkez ilçesine bağlı Yörükoğlu ve Yemişendere köyünde, Yatağan ilçesine bağlı Nebiköy,*

Kavaklıdere merkez'deki işletmelerde birebir görüşmeler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Gökkuşluğu alabalığı işletmelerinin buldukları köy ve ilçelere göre dağılımları

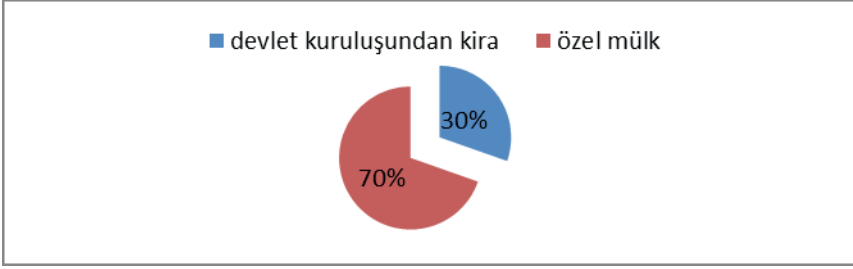
Köy-Mahalle	İlçe	İşletme Sayısı
Arpacık	Fethiye	2
Bağlağaç		1
Dereköy		1
Esenköy		1
Karadere		1
Ortaköy		1
Ören		25
Patlangıç		1
Sahilceylan		11
Söğütlü		2
Söğütlüdere		5
Yaka		11
Yanıklar		2
Yayla geniş		1
Elçik	Dalaman	1
Gürleyik		1
Narlı		1
Bereket Barajı		2
Merkez	Kavaklıdere	1
Beyobası	Köyceğiz	1
Karaçam		1
Pınar		1
Ağla		1
Yemişendere	Merkez	1
Yörükoğlu		1
Kavakçalı	Ula	1
Nebiköy	Yatağan	1
TOPLAM		79

Bu işletmelerin 22 adeti (314.850.000 adet yavru/yıl) aynı anda hem yetiştiricilik hem kuluçkahane olarak faaliyetini göstermektedir. Fethiye'de ilk olarak 1985 yılında açılan 3 işletme ile gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliğine fiilen başlamışlardır. Bu işletmelerin proje isimleri ise, *Tlos Seafood Su Ürünleri Tic. A.Ş.*, *Ayhan Alp* ve *Salih Saltan*'dir. Üretimde olan 77 adet işletmenin bulunduğu arazinin 512 dönüm 2 adet ağ kafes işletmesinin kullandığı su alanı 27.000 m² ve toplam kapasitesinin 12.994 ton/yıl olduğu belirlenmiştir.

3.1.1. İşletmelerin genel özellikleri

3.1.1.1. İşletmelerin kurulmuş olduğu arazinin durumu

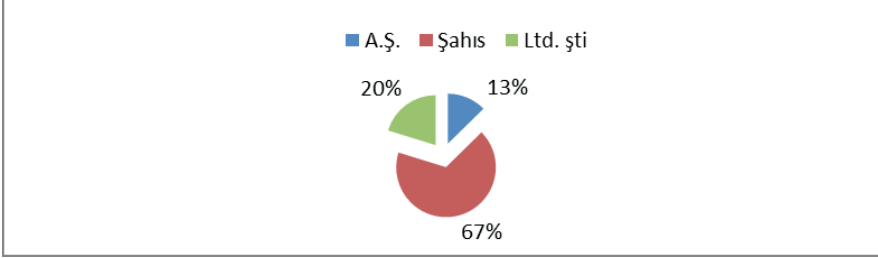
Anket çalışması kapsamında incelenen 79 gökkuşacağı alabalığı işletmelerin arazi durumlarına bakıldığında %70 özel mülk, %30 devlet kuruluşlarından kiralandığı tespit edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Gökkuşacağı alabalığı işletmelerin mülkiyet durumu

3.1.1.2. İşletmelerin hukuki şekli

Anket çalışması kapsamında incelenen 79 gökkuşacağı alabalığı işletmelerinin % 67'si şahıs, % 20'sinin limited şirket, % 13'nün anonim şirketi olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Gökkuşacağı alabalığı işletmelerin hukuki dağılımları

3.1.1.3. Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Kapasiteleri

Anket çalışması kapsamında incelenen 79 gökkuşacağı alabalığı işletmelerinin kapasiteleri %62.5'lik kısmı küçük çaptaki aile işletmelerinden oluşmakta olup; 0-10 ton/yıl olan 23 adet, 10-20 ton/yıl 8 adet, 20-30 ton/yıl 19 adet, 30-70 ton/yıl 3 adet, 70-120 ton/yıl 4 adet, 120-300 ton/yıl 8 adet, 300-800 ton/yıl 8 adet, 800-2500 ton/yıl 6 adet işletme olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Gökkuşacağı alabalığı işletmelerinin kapasite aralıkları

İşletme Kapasitesi (ton/yıl)	Adet
0-10	23
10-20	8
20-30	19
30-70	3
70-120	4
120-200	4
200-300	4
300-500	5
500-800	3
800-2500	6
Toplam	79

3.1.1.4. Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerde Kullanılan Su Miktarları

Çalışma kapsamında 79 adet gökkuşacağı alabalığı işletmesinin kullandığı su miktarına bakıldığında: 77 işletmede kullanılan toplam su miktarı 23.926 L/sn ve ortalama su miktarı 299 L/sn/işletme olarak bulunmuştur. Ağ kafeste gökkuşacağı alabalığı yapan üreten 2 işletme ise 27.000 m² su yüzey alanı kullandığı belirlenmiştir.

3.1.2. Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yetiştiricilikle İlgili Bilgileri

3.1.2.1. Stoklama Yoğunluğu

İşletmeler arası stoklama oranı birim hacme 15-30 kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Ortalama stok yoğunluğu ise 17.2 kg/m³ olarak tespit edilmiştir.

3.1.3.2. Yem Değerlendirme Oranı (YDO)

Firmaların genel yem değerlendirme oranları 0,7 kg ile 1,3 kg arası değiştiği tespit edilmiştir.

3.1.3. Gökkuşacağı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin İstihdam Verileri

Araştırmanın yapıldığı işletmeler istihdam yönüyle de irdelendiğinde çalışan sayısı, cinsiyeti ve yaşında şunlar ortaya çıkarılmıştır. Küçük kapasiteli işletmelerin aile işletmesi niteliğinde olduğu ve çalışan sayısı 1-5 kişiyi arasında değiştiği ve bunun oransal olarak %62,5 olduğu saptanmıştır. Bu araştırma kapsamındaki 79 gökkuşacağı alabalığı firmasında toplam 94 su ürünleri mühendisi ve 2 su ürünleri teknikeri görev yaptığı tespit edilmiştir.

Alınan verilere göre çalışan sayıları:

- Çalışan Su ürünleri Mühendis sayısı: 94 kişi
- Çalışan Su ürünleri Tekniker sayısı: 2 kişi
- Çalışan diğer (işçi, aşçı ,bekçi) çalışan sayısı: 405 kişi
- *Toplam çalışan kişi sayısı: 501 kişi olduğu saptanmıştır.*

Bilgi alınan 65 (%82) işletmeye göre; çalışanların yaşları ortalaması 36 olup, çalışanlardan 12 kişinin kadın ve 330 kişinin erkek olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Muğla İlinde Yer Alan Ağ Kafeslerde Deniz Balıkları (Çipura-Avrupa deniz levreği) Yetiştiriciliği Yapan İşletmeler

Muğla İli Milas ve Bodrum ilçelerinde toplam 94 adet ağ kafeste denizel ortama faaliyet gösterdiği belirlenmiştir. Bunlardan 20'si Bodrum'da, 74'ü Milas'ta bulunmaktadır. Milas İlçesi'ndeki ağ-kafes deniz balığı yetiştiriciliği işletmelerinin Boğaziçi, Bozbük, Gürçamlar, Kıyıkışlacık, Kazıklıbucak ve Meşelik köylerinde, Bodrum'daki işletmelerin ise Gündoğan, Sazköy ve Torba'da yer aldığı belirlenmiştir.

Muğla ilinin Milas ve Bodrum ilçelerinde toplam 94 adet olmak üzere denizde kafeslerde yetiştiricilik yapılmaktadır. Bunlardan 20 tanesinin Bodrum'da, 74 adetinin Milas'ta olduğu saptanmıştır. Milas ilçesinde ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin Boğaziçi, Bozbük, Gürçamlar, Kıyıkışlacık, Kazıklıbucak ve Meşelik, Bodrum'daki işletmelerin ise Gündoğan, Sazköy ve Torba köylerinde dağılım gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3.5.)

Çizelge 3.5. Muğla ilinde yer alan ağ kafeslerde çipura-Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği yapan işletmelerin dağılımı

Köy (Mahalle)	İlçe	İşletme Sayısı
Gündoğan	Bodrum	2
Sazköy		14
Torba		4
Boğaziçi	Milas	6
Bozbük		15
Gürçamlar		22
Kazıklıbucak		2
Kıyıkışlacık		22
Meşelik		7
TOPLAM		

Denizel ortamda ağ kafeslerde yetiştiricilik faaliyeti ilk olarak 1987 yılında Sürsan ve Orsa işletmeleriyle başlamıştır. 94 adet işletmenin kapladığı denizel yüzey alanın 2.721 dönüm ve proje kapasiteleri ise 83.460 ton/yıl olarak belirlenmiştir.

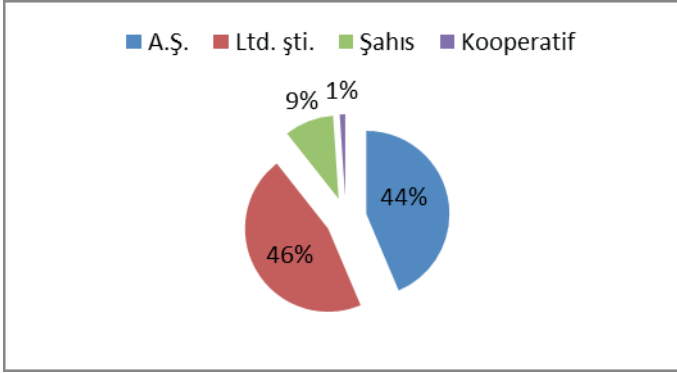
3.2.1. İşletmelerin genel özellikleri

3.2.1.1. İşletmelerin kuruluş yerleri

Anket çalışması kapsamında incelenen 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin su yüzey alanı durumlarına bakıldığında %100 devlet kuruluşlarından kiralandığı tespit edilmiştir.

3.3.1.2. İşletmelerin hukuksal boyutu

Anket çalışması kapsamında incelenen 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin % 9'un şahıs , % 46'sının limited şirketi, % 44' nün anonim şirketi, %1'nin kooperatif'dir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ağ kafeslerde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin hukuki şekline göre dağılımları

3.2.1.3. Ağ Kafeslerde Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Kapasite Aralıkları

Anket çalışması kapsamında incelenen 94 adet ağ kafeslerde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerinin kapasiteleri Çizelge 3.6'de verilmiştir. Toplam kapasite 83 bini geçmiş olup, 180-4000 ton arasında değişmektedir.

Çizelge 3.6. Ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin kapasite aralıkları

İşletme Kapasitesi (ton/yıl)	Adet
180-300	35
300-500	8
500-750	14
750-1000	17
1000-1200	5
1200-2000	15
2000-4000	5
TOPLAM	94

3.2.1.4. Ağ Kafeslerde Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerde Alan Kullanımı

Anket çalışması kapsamında incelenen 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin su yüzey alanı durumlarına bakıldığında işletmelerde kullanılan toplam ve ortalama denizel alan toplam 2.721.520 m², işletme başına ise ortalama 28.952 m² olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. Ağ Kafeslerde Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin İstihdam Verileri

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerde çalışan personelin sayısı belirlenmiştir. Denizlerde ağ kafeslerde yetiştiricilik yapan işletmelerin % 95' inde su ürünleri mühendislerinin çalıştığı, %5'nde ise çalışmadığı belirlenmiştir. Denizde kafes yetiştiriciliği yapan firmaların %95'inin su ürünleri mühendisi çalıştığı, %5'inde ise çalışmadığı belirlenmiştir.

İncelenen 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerde 332 su ürünleri mühendisinin 5 adet su ürünleri teknikeri çalıştığı belirlenmiştir.

Alınan verilere göre çalışan sayıları:

- Çalışan su ürünleri mühendis sayısı:332 kişi
- Çalışan su ürünleri tekniker sayısı: 5 kişi
- Çalışan diğer (işçi, aşçı, bekçi, dalgıç, kaptan) çalışan sayısı: 943 kişi
- *Toplam çalışan kişi sayısı: 1280 kişi olduğu belirlenmiştir.*

3.2.3 Ağ Kafeslerde Deniz Balıkları Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yetiştiricilik Parametreleri

3.2.3.1 Stoklama Yoğunluğu

İncelenen firmaların stok yoğunluklarının 8-10 kg/m³ arasında değişim gösterdiği olsa da, ortalama stok yoğunluğu 8 kg/m³ olduğu tespit edilmiştir.

3.2.3.2. Yem Değerlendirme Oranı (YDO)

Yavrudan- market ağırlığına kadarki süre içinde 1 kg balık üretimi sağlamak için ortalama 1,65 kg ile 1,9 kg arası yem harcandığı belirlenmiştir.

3.3. Muğla İlinde Yer Alan Toprak Havuzlarda Deniz Balıkları (Çipura, Avrupa deniz levreği) Yetiştiriciliği Yapan İşletmeler

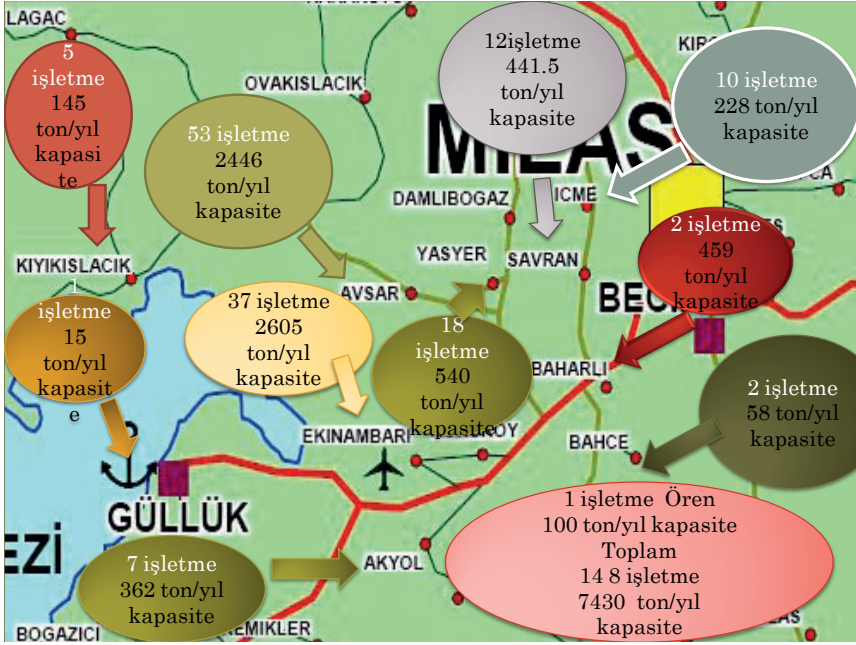
Muğla İli Milas İlçesine bağlı *Akyol, Avşar, Baharlı, Bahçeyeniköy, Ekinanbarı, Güllük, İçme, Kıyıkışlacık, Ören, Savran ve Yaşyer* mahallelerinde toprak havuz sistemlerinde çipura ve Avrupa deniz levreği yetiştiricilik tesisleri bulunmaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği işletmelerinin buldukları köy ve ilçelere göre dağılımları

Köy (Mahalle)	İlçe	İşletme Sayısı
Akyol	Milas	7
Avşar		53
Baharlı		2
Bahçeyeniköyü		2
Ekinanbarı		37
Güllük		1
İçme		10
Kıyıkışlacık		5
Ören		1
Savran		12
Yaşyer		18
TOPLAM		148

İlk işletme 1986 yılında kurulmuş olan Arbe Su Ürünlerine ait olup, 1990'dan sonra işletme sayısı hızla artış göstermiştir. Çalışmanın yürütüldüğü toprak havuz şirketi sayısı 148 adettir. 148 firmanın 2 bin dekarlık arazide, yıllık toplam 7 bin 430 ton üretim kapasitesinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).

Milas'ta toprak havuzlarda ilk olarak 1986 yılında, 48 tonluk deniz balıkları yetiştiriciliği Savran köyüne ait *Eski değirmen* mevkiinde faaliyete geçmiştir. Milas'taki yerleşik halkın aile tipi küçük ölçekli işletme girişimleri buraya ilgi artınca dış yatırımcıları çekmiş kiralama yada mülkiyet edinme yöntemiyle kapasite hacmi yükselmiştir.

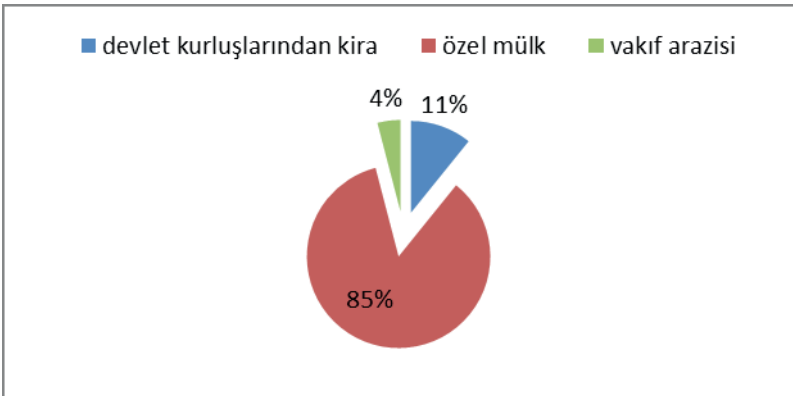


Şekil 3.5. Milas yöresindeki toprak havuzların köylere göre işletme sayıları ve kapasiteleri

3.3.1. İşletmelerin genel özellikleri

3.3.1.1. İşletmelerin arazinin durumu

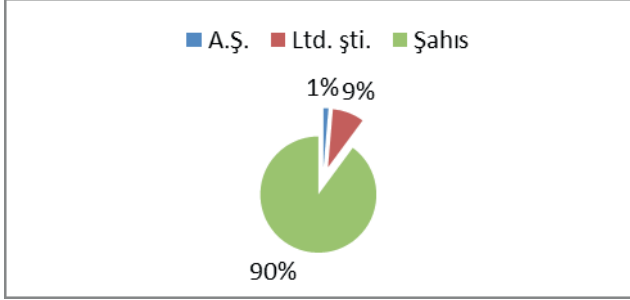
İncelenen 148 adet toprak havuzda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin arazi durumlarına bakıldığında %85 özel mülk, %11 devlet kuruluşlarından kiralandığı ve %4 ise vakıf arazisi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin kurulmuş olduğu arazi tipleri

3.3.1.2. İşletmelerin hukuki şekli

Üzerinde çalışılan 148 adet toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin % 90'nın Şahıs , % 9'unun limited şirketi, % 1'in anonim şirketi olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin hukuki yapıları

3.3.1.3. Toprak Havuzlarda Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Kapasite Aralıkları

Anket çalışması kapsamında incelenen 148 adet toprak havuzlarda deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerinin kapasiteleri %81' lik kısmı küçük çaptaki aile işletmelerinden oluşmakta olup; 0-10 ton/yıl olan 3 adet, 10-20 ton/yıl 19 adet, 20-30 ton/yıl 99 adet, 30-70 ton/yıl 5 adet, 70-120 ton/yıl 12 adet, 120-200 ton/yıl 5 adet, 200-500 ton/yıl 5 adet işletme olduğu saptanmıştır (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8. Toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin kapasite aralıkları

İşletme Kapasitesi (ton/yıl)		Adet
0-10		3
10-20		19
20-30		99
30-70		5
70-120		12
120-200		5
200-500		5
TOPLAM	7.430	148

3.3.1.4. Toprak Havuzlarda Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerde Kullanılan Su Miktarları

148 adet toprak havuzlarda deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerinin kullandığı su miktarına toplam 11875 L/sn, işletme başına ise ortalama 80 L/sn'dir.

3.3.1.5. Toprak Havuzlarda Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerde Kullanılan Arazi Miktarları

Toprak havuzlarda deniz balığı yetiştiriciliği yapan 148 işletmede kullanılan toplam ve ortalama arazinin ise sırasıyla 2.087.325 m², 14.104 m² olduğu tespit edilmiştir.

3.3.2. Toprak Havuzlarda Deniz Balığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin İstihdam Verileri

Kurulu firmaların istihdam değerlendirilmesi göz önüne alındığında, % 90'da 1-5 kişi çalıştığı belirlenmiştir. Bu tip işletmelerde çalışanlar genellikle aile fertleridir. İncelenen 148 adet tesiste 22 su ürünleri mühendisinin 1 su ürünleri teknikeri çalıştığı tespit edilmiştir

Alınan verilere göre çalışan sayıları:

- Çalışan Su ürünleri Mühendis sayısı: 22 kişi
- Çalışan Su ürünleri Tekniker sayısı: 1 kişi
- Çalışan diğer (işçi, aşçı, bekçi) çalışan sayısı: 176 kişi
- *Toplam çalışan kişi sayısı: 200 kişi*

Bilgisi alınan 127 adet (%86) işletmenin çalışanların yaşları ortalaması 38,5, cinsiyet dağılımı ise 5 kişi kadın 195 erkek olmuştur.

3.2.3. Toprak Havuzlarda Deniz Balıkları Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yetiştiricilik Parametreleri

3.3.3.1. Stoklama Yoğunluğu

Birim hacme yerleştirilen balık miktarının 5-10 kg/m³ arasında değişim gösterdiği saptanmıştır. Ortalama stok yoğunluğu 5-6 kg/m³ olarak tespit edilmiştir.

3.3.3.2. Yem Değerlendirme Oranı (YDO)

İşletmelerde genel olarak FCR değerleri normal sınırlar içinde olup, ortalama olarak 1,3 kg ile 1,7 kg arasında değişim göstermiştir.

3.4. Muğla İlinde Yer Alan Deniz Balıkları Kuluçkahane İşletmeleri

5 adet olmak üzere deniz balıkları kuluçkahanesi bulunmakta olup *Avşar, Bozalan, Güvercinlik, Kıyıkışlacık ve Ören* mahallerinde dağılım gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9. Muğla ilinde yer alan deniz balıkları kuluçkahanelerinin ilçe ve köylere göre dağılımları

Köy (Mahalle)	İlçe	Kuluçkahane Sayısı
Avşar	Milas	1
Bozalan		1
Güvercinlik		1
Kıyıkışlacık		1
Ören		1
TOPLAM		5

Bölgede deniz balıkları kuluçkahanesi üretimi ilk olarak 1996 yılında Milas'ın Bozalan köyünde açılan ve halen üretimde olan *Kılıç Deniz Ür.Üret. İhr.İth.ve Tic.A.Ş.* işletmesi ile başlamıştır. Üretimde olan 5 adet işletmenin bulunduğu arazinin 176.886 m² ve toplam proje kapasitelerinin 211.500.000 adet/yıl olduğu tespit edilmiştir.

3.4.1. İşletmelerin genel özellikleri

3.4.1.1. İşletmelerin kurulmuş olduğu arazi mülkiyeti

5 adet deniz balıkları kuluçkahanesi yavru üretimi yapan işletmelerin yüzey alanı durumlarına bakıldığında %20 devlet kuruluşlarından kiralandığı ve %80 özel mülk olduğu tespit edilmiştir.

3.4.1.2. İşletmelerin hukuki şekli

Yavru üretimi yapan işletmelerin % 100' nün anonim şirketi (A.Ş.) olduğu tespit edilmiştir.

3.4.1.3. Deniz Balığı Kuluçkahanesi İşletmelerin Kapasiteleri

Ele alınan 5 adet deniz balığı kuluçkahanesinin 1 adeti 390.000.000 adet/yıl, 1 adet 80.000.000 adet/yıl, 1adet 39.500.000 adet/yıl, 1adet 28.000.000 adet/yıl, 1adet 15.000.000 adet/yıl olduğu belirlenmiştir.

3.4.1.4. Deniz Balığı Kuluçkahanesi İşletmelerinde Kullanılan Su Miktarları

Araştırılan 5 adet deniz balıkları kuluçkahanesi işletmelerin kullandığı su miktarına bakıldığında işletmelerde kullanılan toplam su miktarı 835 L/sn ve ortalama su miktarı ise 167 L/sn olduğu ortaya çıkarılmıştır.

3.4.1.5. Deniz Balığı Kuluçkahanesi İşletmelerinde Kullanılan Arazi Miktarları

Çalışma kapsamında incelenen 5 adet deniz balığı kuluçkahanesi işletmelerinde kullanılan toplam arazi 176.886 m² ve ortalama arazi ise 35.377 m² olarak tespit edilmiştir.

3.4.2. Deniz Balığı Kuluçkahanesi İşletmelerin İstihdam Verileri

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerde çalışan personelin sayısı belirlenmiştir. Deniz balığı kuluçkahanesi işletmelerin % 100' ünde su ürünleri mühendislerinin çalıştığı belirlenmiştir. İncelenen 5 adet deniz balıkları kuluçkahanesi işletmelerinde 38 su ürünleri mühendisinin 32 adet su ürünleri teknikeri çalıştığı belirlenmiştir.

Alınan verilere göre çalışan sayıları:

- Çalışan su ürünleri mühendis sayısı: 38 kişi
- Çalışan su ürünleri tekniker sayısı: 32 kişi
- Çalışan diğer (işçi, aşçı ,bekçi) çalışan sayısı: 76 kişi
- *Toplam çalışan kişi sayısı: 146 kişi olduğu belirlenmiştir.*

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Muğla ilinde üretimde olan toplamda 327 adet işletmenin 79 adedi gökkuşağı alabalığı işletmesi, 148 adet toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletme ve 94 adet ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletme, 5 adet deniz balıkları kuluçkahanesi, 1 adet avlak sahada yetiştiricilik işletmesi olduğu araştırmanın yapıldığı yıl itibariyle tespit edilmiştir.

İşletme arazi ve kullanılan su yüzey alanı durumlarını bakıldığında 327 işletmenin 185 adedi özel mülk, 136 adedi devlet kuruluşlarından kiralandığı, 6 adedi ise vakıf arazisi bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin işletme arazi ve kullanılan su yüzey alanı durumları

İşletme arazi ve kullanılan yüzey alanı durumu	Adet
Özel mülk	185
Devlet kuruluşlarından kira	136
Vakıf arazisi	6
Toplam	327

İşletmelerin kuruluş yıllarına bakıldığında ilk olarak 1985 yılında gökkuşağı alabalığı projesi ile başlanmış olup bunu 1986 yılında toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmeler takip etmiş olup 1987 yılında ise ağ kafeslerde deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmeler projeleri ile üretime dâhil olmuştur. En çok proje ile üretime geçi yılları ise 2002 ile 2012 yılları arasında olup toplamda 190 işletme üretime başlamıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin işletme onay yıllarına göre sıralaması

İşletme Onay Yılı	Adet
2012	1
2011	13
2010	12
2009	8
2008	24
2007	39
2006	36
2005	32
2004	13
2003	16
2002	16
2001	3
1999	5
1998	9
1997	8
1996	5
1995	13
1994	20
1993	2
1992	6
1991	3
1990	24
1989	5
1988	3
1987	2
1986	6
1985	3
TOPLAM	327

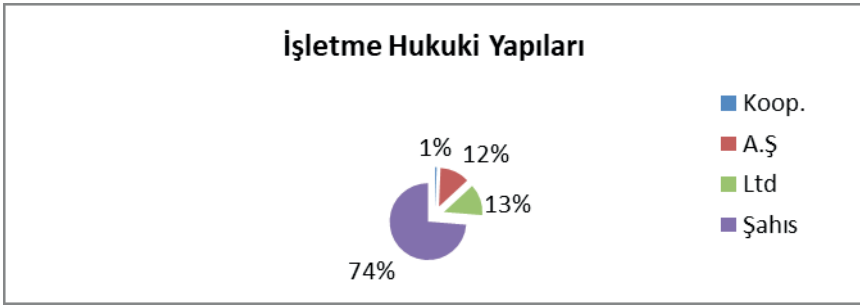
İşletme kapasite aralıklarına bakıldığında 0-30 ton/yıl kapasiteli aile işletmesi olan 171 adet (yaklaşık %52'si) işletmenin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3)..

Çizelge 4.3. Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin kapasite aralıkları

İşletme Kapasitesi Ton/yıl	Adet
0-10	26
10-20	27
20-30	118
30-70	8
70-120	16

120-200		12
200-300		39
300-500		15
500-800		18
800-1200		25
1200-1600		4
1600-2000		12
2000-4000		7
Toplam	104.084 ton/yıl	327

İşletmelerin hukuki yapılarına bakıldığında 41 işletme A.Ş., 43 işletme Ltd, 2 işletme Kooperatif, 243 işletme Şahıs işletmesi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerinin hukuki yapıları

Muğla ilinde yer alan 327 adet su ürünleri yetiştiricilik işletmeleri ile yapılan yüz-yüze anket çalışması sonucunda elde edilen istihdam verileri aşağıdaki gibi tespit edilmiştir.

- Toplam çalışan su ürünleri mühendis sayısı: 486 kişi
- Toplam çalışan su ürünleri tekniker sayısı: 40 kişi
- Toplam çalışan diğer (işçi, aşçı, bekçi, dalgıç, kaptan) çalışan sayısı: 1601 kişi
- *Toplam çalışan kişi sayısı: 2127 kişi çalıştığı belirlenmiştir.*

Gökkuşluğu alabalığı işletmelerinde ortalama tesis başına debinin 300 L/sn olduğu, stoklama yoğunluğunun 17,2 kg/m³, FCR değerlerin 0,7-1,3, çalışanların ortalama yaşı ise 36 olduğu tespit edilmiştir. Yıldırım (2011), Fethiye, Eşen Çayı üzerindeki gökkuşluğu alabalığı işletmelerinde yaptığı çalışmada FCR değerlerinin 0.80-1.25 arasında değişim gösterdiğini bulmuştur.

İşgören (1996) yılında yaptıkları çalışmada, Muğla ilinde 121 adet yetiştiricilik işletmesinin bulunduğunu, bunlarında 106 adedinin deniz balıkları, 15 adedinin ise içsu balıkları tesisi olduğunu, 1992 yılında 729 ton çipura ve

levrek 689 ton gökkuşağı alabalığı üretildiğini belirtmişlerdir. Yem değerlendirme oranlarının 1,9-2,8 arasında değiştiği, üzerinde çalıştıkları 96 işletmenin ortalama FCR değerinin 2,7 olduğunu tespit etmişlerdir. Yıldırım ve Pultsü (2011), Fethiye, Eşen Çayı üzerindeki gökkuşağı alabalığı işletmelerinde FCR değerlerinin 0.80-1.25 arasında değişim gösterdiğini bulmuştur. Şeker (2011), Muğla'daki gökkuşağı alabalığı tesislerinde ortalama stok yoğunluğunun 18,3 kg, FCR değerinin ise 0,8-1,5 arasında değiştiğini belirlemiştir. Çalışan personel yaş aralığının se 21-60 arasında bulunduğunu tespit etmiştir. 55 adet toprak havuzlarda Avrupa deniz levreği yetiştiriciliği tesisinde 9 su ürünleri mühendisinin istihdam edildiğini, yaş dağılımlarına bakıldığında 21-68 arasında değiştiğini ortaya çıkarmıştır. Ayrıca ortalama stok yoğunluğunun 4,6 kg olduğunu, FCR değerlerinin 1-2,5 arasında değişim gösterdiğini bulmuştur.

Yıldırım ve Okumuş (2004) yaptıkları çalışmada, Muğla ilindeki su ürünleri yetiştiriciliği işletmelerini sayısı ve kapasite olarak göz önüne alındığında Türkiye'deki 1.092 adet tesisin 174'nün Muğla'da yer aldığını işletme sayısı bakımından Türkiye'nin %15,9'nu, kapasite bakımından (16.931 ton) ise, %30,2'sini oluşturduğunu vurgulamışlardır. Muğla'da 138 adet çipura-levrek (12.944 ton/yıl), 35 adet gökkuşağı alabalığı(3.937 ton/yıl) ve 1 adet sazan balığı(50 ton/yıl) işletmesi, 3 adet deniz balıkları kuluçkahanesi (23.000.000 adet/yıl) yer olduğunu da bildirmişlerdir.

Bu çalışmada ağ kafeslerde ve toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliğinde stoklama oranı ayrı ayrı olmak üzere 8 kg/m^3 ve 5 kg/m^3 olarak bulunurken, FCR ağ kafeslerde 1,65-1,9; toprak havuzlar da 1,5-1,7 arasında değiştiği yaş ortalamasının ise 38,5 olduğu belirlenmiştir. Gökmar (2006) yaptığı çalışmada, Milas ilçesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal durumu ve performans tespiti için 10 adet işletme üzerinde yürüttüğü araştırmada, ortalama stok yoğunluğu toprak yetiştiriciliğinde $3-5 \text{ kg/m}^3$; denizel ortamda $12-16 \text{ kg/m}^3$ olduğunu ortaya çıkarmıştır. Deniz balıkları işletmelerinin 1992-2003 yılları arasında faaliyet geçtiklerini bir işletme hariç diğerlerin arazi kiralararak başlangıç yaptıklarını bildirmekle birlikte, debilerin 110-150 L/sn olduğunu ifade etmektedir. Buna ilaveten tesislerin mevcut havuzların toplam yüzey alanı 36.096 m^2 , toplam kapasitesini 29.228 ton bulurken, balıklardaki yem değerlendirme oranının 1,75-2,2 arasında değiştiğini ortalama ise 2 olarak hesaplamıştır. Genel değerlendirme olarak yapılan çalışmalar ile benzer değerlerin ortaya çıktığını görmek mümkündür.

Muğla ili yetiştiricilik vasıtasıyla üretimde ülkemizin hem göz bebeği hem de sürükleyicisidir. Muğla ilindeki bütünsel su ürünleri yetiştiriciliğinin referans değerini ortaya koyan bu çalışma, bundan sonraki durum tespitlerinde belirleyici olacaktır. Özellikle teknik personel olarak çalışan su ürünleri mühendis ve teknikerlerin görece en üst düzeyde istihdam edildiği bu bölgede, onların ar-ge çalışma konularının (var olan sorunların çözülmesi ya

da iyileştirilmesi) sahadan (sektörden direkt üniversite ve kamu kuruluşlarına iletilmesinde ana taşıyıcı omurgayı oluşturmaktadır.

Bu çalışma, TÜBİTAK-BİDEB 2209-A Üniversite öğrencileri yurt içi / yurt dışı araştırma projeleri programınca desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- FAO. (2023).The state of world fisheries and aquaculture.
- Hambrey, J. (2017).The 2030 agenda and the Sustainable Development Goals: The challenge for aquaculture development and .management. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1141. FAO
- Gökmar, T. (2006). Muğla ilinin Milas ilçesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal analizleri. Yüksek Lisans Tezi , Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D, İstanbul, 71s.
- İşgören, D. (1996). Güney Ege’de Çipura ve Levrek işletmelerinde Ekonomik optimizasyon Verimlilik ve Artırıcı Önlemler Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D , İzmir.
- Şeker, M.(2011). Muğla İlindeki Gökkuşuğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W. 1792) ve Levrek (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) İşletmelerinin Yapısal Analizi Ve Görülen Hastalıklar Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri A.B.D, İstanbul, 97s.
- TOB, 2013. Muğla Tarım ve Orman İl Müdürlüğü.
- Troell, M., Costa-Pierce, B., Stead, S., Cottrell, R. S., Brugere, C., Farmery, A. K., Little, D. C., Strand, Å., Pullin, R., Soto, D., Beveridge, M., Salie, K., Dresdner, J., Moraes-Valenti, P., Blanchard, J., James, P., Yossa, R., Allison, E., Devaney, C., & Barg, U. (2023). Perspectives on aquaculture’s contribution to the Sustainable Development Goals for improved human and planetary health. Journal of the World Aquaculture Society, 54(2), 251–342. <https://doi.org/10.1111/jwas.12946>
- TÜİK. 2013. Türkiye Su Ürünleri İstatistikleri.
- Yıldırım HB, Pulatsü S (2011) Evaluation of the Effluents Characteristics in Land-based Trout Farms (Fethiye, Muğla) within the Frame of Legal Arrangements. Ekoloji 20 (81): 48-54.
- Yıldırım, Ö., Okumuş, İ. (2004). Muğla İlinde Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Türkiye Su Ürünleri Yetiştiriciliğindeki Yeri. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi 21 (3-4): 361-364.
- Yıldırım, Ö. (2021). Muğla’da Su Ürünleri (Balıkçılık ve Yetiştiricilik). Muğla Kent Ekonomisi (Editörler Bahar, O; Avcı, M.). Detay Yayıncılık, Ankara.
- Yıldırım, Ö., Çantaş, İ.B. (2022). Türkiye’de Gökkuşuğu Alabalığı Yetiştiriciliğinin Üretim ve Ekonomik Göstergelerinin İncelenmesi. Acta Aquatica Turcica, 18(4), 461-474. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1101098>



Bölüm 8

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİNİN SU KALİTESİNE ETKİLERİ

Adem Yavuz SÖNMEZ¹

Yiğit TAŞTAN²

¹ Kastamonu Üniversitesi, İnebolu MYO, Deniz Liman İşletme Programı, Kastamonu

² Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kastamonu, Email:aysonmez@kastamonu.edu.tr

Giriş

Artan dünya nüfusu beraberinde artan gıda ihtiyacını da getirmektedir. Buna bağlı olarak artan ihtiyacı karşılamak adına mevcut kaynaklardan daha fazla gıda üretimi yollarına gidilirken kaynaklar maksimum düzeyde zorlanmaya başlamıştır. Belki de sürdürülebilir gıda üretiminin önündeki en büyük problemlerden birisi budur.

İnsanlığın artan bu gıda ihtiyacını karşılamada en sağlıklı ve önemli kaynaklardan birisi hiç şüphesiz su ürünleri yetiştiriciliğidir. Bugün su ürünleri yetiştiriciliği, küresel gıda üretiminin en hızlı büyüyen sektörüdür. Dünya su ürünleri üretimi 2020 yılı itibari ile 178milyon tona ulaşmıştır(FAO, 2023a).

Mevcut kaynaklardan daha fazla verim elde edilmesi adına birim alandan daha fazla ürün elde edilmesi kaçınılmazdır. Bu da beraberinde bazı problemleri getirirken üretim yapılan su kaynaklarında ve ekosistemde bazı olumsuz unsurları ortaya çıkarabilmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel sonuçlarının doğası ve kapsamı, büyük ölçüde çiftliklerin konumu ve türüne ve ayrıca kullanılan üretim teknolojilerine bağlıdır (Pillay, 2008). Fakat bir bütün olarak bakıldığında su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yemler, ilaçlar, vitamin veya mineral karmaları gibi ürünler ile bu faaliyetlerin yürütülmesinde yoğunlaşan insan ve makine kullanımları hiç şüphesiz olumsuz çevresel koşullara yol açabilmektedir. Bu faaliyetlere bağlı atıkların bölgesel olarak deşarjları su kalitesinde değişimler meydana getirebilmektedir.

Örneğin bu deşarjla ilişkili etkilerden biri, dışkı materyalinin ve yenememiş yemin kafeslerden salınmasından kaynaklanan ve çevredeki biyogeo-kimyasal süreçleri ve biyotik toplulukları değiştirdiği bilinen organik madde zenginleşmesidir (Holmer vd., 2008; Holmer vd., 2010).

Bu besin girdisinin bir sonucu olarak, deniz balığı çiftliklerinin, balık solunumunun bir sonucu olarak su şeffaflığını ve çözünmüş oksijeni azalttığı, ayrıca mikrobiyal, besin ve organik madde remineralizasyonunu arttırdığı gösterilmiştir (Morata vd., 2015).

Su kalitesindeki bu değişiklikler, mercanlar gibi bentik organizmaların yerleşimi ve büyümesi üzerindeki etkiler de dahil olmak üzere çevredeki yaban hayatını ve çiftlik hayvanlarını olumsuz yönde etkileyebilir (Koop vd., 2001; Nugues ve Roberts, 2003; Villanueva vd., 2005).

Karsal işletmelerle birlikte küçük su kaynaklarında yapılan yetiştiricilik faaliyetlerinde de su kalitesinde benzer durumlar ortaya çıkmakla beraber en çok yetiştiricilik miktarı denizsel ortamda olduğundan çalışmaların geneli bu alanlar üzerine yoğunlaşmıştır.

Bu bölümde literatüre dayalı olarak su ürünleri yetiştiriciliğinin su kay-

nakları üzerine olan etkileri farklı yetiştiricilik sistem ve yetiştirilen türe göre ele alınmaya çalışılacaktır.

Balık Yetiştiriciliğinin Su Kalitesine Etkileri

Su ürünleri yetiştiriciliğinin su ekosistemine etkisi konusunda yetiştiriciliğin yapıldığı sistem büyük oranda etkili olsa da özellikle balık yetiştiriciliği esas alındığında kirletici ortak unsurlardan bahsetmek mümkündür. Bunlar içerisinde kullanılan yemler, ilaç veya dezenfektanlar ile balıklar tarafından boşaltımı yapılan atıklar ana unsurları oluşturmaktadır. Buradan hareketle çalışmaların çoğu en büyük üretimin yapıldığı denizlerde yetiştiriciliğe yoğunlaşmaktadır. Elbette karasal yetiştiricilik modelinde de benzer etkilerden söz etmek mümkündür.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde ortaya çıkan atıklar çevreyi olumsuz yönde etkileyebilir. Entansif yetiştiricilikte yemler kullanıldığı zaman tüketilmeyen kısımları organik atık olarak ve dışkı ile atılan kısımlar ortamda birikmeye başlar ve biyokimyasal oksijen ihtiyacını(BOİ) artırır. Bunun yanı sıra ortamdaki nitrat ve fosfat miktarı da yükselir. Solungaçlarda süzülen toplam nitrojen ve karbonun %50'si suya geri verilir. Aynı şekilde yaklaşık %50 oranında fosforda su denize geri salınır(White, 2013; Çantaş ve Yıldırım, 2019)

Özellikle ağ kafeslerde yetiştiricilikte kullanılan düşük kalitede yemler ve ile yemleme stratejilerindeki yanlışlıklar sucul ortam bakımından en büyük kirletici unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Su ortamındaki tüketilmeyen yemler birikerek veya değişime uğrayarak su kalitesinde değişimlere yol açar. Bu kalite değişiminden kirletici olarak bahsetmek için ekosistemin taşıma kapasitesine ve kirliliği oluşturan maddelerin konsantrasyon limitlerine bakmak gerekir. Tatlı sularda alg üretimini etkileyen fosfor besin maddelerinin başında fosfor gelmektedir. Denizel sistemlerde ise azot aynı durumu göstermektedir. Bu besin maddeleri ortama partikül ve çözünmüş halde salınmaktadır (White, 2013; Çantaş ve Yıldırım, 2019).

Nutrient üretiminde azot tek başına etken ve artırıcı unsurlardan olduğu bilinse de fosfor da birincil üretim de nutrient üretimine katkıda bulunmaktadır(Cloern, 2001; Nordvang ve Hakanson, 2002). Nitekim fosforun artması sonucunda sularda alg patlamaları ve ötrofikasyon gibi hadiseler meydana gelmektedir. Kafeslerde balık yetiştiriciliğinde tüketilmeyen yemler, dışkı ve fosfattan gelen metabolik atıkların denizsel ortamda fosfor kaynağı olduğu tahmin edilmektedir (Cole, 2002; Nash vd., 2005; Huntington vd., 2006; IUCN, 2007; Holmer vd., 2008; Tett, 2008).

Bu bağlamda farklı yetiştiricilik tiplerine göre ortaya çıkan azot ve fosfor miktarları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Farklı çiftlik türleri için Azot ve Fosfor yükleri (De silva vd., 2010).

Tür	Kültür Sistemi	Yem	Boşaltım (kg/t)		Referans
			N	P	
Gökkuşığı Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Kafes, Beton Havuz	Ticari	47,3-71,1	6,5-24,2	Lanari vd. 1995, Ingram, 1999, Bureau vd. 2003
Gümüş Levrek (<i>Bidyanus bidyanus</i>)	Havuz, Kafes	Ticari	130	14,4- 28,8	Gooley vd. 2000, 2001a, b
Kanal Kedi Balığı (<i>Ictalurus punctatus</i>) ve Blunt Snout Bream (<i>Megalobrama amblycephala</i>)	Kafes, Havuz		120-160	25-35	Guo ve Li 2003, Guo vd., 2009
Orfoz (<i>Epinephelus areoltus</i>)	Kafes	Iskarta Balık	321		Leung vd., 1999
Orkinos (<i>Thunnus maccoyii</i>)	Kafes	Balık	260-502		Fernandesa vd., 2007
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	Kafes	Ticari	102,9	17,8	Lupatsch ve Kissil 1998
Aynalı Sazan (<i>Cyprinus carpio</i>)	Havuz	Karışık	30,0-86	8,5-26,4	Watanabe vd., 1999 Jahan vd., 2002
Çizgili Kedi Balığı (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)	Havuz	Ticari	46	14,4	De silva vd., 2010
Çizgili Kedi Balığı (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)	Havuz	Çiftlik yapımı	46,8	26,6	De silva vd., 2010

Elbette akuakültür faaliyetleri sonucu su kalitesinde veya sucul ortamda meydana gelen değişiklikler sadece azot veya fosfor dengesi ile alakalı değildir. Bulanıklık veya sedimantasyon gibi problemlere de yetiştiricilik türü veya sistemine bağlı olarak rastlanılmaktadır.

Sediment oluşumu kültürü yapılan balık veya diğer türlerin beslenmelerinde kullanılan yem ve bu canlıların boşaltım faaliyetleri sonucu dışarı atılan dışkılarından kaynaklı yüksek organik yüklerin birikimi sonucu oluşmaktadır. Bununla birlikte sedimantasyon miktarı veya oranı ise yetiştiricilik türüne, yem tipine, yemleme stratejisine ve aynı zamanda yetiştiricilik yapılan alanın derinliğine göre değişiklik gösterir (Porchas ve Cordova, 2012). Akuakültür alanlarında sediment oluşumu üzerine birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. (Islam, 2005; Cao vd., 2007; Diana, 2009; Hixson, 2013; White, 2013; Topçu ve Pulatsu, 2017; Pulatsu vd., 2017)

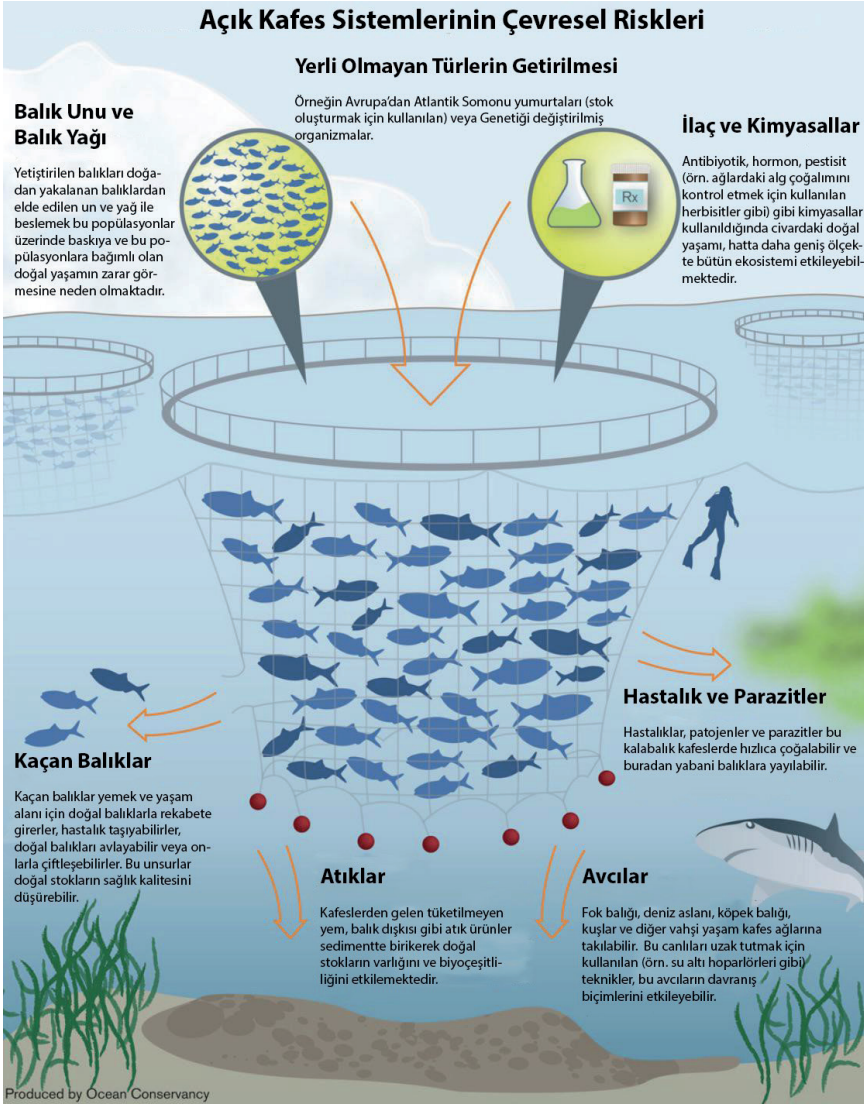
Balık çiftliklerine fazla miktarda dışkı ve yem kalıntısı deşarjı sonucu ortaya çıkan birikim neticesinde bu besin maddeleri bir kısım kimyasal süreçlere maruz kalarak değişime uğrarlar. Nitekim Nitrojen, fosfor ve organik maddelerin yükselmesi su ve sedimenti zenginleştirir. Çiftlikçe üretilen atık miktarı yemleme tekniği ve miktarı ile stok miktarına göre değişir(Çantaş ve Yıldırım, 2019).

Yetiştiriciliğin ortaya çıkardığı bu besin yükleri balığın boyutuna, kafes miktarına, stok yoğunluğuna, kullanılan yem tipine ve çiftlik yönetimine bağlı olarak değişmektedir (Holmer vd., 2010). Dolayısıyla fazla üretim yapan büyük çiftlikler fazla yem kullanımı ve ortaya çıkacak fazla dışkı miktarı ile daha fazla nütrient üretmektedirler (Price vd., 2015). Hiç şüphesiz yetiştiricilikten ortaya çıkan bu tüketilmeyen yem kalıntıları ve dışkı en yoğun besin yüklerindedir (Beveridge, 2004, Belle ve Nash 2008, Holmer vd., 2008).

Su ürünleri yetiştiriciliğinin buldukları bölgelerde su kalitesine bulanıklık yönünden de etki ettiğine ilişkin bazı araştırmalar vardır.

Balık çiftliklerinden ortaya çıkan atıklar, partiküller veya çeşitli tozlar buldukları sularda bulanıklığa da sebebiyet vermektedir(Hargrave, 2003; IUCN, 2007). Tabi bulanıklık miktarı yetiştiriciliğin yapıldığı su tipine göre değişim gösterebilir. Örneğin hareketli sularda(akarsu gibi) bulanıklık miktarı durgun sulardakine göre daha düşük olabilmektedir.

Denizlerde akıntı miktarı da bulanıklığı etkileyen unsurlardandır. Yüksek akıntı genel olarak bulanıklığı düşürmekle birlikte gelgit ve mevsimsel değişimler de sudaki akıntı miktarını etkilemektedir(Tanaka ve Kodama, 2007). Nitekim sudaki bulanıklık yani turbidite güneş ışığının derinlere nüfusunu önleyerek fotosentez olayına mani olmakta ve buna bağlı olarak önemli bir yem kaynağı olan fitoplanktonların gelişimini engellemektedir. Ayrıca balık veya diğer canlıların besin bulmalarını güçleştirmektedir(Aras, 1997; Sönmez vd., 2008). Diğer su tabakaları arasında ışık geçirgenliğinin düşmesi alt tabakalarda sıcaklık düşmesine sebebiyet vererek suyun ekolojik dengesine de etki etmektedir(Aras, 1997; Sönmez vd., 2008). Işığın kısıtlı olması mercanlar ve deniz yosunu yatakları gibi kritik habitatlar için önem taşımaktadır (Price vd., 2015). Tüm bunlardan dolayı bulanıklığa olumsuz etki edebilecek çiftlik atıkları minimize edilecek şekilde tedbir alınması sağlanmalıdır. Resim 1’de su ürünleri yetiştiriciliğinin denizsel ortamdaki olası etkileri gösterilmiştir.



Resim 1. Kafeste su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkileri (Pew Oceans Commission (2003) ve Hutchings vd., (2012)'den uyarlanmıştır.)

Kabuklu Su Ürünleri Yetiştiriciliğinin Su Kalitesine Etkileri

Kabuklu su ürünleri üretiminde özellikle çift kabuklu yumuşakça üretimi nispeten fazla olduğundan ekseriyetle çalışmalar bu canlı grubu üzerine yoğunlaşmıştır. Genel olarak bu canlıların fizyolojileri gereğince filtrasyon vazifelerinden dolayı buldukları ortamın su kalitesine olumlu katkılar yaptıkları görüşü hakimdir.

Fakat yetiştiriciler, kabuklu yetiştiriciliğinin potansiyel çevresel faydala-

rına ve bunun sürdürülebilir gıda üretimine olan katkısına odaklanırken, diğer paydaşlar olası olumsuz su kalitesi ve tortu birikimi etkileri konusundaki endişelerini dile getirmektedirler(Turner vd., 2019).

Küresel gıda üretiminde, kültüre alınan çift kabuklular, balık yetiştiriciliği, birçok avcılık ve karasal hayvancılıkla karşılaştırıldığında, üretilen her bir gram protein başına düşük bir çevresel etkiye sahip oldukları bildirilmiştir(Hilborn vd., 2018). Bu nedenle diğer yetiştiricilik faaliyetlerine göre olumsuz çevresel etkilerinin daha sınırlı olduğu düşünülmektedir. Buradan hareketle kabuklu yetiştiriciliğinin su kalitesine etkileri konusunda örneğin balık yetiştiriciliğinin etkilerine nazaran daha az çalışma vardır.

Örneğin Turner vd. (2019), İstiridye çiftliklerinin buldukları ortamlara etkileri üzerine yaptıkları bir çalışmada bazı çiftliklerde yaz ve sonbaharda çözülmüş oksijende artış, kafeslerde mikroalg oluşumu ve buna bağlı olarak klorofil miktarında değişim ve tortu birikimi tespit etmişlerse de bunların istatistiki anlamda önemli olmadıklarını bildirmişlerdir. Fakat bu değişimlerin diğer ölçülemeyen bazı parametrelere etki edebileceklerini de rapor etmişlerdir. Yine aynı çalışmada yetiştiriciliğe bağlı su kalitesinde meydana gelen bu değişikliklerin çevresel veya mevsimsel etkilerden daha az seviyede olduğu bildirilmiştir.

Yetiştiricilik alanının deniz tabanı ortamıyla ilgili yapılan bir başka çalışmada orta ila güçlü akıntılarının olduğu iyi aralıklı alanlarda, bentos üzerindeki biyobirikimin etkilerinin çökelti redoks ve sülfür açısından minimum düzeyde olduğunu bulmuşlardır (Mallet vd., 2006).

Nielsen vd., (2016) tarafından Danimarka'da bir midye çiftliğinde yapılan çalışmada midye çiftliğinin bulunduğu bölgede klorofili %27 ile %44 arasında tükettiğini tespit etmiştir. Buradan hareketle Turner vd., (2009) istiridye çiftliklerine nazaran midye çiftliklerinin su sütununun hem derinlik hem de alan olarak daha büyük bir kısmını kullandıklarından bulanıklık etkileri bakımından farklılıklar olacağını bildirmişlerdir.

Bir başka çalışmada midye çiftliklerinde ölçülen fitoplankton ve seston azalmasının %10 ile %80 arasında değiştiği rapor edilirken (Heasman vd., 1998; Ogilvie vd., 2000; Strohmeier vd., 2005; Petersen vd., 2008; Cranford vd., 2014) farklı zooplankton gruplarının ise %26 ile %77 arasında azaldığı bildirilmiştir (Maar vd., 2008). Elbette bu durum suyun diğer bazı kalite parametrelerine de etki etmektedir.

Nihai olarak çift kabuklu su ürünleri yetiştiriciliğinin su kalitesine müspet etkileri olduğu gibi bazı parametreler bakımından menfi etkileri de literatürde belirtilmiştir. Fakat ortak kanaat balık yetiştiriciliğinde meydana gelen olumsuz etkinin çok daha altında bir etki oluşturduğu yönündedir. Bu durumun önlenmesi veya tam tespit edilmesine yönelik çeşitli izleme ve değeren-

dirme çalışmaları yapılmakla birlikte mevcut doğası gereği bu faaliyetlerin etkileri sifıra indirilememektedir. Bu nedenle esas olan minimum seviyede tesir alanı ile yetiştiricilik faaliyetini sürdürmektedir.

Su Kalitesini Etkileyen Diğer Yetiştiriciliğe Bağlı Unsurlar

Dünya üzerine de su ürünleri yetiştiricilik faaliyetlerinin büyük bir çoğunluğu balık yetiştiriciliği üzerine kurgulu iken devam eden en büyük kalemi ise kabuklu ürünleri oluşturmaktadır (avcılık üretimi ve düşük trofik bazı canlı üretimleri hariç). Bu nedenle yetiştiriciliğin çevresel etkileri genellikle bu iki yetiştiricilik kolu üzerine yoğunlaşmıştır. Fakat azda olsa diğer yetiştiricilik türlerinin de çevresel etkileri olmaktadır. Bu hususta net belirleyici çalışma sasıyışı çok fazla değildir. Fakat balık ve kabuklu üretiminde olduğu gibi özellikle beslenme kaynaklı etkiler su kalitesinde değişimlere yol açabilmektedir. Hem beslenmeden arta kalan yemler hem de hayvan atıkları benzer etkiler oluşturmaktadır.

Bunlara ek olarak birçok araştırmada yetiştiricilikte kullanılan bazı dezenfektan veya ilaçların da suya karışan kısımlarının su kalitesinde olumsuz etkiler oluşturduğu yönünde görüş belirtmektedir. Bunun yanı sıra kafes sistemleri veya ağlardan çeşitli sebeplerle aşınan veya kopan parçaların zamanla parçalanması ve suya karışması da olumsuz etkilere sebep olabilmektedir. Büyük işletmelerde makine veya ekipmanların, gemi veya yakıtla çalışan makinaların çalışmalarında da az da olsa suya yakıt veya yağ karışabileceği de nadiren sayılabilecek olumsuz etkiler içerisinde. Bir kısım su bitkileri yetiştiriciliğinde kullanılan gübrelerinde sudaki bazı kalite parametrelerini etkilediğine ilişkin kısıtlı bilgiler bulunmaktadır. Tabi bunlara insan eliyle eklenen unsurları da ilave etmek gereklidir.

Yani kısacası literatüre yansıyan bilgiler eşliğinde değerlendirildiğinde bu unsurların birçoğu lokal bazlı etkilerden başka geneli etkileyebilecek olumsuz etkilere yol açmamaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Su ürünleri yetiştiriciliğinin su kalitesine etkileri bağlamında yapılan değerlendirme neticesinde literatüre yansıyan çalışmaların birçoğu yetiştiriciliğin en büyük meblağını oluşturan balık yetiştiriciliği üzerine yoğunlaşmaktadır. Doğal olarak yetiştiricilik ortamına en fazla dışarıdan girdi yemler vasıtası ile bu kolda sağlanırken su kalitesini etkileyebilecek en büyük unsurları da bunlar oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir yetiştiricilik açısından bu faaliyetlerin doğal dengeyi en az şekilde tahrip edici olması önemli unsurlardandır. Bu nedenle özellikle yetiştiricilikte kullanılan yemlerin sindirilebilirlikleri yüksek ve kaliteli olması gereklidir. Yine türe özgü yem kullanmak ve doğru yemleme stratejisi belirlemek te yem kaybının önüne geçerek su kalitesindeki olumsuz değişim-

leri minimize edecektir. Yine yetiştiricilik alanlarının doğru belirlenmesi de bu olumsuz koşulların ortaya çıkmasını engelleyecek veya azaltacaktır. Özellikle kısmen hareketli suların seçilmesi bu açıdan tercih sebebi olabilecektir. Özellikle çeşitli dezenfektan veya ilaçların kullanımı sınırlı ve bilinçli şekilde yapılmalı ve alıcı ortamın kapasitesi de dikkate alınmalıdır. Bunun yanı sıra yetiştiriciliğin su kalitesi veya çevreye etkilerini takip edebilmek maksadı ile izleme sistemleri sürekli devreye alınmalı ve günlük ölçümlerle müdahale sistemleri oluşturulmalıdır.

Nihai olarak su ürünleri yetiştiriciliğinin buldukları alan itibari ile su kalitesine lokal bir kısım etkileri olsa da su kaynaklarında yapılan diğer birçok iş koluna göre görmezden gelinebilecek kadar azdır. Örneğin sanayi ve endüstri faaliyetleri, tarımsal üretimin bazı kolları veya turizm faaliyetlerinde meydana gelen olumsuz etkiler su ürünleri yetiştiriciliğinin oldukça üstündedir. Buradan hareketle bütün iş kollarında olduğu gibi su ürünleri yetiştiriciliğinde de kullanılan kaynak olan suyun en az tahribatla doğaya iadesi konusunda gerekli tedbirleri almak bütün sektörün vazifesidir. Bu kaynakların sürdürülebilirliği açısından temel şarttır.

KAYNAKÇA

- Aras, M.S., Bircan, R., Aras, N.M., 1997. Genel Su Ürünleri ve Balık Üretim Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 173, Erzurum.
- Belle, S.M. & Nash, C.E. (2008). Better management practices for net-pen aquaculture. In: Tucker CS, Hargreaves JA (eds) Environmental best management practices for aquaculture. Blackwell Publishing, Ames, IA, 261–330.
- Beveridge, M. (2004). Cage aquaculture. Blackwell Publishing, Oxford
- Bureau, D.P., Gunther, S.J., & Cho, C.Y. (2003). Chemical composition and preliminary theoretical estimates of waste outputs of rainbow trout reared in commercial cage culture operations in Ontario. North American Journal of Aquaculture. 65, 33–38. DOI: 10.1577/1548-8454(2003)0652.0.CO;2
- Cao, L., Wang, W., Yang, Y., Yang, C., Yuan, C., Xiong, Z. & Diana, J. (2007). Environmental Impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in China. Env Sci Pollut, Res. 14(7), 452-462. DOI: 10.1065/espr2007.05.426
- Cole, R. (2002). Impacts of marine farming on wild fish populations. Final Research Report for Ministry of Fisheries Research Project ENV2000/08, Objective One. National Institute of Water and Atmospheric Research. Auckland.
- Cloern, J.E. (2001). Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem. Mar Ecol Prog Ser. 210, 223–253
- Cranford PJ, Duarte P, Robinson SMC, Fernández-Reiriz FJ, Labarta U (2014) Suspended particulate matter depletion and flow modification inside mussel (*Mytilus galloprovincialis*) culture rafts in the Ría de Betanzos, Spain. J Exp Mar Biol Ecol 452: 70–81.
- Çantaş, İ. B., Yıldırım, Ö. (2019). Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde yemlerin çevreye etkisinin azaltılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 87-97.
- De Silva, S.S., Ingram, B.A., Nguyen, P.T., Bui, M.T., Gooley, G.J. & Turchini, G.M. (2010). Estimation of nitrogen and phosphorus in effluent from the striped catfish farming sector in the Mekong Delta, Vietnam. *AMBIO*, 39, 504-514
- Diana, J.S. (2009). Aquaculture production and biodiversity conservation. *Bioscience*, 59(1), 27-3. DOI:10.1525/bio.2009.59.1.7
- FAO, (2023a). The State of World Fisheries and Aquaculture, <https://www.fao.org/3/cc0874en/cc0874en.pdf> (Erişim tarihi: 15.12.2023)
- Fernandes, M., Lauera, P., Cheshire, A., Angovec, M. (2007). Preliminary model of nitrogen loads from southern bluefin tuna aquaculture. *Marine Pollution Bulletin*. 54, 1321–1332. DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.06.005
- Gooley, G.J., De Silva, S.S., Ingram, B.A., McKinnon, L.J., Gavine, F.M. & Dalton, W. (2001). Cage culture of finfish in Australian lakes and reservoirs—A pilot scale case study of biological, environmental and economic viability. In *Reservoir*

- and culture-based fisheries; biology and management. Proceedings of the international workshop held in Bangkok, Thailand from 15–18 February 2000.
- Guo, L. & Li, Z. (2003). Effects of nitrogen and phosphorus from fish cage-culture on the communities of a shallow lake in middle Yangtze River basin of China. *Aquaculture*. 226, 201–212. DOI:10.1016/S0044-8486(03)00478-2
- Guo, L., Li, Z., Xie, P. & Ni, L. (2009). Assessment effects of cage culture on nitrogen and phosphorus dynamics in relation to fallowing in a shallow lake in China. *Aquaculture International*. 17, 229–241. DOI: 10.1007/s10499-008-9195-5
- Hargrave, B.T. (2003). Far-field environmental effects of marine finfish aquaculture. *Can Tech Rep Fish Aquat Sci*. 2450, Vol 1. DFO, Ottawa.
- Heasman K, Pitcher G, McQuaid C, Hecht T (1998) Shellfish mariculture in the Benguela system:raft culture of *Mytilus galloprovincialis* and the effect of rope spacing on food extraction, growth rate, production, and condition of mussels. *J Shellfish Res* 17: 33–39.
- Hilborn R, Banobi J, Hall SJ, Pucylowski T, Walsworth TE. The environmental cost of animal source foods. *Front Ecol Environ*. 2018; 16: 329–335. <https://doi.org/10.1002/fee.1822>
- Hixson, S.M. (2014). Fish nutrition and current issues in aquaculture: the balance in providing safe and nutritious seafood, in an environmentally sustainable manner. *J Aquaculture Research and development*, 5(3). DOI: 10.4172/2155-9546.1000234
- Holmer, M., Hansen, P.K., Karakassis, I., Borg, J.A. & Schembri, P. (2008). Monitoring of environmental impacts of marine aquaculture. *Aquaculture in the ecosystem*. 47–85.
- Holmer, M. (2010). Environmental issues of fish farming in offshore waters: perspectives, concerns, and research needs. *Aquacult Environ Interact*. 1, 57–70. DOI: 10.3354/aei00007
- Huntington, T.C., Roberts, H., Cousins, N., Pitta, V. (2006) Some aspects of the environmental impact of aquaculture in sensitive areas. Final report to the Directorate-General Fish and Maritime Affairs of the European Commission. Poseidon Aquatic Resource Management Ltd., Lymington. Available at ec.europa.eu/fisheries/documentation/studies/aquaculture_environment_2006_en.pdf.
- Hutchings, J. A., Cote, I. M., Dodson, J. J., Fleming, I. A., Jennings, S., Mantua, N. J., ... & Weaver, A. J. (2012). Climate change, fisheries, and aquaculture: trends and consequences for Canadian marine biodiversity. *Environmental Reviews*, 20(4), 220-311.
- Ingram, B.A. 1999. A phosphorus model for trout farming in the Goulburn-Broken catchment. In *Towards best practice in landbased salmonid farming: Options for treatment, re-use and disposal of effluent*, ed. B.A. Ingram, 26–41. Alexandria, VIC, Australia: Marine and Freshwater Resources Institute.
- Islam, M.S. (2005). Nitrogen and phosphorus budget in coastal and marine cage aqua-

- culture and impacts of effluent loading on ecosystem: review and analysis towards model development. *Marine Pollution Bulletin*. 50, 48–61. DOI:10.1016/j.marpolbul.2004.08.008
- Jahan, P., T. Watanabe, S. Satoh, and V. Kiron. 2002. A laboratory based assessment of phosphorus and nitrogen loading from currently available commercial carp feeds. *Fisheries Science* 68: 579–586.
- Koop, K., Booth, D., Broadbent, A., Brodie, J., Bucher, D., Capone, D., Coll, J., Dennison, W., Erdmann, M., Harrison, P., 2001. ENCORE: the effect of nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of results and conclusions. *Mar. Pollut. Bull.* 42, 91–120.
- Lanari, D., E. Dagarò, and R. Ballestrazzi. 1995. Dietary N and P levels, effluent water characteristics and performance in rainbow trout. *Water Science and Technology* 31: 157–165.
- Leung, K.M.Y., Chu, J.C.W. and Wu, R.S.S. (1999). Nitrogen budget for the areolated grouper *Epinephelus areolatus* cultured under laboratory conditions and in open-sea cages. *Marine Ecology Progress Series*. 186, 271–281.
- Lupatsch, I., and G.W. Kissil. 1998. Predicting aquaculture waste from gilthead seabream (*Sparus aurata*) culture using a nutritional approach. *Aquatic Living Resources* 11: 265–268.
- Maar M, Nielsen TG, Petersen JK (2008) Depletion of plankton in a raft culture of *Mytilus galloprovincialis* in Ría de Vigo, NW Spain. II. Zooplankton *Aquat Biol* 4: 127–141
- Mallet AL, Carver CE, Landry T. Impact of suspended and off-bottom eastern oyster culture on the benthic environment in eastern Canada. *Aquaculture*. 2006; 255: 362–373. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.054>
- Morata, T., Falco, S., Gadea, I., Sospedra, J., Rodilla, M., 2015. Environmental effects of a marine fish farm of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in the NW Mediterranean Sea on water column and sediment. *Aquac. Res.* 46, 59–74.
- Nash, C.E., Burbridge, P.R. & Volkman, J.K. (2005). Guidelines for ecological risk assessment of marine fish aquaculture. NOAA Tech Memo NMFS-NWFSC-71. US Dept of Commerce, NOAA, Seattle, WA.
- Nielsen P, Cranford PJ, Maar M, Petersen JK. Magnitude, spatial scale and optimization of ecosystem services from a nutrient extraction mussel farm in the eutrophic Skive Fjord, Denmark. *Aquac Environ Interact*. 2016; 8: 312–329. <https://doi.org/10.3354/aei00175>
- Nordvarg, L., Håkanson, L. (2002). Predicting the environmental response of fish farming in coastal areas of the Åland Archipelago (Baltic Sea) using management models for coastal water planning. *Aquaculture*. 206, 217–243
- Nugues, M.M., Roberts, C.M., 2003. Coral mortality and interaction with algae in relation to sedimentation. *Coral Reefs* 22, 507–516.
- Ogilvie, S. C., Ross, A. H., & Schiel, D. R. (2000). Phytoplankton biomass associated

- with mussel farms in Beatrix Bay, New Zealand. *Aquaculture*, 181(1-2), 71-80.
- Petersen JK, Nielsen TG, van Duren L, Maar M (2008) Depletion of plankton in a raft culture of *Mytilus galloprovincialis* in Ría de Vigo, NW Spain. I. Phytoplankton. *Aquat Biol* 4: 113–125.
- Pew Oceans Commission (2003). America's Living Oceans: Charting a Course for Sea Change. A report to the nation. Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia. Art by: John Michael Yanson adapted from the David Suzuki Foundation 1996. https://www.pewtrusts.org/~media/Assets/2003/06/02/Full_Report.pdf
- Pillay, T. V. R. (2008). *Aquaculture and the Environment*. John Wiley & Sons.
- Price, C., Black, K.D., Hargrave, B.T. & Morris, J.R. J.A. (2015). Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture environment interactions*, 6, 151- 174. DOI: 10.3354/aei00122
- Pulatsü, S., Doğukan, K. & Topçu, A. (2017). Effect of Rainbow Trout Cage Culture on Sediment Phosphorus Release in Almus Dam Lake (Tokat). DOI: 10.21597/jist.2017.141
- Sönmez, A. Y., Hisar, O., Karataş, M., Arslan, G., & Aras, M. S. (2008). Sular bilgisi. *Nobel Yayın Dağıtım AŞ Ankara*.
- Strohmeier T, Aure J, Duinker A, Castberg T, Svardal A, Strand (2005). Flow reduction, seston depletion, meat content and distribution of diarrhetic shellfish toxins in a long-line blue mussel (*Mytilus edulis*) farm. *J Shellfish Res* 24: 15–23.
- Tanaka, K., Kodama, M. (2007). Effects of resuspended sediments on the environmental changes in the inner part of Ariake Bay, Japan. *Bull Fish Res Agency*. 19, 9–15.
- Tett, P. (2008). Fish farm waste in the ecosystem. In: Holmer M, Black K, Duarte CM, Marba N, Karakassis I (eds) *Aquaculture in the ecosystem*. Springer, Dordrecht, p 1–46
- Topçu, A., Pulatsü, S. (2017). Evaluation Of Some Management Strategies In Eutrophic Mogan Lake, Turkey: Phosphorus Mobility In The Sediment-Water Interface. *Applied Ecology And Environmental Research*, 15(4), 705-717. DOI: 10.15666/Aeer/1504_705717
- Turner, J. S., Kellogg, M. L., Massey, G. M., & Friedrichs, C. T. (2019). Minimal effects of oyster aquaculture on local water quality: Examples from southern Chesapeake Bay. *PLoS One*, 14(11), e0224768.
- Villanueva, R.D., Yap, H.T., Montano, ~ M.N.E., 2005. Survivorship of coral juveniles in a fish farm environment. *Mar. Pollut. Bull.* 51, 580–589.
- Watanabe, T., Jahan, P., Satoh, S. & Kiron, V. (1999). Total phosphorus loading onto the water environment from common carp fed commercial diets. *Fisheries Science*, 65, 712–716. DOI: 10.2331/fishsci.65.712
- White, P. (2013). Environmental consequences of poor feed quality and feed management. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583*. Rome, FAO pp. 553-564.



Bölüm 9

KEBAN BARAJ GÖLÜ PERTEK AVLAK SAHASINDA BULUNAN MİDYE POPULASYONLARININ EKOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN SU ALTI DALIŞ TEKNIĞİ İLE BELİRLENMESİ*

Zühal TAŞ¹

Volkan KIZAK²

Önder AKSU³

1 Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı,
E-mail: zuhal.avcitas@gmail.com

2 Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü,
E-mail: volkan.kizak@munzur.edu.tr

3 Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü,
E-mail: onderaksu@munzur.edu.tr

* Not: Yüksek lisans öğrencisi Zühal TAŞ'ın YÖK Başkanlığı 771953 numaralı tezinden özetlenmiştir ve Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: YLMUB021-20.

1. Giriş

Tatlı su midyeleri nehirlerin, akarsuların ve daha az ölçüde göllerin tortularında yaşayan büyük çift kabuklu (iki kabuklu) yumuşakçalardır (Tucker and Theiling, 1999). Tatlı su midyesi, tatlı su istiridyesi olarak da bilinen tatlı su çift kabukluları dikkate değer organizmalardır. Bir yüzyıldan fazla yaşayabilirler ve benzersiz yaşam öyküleri, tatlı su balıklarında ve bazen diğer omurgalılarda ebeveyn bakımı (kuluçka) ve larva parazitliğini içerir (Lopes-Lima ve ark., 2014).

Tatlı su midyeleri su ekosistemlerinde önem arz eden canlılardır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001), bazen nehirlerin bentik canlılarının yüzde 90'dan fazlasını oluşturur (Negus, 1966). Tek bir midyenin bir günde süzdüğü su miktarı 40 litreyi aşabilir (Tankersley ve Dimock, 1993) ve bir midye popülasyonunun birleşik süzülmesi, yaz boyunca bir nehirde gözlemlenen seston tutulmasının yaklaşık %50'sinden sorumlu olabilir. Su kolonundan bentoza madde ve enerji transferlerinin birincil ve ikincil üretim, biyojeokimyasal döngüler, sedimantasyon hızları ve su berraklığı üzerinde güçlü etkileri olabilir (Strayer ve ark., 1999). Midye dünya çapında hızla azalmaktadır (Strayer ve ark., 2004). Örneğin, 511 tatlı su midyesi türünden 224'ü (%44) 2015 Tehdit Altındaki Türler Kırmızı Listesi'nde Tehdite Yakın veya Tehdit Altında olarak sınıflandırılmıştır. Tatlı su midyelerindeki azalmaya ilişkin küresel farkındalığın çoğu, kıta popülasyonu en çok tehlike altında olan Kuzey Amerika Unionidaailesidir (Williams ve ark, 1993; Strayer ve ark, 2004). Kuzey Amerika türlerinin %70'inden fazlasının bir düzeyde tehlikede olduğu kabul edilmektedir (Williams ve ark, 1993) ve 37 türün neslinin tükendiği varsayılmaktadır (Lydeard ve ark, 2004).

Hayvan yoğunluğunun tahmin edilmesi, ekolojik ve izleme çalışmalarının temel bir parçasıdır. Özellikle deniz sistemlerinde ve mercan resiflerinde, resif balıklarının yoğunluğu tarihsel olarak hem tahribatlı hem de tahribatsız örnekleme teknikleri kullanılarak tahmin edilmiştir (Randall, 1963; Brock, 1982; Bellwood ve ark., 2006). Balık topluluklarını ve yaşam alanlarını incelemek için en yaygın gözlem yöntemi su altı görsel popülasyon tespitidir. İlk başta, tropikal mercan kayalığı balık çalışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Brock, 1954). Ekolojik izleme programları tipik olarak, koruma endişesi taşıyan veya sistem durumunu yansıtan türlerin bolluğundaki değişiklikleri tespit etmeyi amaçlar. Mercan kayalığı balık toplulukları, resif sağlığı için işlevsel olarak önemlidir ve bunlar en yaygın olarak dalgıçlar tarafından su altı görsel araştırmaları kullanılarak izlenir (Emslie ve ark., 2018).

Son zamanlarda, balık araştırmaları için video kameraların kullanımı artmıştır. Video kullanımı tek başına veya stereo çift olarak, yemli, yemsiz veya bir dalgıç tarafından çekim yapılarak gerçekleştirilmektedir. Video

kullanımının, uzak bireyleri türlere göre tanımlama sorunları ve yalnızca kısmen görüşte olan bireylerin uzunluklarını tahmin etme zorluğu gibi kendi zorlukları ve önyargıları vardır (Wilson ve ark., 2018).

Drift dalışı olarak da adlandırılan şnorkelli yüzme çalışmaları, alabalık gibi balıklar (Locke, 1997; Vollset ve ark., 2014) dahil olmak üzere nehir kıyısı balık popülasyonlarını ölçmek için giderek daha popüler bir yöntem haline gelmiştir (Thurow ve ark., 2012; Weaver ve ark., 2014).

Çeşitli su altı görüntüleme yöntemleri geliştirilmiştir, ancak resif balıklarına odaklananlar, farklı uzak sualtı video yöntemleri tarafından kullanılan sabit bir kameraya kıyasla bu tür karmaşık yaşam alanlarında daha iyi arama yapabilmeleri nedeniyle, esas olarak SCUBA dalgıçlarının kullanımına dayanmaktadır (Colton ve Swearer, 2010).

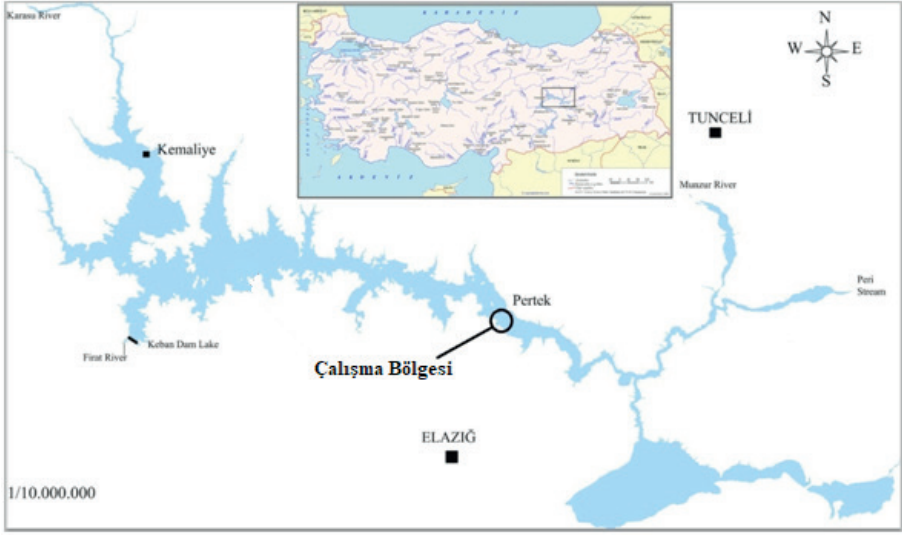
SCUBA dalışının ana dezavantajı, güvenli dalış hususları nedeniyle derinlik kısıtlamasıdır. Dalgıcın kanında kalıntı nitrojen birikmesi, kısa maksimum dalış sürelerini belirler. Ayrıca, dalış derinliği arttıkça izin verilen dalış süresi azalır ve dalışlar arasında yeterli bir dalışsız iyileşme süresi gerektirir. Bu nedenle, çalışmaların çoğu 3-25 m derinliklerle sınırlandırılmış, nadiren 30 m'yi aşmaktadır (Fasola ve ark., 1997; Gül ve ark., 2011, Quimpo ve ark., 2018).

Zebra midye (*Dreissena polymorpha*) istilacı bir midye türüdür. Birçok araştırmacı bu midyelerin neden olduğu zararlardan kurtulmak için, bu canlıları yok etme yolları üzerinde araştırma yapmaktadırlar. Bunun yanında bazı araştırmacılarında bu canlılardan çeşitli yollar ile faydalanmanın imkanlarını araştırdıkları da gözlemlenmiştir (Kutluyev ve ark., 2013). Bu canlılardan doğru şekilde faydalanmak veya zararlarından korunmak için ekoloji ve biyolojilerinin daha iyi bilinmesi gerekmektedir. Yapılan pek çok araştırma avcılık veya toplama yöntemleri ile olmuştur. Bu canlıların yaşadıkları ortamı SCUBA dalış tekniği ile görüp incelemek literatüre büyük faydalar sağlayacaktır. Bu nedenler ile sualtı dalış tekniği kullanarak Keban Baraj Gölü Pertek Avlak Sahasında Zebra midyelerin ekolojik ve biyolojik özelliklerinin araştırılması amaç edinilmiştir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma bölgesi

Midyelerin doğal ortamda incelendiği ve örneklemelerin yapıldığı yer Pertek (38°49'44" K, 39°16'32" D) Avlak Sahasıdır (Şekil 2.1, Resim 2.1).



Şekil 2.1. Çalışma bölgesi (URL-1, 2017; URL-2, 2021)

2.2. Sualtı dalış, gözlem ve örnekleme çalışmaları

Dalış çalışmalarında 2 şer adet 15 lt dalış tüpü, ıslak tam boy elbise, dalış patiği, açık dalış paleti, denge yeleş (BC), 4 kg kurşun ağırlık, dalış regülatörü, profesyonel dalış maskesi ve fotoğraf veya video çekimlerinde kullanılan omnio marka, 4k özellikli aksiyon kamerası kullanıldı.

Dalış bölgesine ulaşımında balıkçılardan yardım alınarak, tekneleri ile ulaşım sağlanmıştır. Dalış tüpleri Elazığ Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü'nde bulunan kompresör ile dolduruldu.

2.2.2. Sualtı dalış çalışmaları

Midyelerin gözlemlenmesi amacıyla Pertek Avlak Sahası'nda bulunan feribot iskelesi, tarihi kalenin bulunduğu ada ve adanın karşı tarafındaki koylarda sualtı dalış ve gözlem çalışmaları yürütüldü. Dalışlar en az 2 kişi, badi sistemiyle yapıldı. Kıyıdan derinlere doğru inilirken video ve fotoğraf çekimleri yapıldı. En son görüşe imkân veren maksimum 30 m derinliğe kadar dalma işlemi gerçekleştirildi. Çalışma esnasından her türlü dalış güvenli sağlandı ve deko kurallarına uyuldu. Her 5 m derinlikte bir midye örnekleri alındı ve içi su dolu poşetlere konarak Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuvarlarına getirildi.

2.3. Örneklerin boy ve ağırlık ölçümleri

Dalış çalışmaları esnasında poşetlere konulup laboratuvara getirilen midyeler 24 saat boyunca $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de derin dondurucuda tutuldu. Derin dondurucudan çıkarılan midyelerin kumpasla enleri ve boyları, hassas terazi

vasıtasıyla da ağırlıkları tespit edildi.

Midyelerin boy ve ağırlıkları arasındaki ilişki $W=axL^b$ eşitliği kullanılarak logaritmik olarak hesaplanmıştır (Avşar, 2005).

2.4. Antioksidan analizleri

2.4.1. Diseksiyon ile örnek alma

Diseksiyon ve dokuların analize hazırlanması işlemleri Munzur Üniversitesi Biyomühendislik Laboratuvarlarında yapıldı. Midyelerden küçük bir doku parçası bistüri ile kesilerek hassas teraziye tartıldı. Daha sonra 1/5 w/v oranında 7,4 PH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu eklendi.

2.4.2. Süpernatantların hazırlanması

Çözeltilerin pH ayarlanabilmesi için sulandırılmış glikoz eklenerek ayarlama yapıldı (Resim 2.8). Ardından homojenizasyon aşaması başladı ve doku parçaları eppendorf tüplere bırakıldı. Homojenizasyon cihazının dönerken çıkardığı ısıyla enzimlerin bozulmaması için tüpler buz kalıpları içerisinde cihaza yerleştirildi. Homojenizasyon işleminin yapılmasında CAT Unidrive marka homojenizatör aleti kullanıldı.

Homojenizasyon işlemi bittikten sonra tüpler soğutmalı Nuve 800 R santrifüje konularak, 17000 rpm devir, 15 dakika süre ile santrifüj yapılarak süpernatantlar oluşturuldu.

2.4.3. Biyokimyasal analizler

Hazırlanan süpernatantlar mikrolate reader cihazında okunmadan önce antioksidan kitler ile işleme tabi tutuldu. SOD, CAT ve MDA analizleri için BT-Lab marka kitler kullanıldı. Süpernatantlardan otomatik mikropipetler ile alınan numuneler antioksidan kit kutusundan çıkan ve üzerinde 96 adet kuyucuk bulunan plakaya gruplar dikkate alınarak bırakıldı. Kitlerdeki prosedürler uygulandıktan sonra hazırlanan plakalar bilgisayara bağlı mikrolake okuyucuda okundu.

2.5. İstatistiksel analizler

Bu tez çalışmasında elde edilen bulguların istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 20.0 paket programı kullanılarak, T testi uygulanmıştır. Sonuçlar “a ve b” harfleri ile ifade edilmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Sualtı gözlemler

Sualtı dalış gözlem çalışmalarında en küçük boydaki midyelerin kıyıda 5-10 cm derinliklerde rastgeldiği her türlü tutunabilecekleri nesnelere üzerinde kümeler halinde oldukları görülmüştür (Resim 3.1).



Resim 3.1. Kıyıda 10 cm derinlikte A 1-2 mm boyunda B yaklaşık 5-10 mm boyunda midye kümeleri

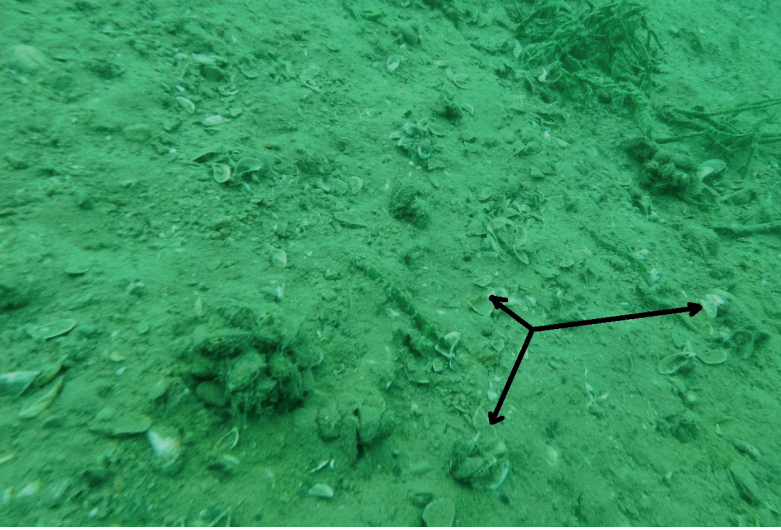
Kıyıdan derinliklere doğru gidildikçe de midyelerin boylarının büyüdüğü tespit edilmiştir. Midyelerin uygun tutunma yeri olan yerlerde direk güneş ışınlarına doğru durmadıkları, kayalık yerlerin yan kısımlarına yapışarak indirekt olarak faydalandıkları görülmüştür (Resim 3.2). Büyük midyelerin genelde ortalama 30 mm büyüklükte oldukları belirlenmişse de (Resim 3.3), 40 mm den daha büyük ve çok sayıda midye kabuklarına da rastlanılmıştır. Ancak bunlardan hiç birine canlı olarak rastlanılmamış, kümeler halinde ölü ve boş kabukları bulunmuştur (Resim 3.4). Hatta suyun tamamen çekildiği daha önce suyla kaplanmış ancak çalışma esnasında kara olan kesimlerde de bolca ölü ve büyük midye kabukları bulunmuştur.



Resim 3.2. Yaklaşık 3 m derinlikte kayaya tutunmuş yaklaşık 10 mm boyunda midyeler



Resim 3.3. 8-10 m derinliklerde yaklaşık 30 mm büyüklükte midyeler



Resim 3.4. 40 mm'den büyük ölmüş midyelerin kabukları

Midyelerin su zeminine göre yayılım gösterdikleri belirlenmiştir. Çıplak taban çamurundansa rahatça tutunabilecekleri kayalık bölgeleri tercih ettikleri görülmüştür. Çıplak kumlu tabanlarda ise bulabildikleri teneke kutu, şişe, plastik artıklar (Resim 3.5), halat (Resim 3.6), balık ağları (Resim 3.7) ve hatta tekne tabanlarına kadar tutunup kümeler halinde yaşadıkları tespit edilmiştir.



Resim 3.5. *Plastik bir halkayı substrat olarak kullanan midyeler*

Gözlem yapılan ve midyelerin yaşamalarına uygun zemin yapılarının tamamen midyeler ile kaplı oldukları olduğu, en fazla canlı midye kümelerinin 0-8 m arasındaki derinliklerde olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan suyun daha berrak olduğu ve gün ışığının daha derinlere ulaşabildiği bölgelerde ise 15 m derinliklerde de canlı midye kümelerine bolca rastlanılmıştır. Çoğunlukla canlı midyelerin bulunduğu derinlik sınır yaklaşık 18 m civarlarında kalmıştır. 18 m'den daha derin yerlerde ölü midye kabukları görülmekle beraber yavaş yavaş seyredildiği tespit edilmiştir.

40 mm'den büyük midye kabuklarının su altında hatlar şeklinde olduğu ve toplu halde öldükleri düşünülmektedir. Bu toplu ölümlerin nedeni Keban Baraj Gölü'nün mevsimsel olarak su seviyesinin aniden yükselip tekrar alçalması sonucu olabilir.



Resim 3.7. Halatlara tutunmuş genç midyeler



Resim 3.7. Balık kafesi ağlarına tutunmuş genç midyeler

Büyük ve boş midye kabuklarının da daha küçük midyeler için substrat oluşturduğu ve genç midyelerin bu kabuklar üzerinde kümeler halinde yaşadıkları belirlenmiştir.

Midyelerin sifonlarının sürekli olarak açık bir şekilde suyu süzme işlemini yaptıkları görülmüştür. Ancak dalgıç 1 m civarı yakınlara geldiği anda hissederek sifonlarını içeri çekip kabuklarını kapatmaktadırlar (Resim 3.8).

Çalışma bölgesinin büyük bölümünde aşırı sediment olduğu ve bu sedimentin midyelerin üstünü kapladığı, midyelerin bu durumda sifonların normalden daha fazla uzatarak suyu süzme işlemini gerçekleştirdikleri görülmüştür.

Midyelerin canlıları da substrat olarak kullandıkları kerevitlerin ve hareketli midyeler olan Unionidlerin de üzerlerinde kümeler halinde buldukları tespit edilmiştir.



Resim 3.8. Sifonları açık şekilde bekleyen midyeler

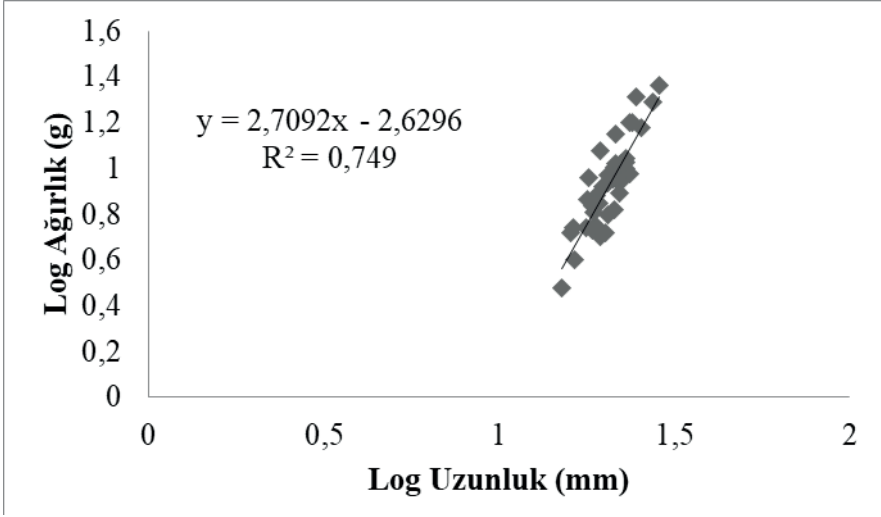
3.2. Midyelerin uzunluk-ağırlık parametreleri

3.2.1. Ortalama uzunluk ve ağırlıklar

Midyelerin ortalama uzunluklarının $21,025 \pm 3,02$ mm, ortalama genişliklerinin $10,33 \pm 1,49$ mm, kabuklu ağırlıklarının ortalama $9,45 \pm 4,29$ g ve ortalama et ağırlıklarının $1,99 \pm 1,55$ mg olduğu tespit edilmiştir.

3.2.2. Uzunluk ağırlık ilişkisi

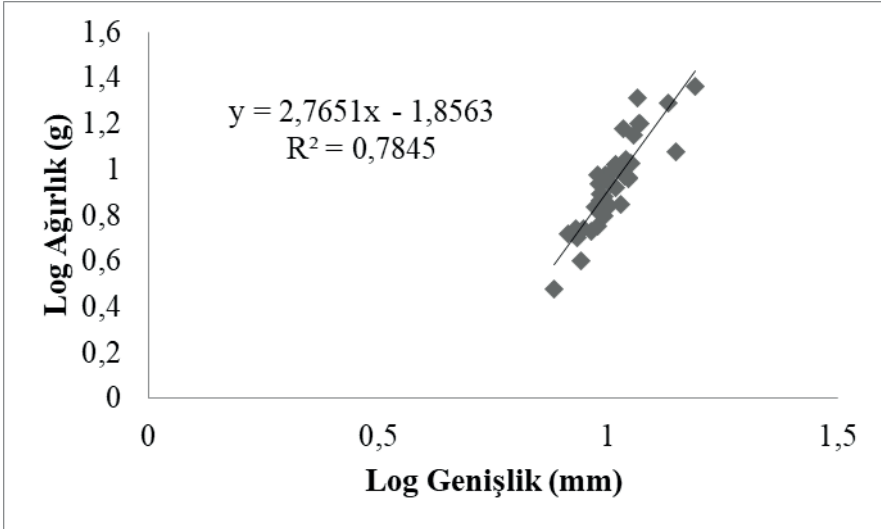
Midyelerin uzunluk ile ağırlıkları arasında $R^2 = 0,749$ doğrusal ve güçlü bir ilişki bulunmuştur. “b” değerlerine baktığımızda negatif allometrik büyüme gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Midyelerin uzunlukları ile ağırlıkları arasındaki ilişki

3.2.3. Genişlik ağırlık ilişkisi

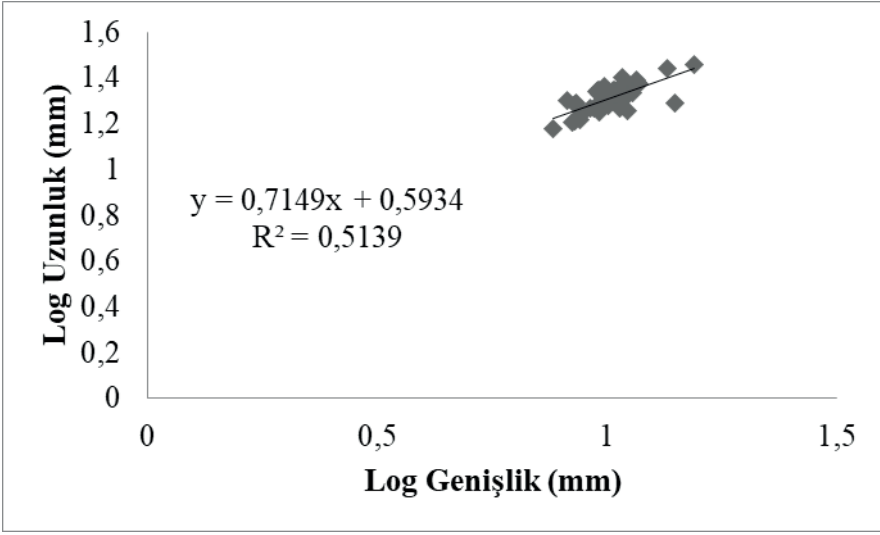
Midyelerin genişlikleri ile ağırlıkları arasında $R^2 = 0,7845$ doğrusal ve güçlü bir ilişki bulunmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Midyelerin genişlikleri ile ağırlıkları arasındaki ilişki

3.2.4. Genişlik uzunluk ilişkisi

Midyelerin genişlikleri ile uzunlukları arasında $R^2 = 0,5139$ zayıf bir ilişkinin olduğu saptanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Midyelerin genişlikleri ile uzunlukları arasındaki ilişki

3.3. Antioksidan analiz sonuçları

Bu çalışmada kıyıya yakın bölgelerde daha berrak ve sedimentasyon az olduğu yerlerden alınan midyeler ile, sedimentin daha çok olduğu ve hatta midyelerin üzerinin sedimentle kaplandığı alanlardan alınanların antioksidan seviyelerindeki farkın araştırılması amaçlanmıştır.

Yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında sedimentin az olduğu bölgeden alınan midyelerde SOD, CAT ve MDA seviyelerinin sedimentle kaplanan midyelerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SOD ve CAT'ın daha yüksek olması sedimentin az olduğu bölgelerdeki midyelerde oksidatif stresin düşük olduğu anlamına gelmekteyse de MDA'nın yüksek olması bu sedimentte bu duruma etki eden nedenlere de bakılmasını gerektirmektedir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Midyelerin antioksidan analiz sonuçları

	Sedimentsiz Bölge	Sedimentli Bölge	İstatistiksel Analiz
SOD	1,062±0,041	0,98±0,048	p<0,05
CAT	1,38±0,06	0,95±0,089	p<0,05
MDA	2,17±0,12	1,89±0,22	p<0,05

4. TARTIŞMA

Biyolojik verilerin uzun vadeli kayıtları, ekosistem değişikliklerini belirlemek, doğal değişiklikleri insanlardan kaynaklanandan ayırt etmek

ve test edilebilir hipotezler oluşturmak ve analiz etmek için son derece değerlidir. (Wolfe ve ark., 1987). Balık bolluğu ve çeşitliliği, birçok kıyıya yakın deniz izleme projesi tarafından alınan temel ölçümlerdir. Balık sayımı için en yaygın yaklaşımlar, her biri kendi sınırlamalarına sahip olan, kuşak geçişlerini ve gezici dalgıçlar tarafından zamanlı sayımları içerir (Rassweiler ve ark, 2020).

SCUBA dalışının ana dezavantajı, güvenli dalış hususları nedeniyle derinlik kısıtlamasıdır. Dalgıcın kanında kalıntı nitrojen birikmesi, kısa maksimum dalış sürelerini belirler. Ayrıca, dalış derinliği arttıkça izin verilen dalış süresi azalır ve dalışlar arasında yeterli bir dalışsız iyileşme süresi gerektirir. Bu nedenle, çalışmaların çoğu 3-25 m derinliklerle sınırlanmıştır, nadiren 30 m'yi aşmaktadır (Fasola ve ark., 1997; Quimpo ve ark, 2018). Bu çalışmada 30 m derinlik aşılmamıştır. Midyelerin canlı bulunduğu maksimum derinlik yaklaşık 18 m'leri geçmediği için 20 m derinliklerin bile üzerinde fazla dekompresyon hastalığı oluşturacak kadar fazla süre kalınmamıştır.

Zebra midyelerinin yayılma olasılığı yüksektir. Juvenil ve yetişkin midyeler, uygun konakçı olarak hizmet eden su kuşları ve suda yaşayan organizmalar (yani kaplumbağalar ve kerevitler) tarafından taşınır. Yumurtalar ve yüzen larvalar (veligerler) su akışıyla veya yem kovalarında, canlı kuyularda, motor soğutma suyunda, tüplü dalış ekipmanında ve istila edilmiş bir su kütesinden herhangi bir su transferi ile taşınabilir (Marsden, 1995). Larvalar 3-4 hafta boyunca sürüklenebilir ve 300 km'ye kadar seyahat edebilir ve ardından kazıklar, kayalar, borular, iskeleler, tekneler, su bitkileri ve diğer yumuşakçaların kabukları dahil olmak üzere herhangi bir sert alt tabakaya yerleşip yapışabilir (Connolly ve ark., 2007; Gaygusuz ve ark., 2007; Cilbiz ve ark., 2019). Bu çalışmada da bölgenin midyelerin tutunmasına ve yaşamasına uygun her kısmında zebra midyelerin yayılmış olduğu tespit edilmiştir. Zaten midye glochidia aşamasında balıklar ile taşınmaktadır. Diğer taraftan bu çalışmada da midyelerin kerevit ve hareketli midyeleri substrat olarak kullandığı ve onlarla beraber taşındığı görülmüştür. Hatta teknelerin tabanına ve ağlara da tutundukları ve bunlar ile de taşındıkları belirlenmiştir.

Midyelerin kabukları diğer birçok canlı için bir substrat işlevi görür (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Spooner ve ark, 2013). Bu çalışmada ölü midyelerin kabuklarının göl tabanını kapladığı ve midyeler dahil diğer canlılar için de substrat oluşturdukları görülmüştür.

Zebra midyesi, tatlısu midyelerinin üzerine tutunarak onların kapaklarının açılmasını engellemekte ve ölümlerine neden olmaktadır, bu olay enfestasyon olarak da isimlendirilmektedir (Schloesser ve ark., 1996; Baker ve Hornbach, 2000; Vrtilek ve Reichard, 2012; Gaygusuz ve ark., 2007). Bu çalışmada da zebra midyelerin Unionid midyeleri substrat olarak

kullanmaları sonucu enfastasyona neden oldukları, bu midyelerin kabukları açılmadığı için öldükleri görülmüştür.

Smylie (1994) sakin günlerde *D. polymorpha*'nın derinlik dağılımını incelemiş (yüksekliği 10 cm'den az olan dalgalar) ve Hamilton Limanı'nda (Ontario Gölü) 6 ila 20 m arasında değişen alanlarda 2 ila 6 m arasında bol miktarda pikler bulmuştur. Erie Gölü'nde 35 m'den daha derin bir alanda bulmuş olmasına rağmen genelde 18 m'den derinde olmadığını, ancak tercih ettiği sıcaklıkların her zaman 16,7 ila 17,8°C arasında olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen bulgular Hamilton limanında elde edilenler ile uyumludur. Erie Gölünde 35 m'den daha derinde bulunduğunu ancak bunun ekstrem bir değer olduğunu ve genelde 18 m'yi geçmediğini, dağılım için asıl olanın derinlik değil sıcaklık olduğunu da kendisi bildirmiştir.

Tek bir midyenin bir günde süzdüğü su miktarı 40 litreyi aşabilir (Tankersley ve Dimock, 1993) ve bir midye popülasyonunun birleşik süzülmesi, yaz boyunca bir nehirde gözlemlenen seston tutulmasının yaklaşık %50'sinden sorumlu olabilir (Strayer ve ark., 1999). Doğal filtre besleyicileri olarak tatlı su midyeleri, su sütunundaki asılı partikülleri ve kirleticileri süzer ve su kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur. Bazı midyeler günde 10 galon suyu filtreleyebilir (Tucker ve Theiling, 1999). Bu çalışmada midyelerin sifonlarının sürekli açık bir şekilde suyu süzdükleri görülmüştür. Yaklaşık 1 m içerisinde hareket hissettiklerinde sifonlarını içeri çekerek kabuklarını kapatmaktadırlar.

Zebra midyesi *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771) yaklaşık 20 mm büyüklüğe sahip bir tatlısu midyesidir (DSİ, 2005). Kabuk uzunluğundaki büyüme, gıda arzı, sıcaklık ve belirli bir bölgedeki bireylerin yaş yapısı ile ilişkilidir. Birinci yıl bireylerin kabuk büyümesi 0,5 mm ila 11,2 mm arasında değişir. Somatik doku büyümesi ile gonad dokusu büyümesi arasında bir korelasyon yoktur, bu da kaynakların farklı tahsis edildiğini düşündürür (Chase ve Bailey, 1999). Gaygusuz ve ark. (2007), zebraların maksimum boylarının 30 mm, ortalama boylarının 11-14 mm olduğunu bildirmiştir. Chase ve Bailey, (1999) 1992-1994 yılları arasında 3 farklı bölgede ve farklı derinliklerden aldığı örneklerde 21 mm'den 35,6 mm'ye kadar maksimum uzunluk değerleri gözlemlemiştir. Ayrıca bireylerin farklı bölgelerde farklı büyüme hızlarının olmasının nedeninin; sıcaklık farklılıkları, düşük gıda miktarı veya yüksek popülasyon nedeniyle yeterince besin alınamaması olabileceğini bildirmiştir. Bazı popülasyonlardaki midyeler hızlı büyür ve kabuk boyutu 40 mm'den fazla olabilir, bazı popülasyonlar ise yavaş büyür ve bu durumda kabuk uzunluğu maksimum 35 mm civarlarında kalır (Mackie ve ark., 1989; Mackie, 1991). *D. polymorpha*'nın büyüme oranı, yiyeceğin kalitesine ve miktarına, sıcaklığa ve vücut büyüklüğüne bağlı kalır (Mackie ve ark., 1989). Yukarıdaki çalışmalara bakıldığında maksimum ve ortalama büyüklüklerde bazı araştırmalar ile uyumlu ve bazıları ile de

uyumsuz sonuçların bu çalışmada elde edildiği görülmektedir. Bu durum bu çalışmadaki populasyonun hızlı büyüyen grubunda olduğu sonucunu çıkarmaktadır. Gene yukarıdaki çalışmalara göre bu bölgede ekolojik şartların yeterli olduğunu ve besin maddelerinin de yeterli olduğu anlamına gelmektedir.

Zebra midyelerinin maksimum yumuşak doku ağırlığı genellikle midyelerin gametlerle dolu olduğu ilkbaharda ortaya çıkar. Sıcaklıklar arttıkça ve yumurtlama başladıkça, yaz ayları boyunca kilo kaybı olur, ancak bu dönemde enerji dengesizliklerinden kaynaklanan kilo kaybı da olabilir (Nalepa ve ark., 1995). Depew ve ark. (2021), yaptıkları çalışmada 15 mm standart midyenin ağırlığının ilkbaharda besin kısıtlamasını belirtmek için önerilen 8 mg eşığının hem üstünde hem de altında, yazın bu eşığın altında ve sonbaharda her zaman bu eşığın üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Avrupa, Amerika ve Asya'dan 44 çift kabuklu populasyonun kapsamlı bir çalışmasından elde edilen bulgular, kabuk uzunluğunun canlı ağırlık, yaş ağırlık, kuru kabuk ağırlığı, kuru ağırlık ve 0,82-0,96 arasında değişen R^2 değerleri ile külsüz kuru ağırlık için iyi bir tahmin olduğunu bulunmuştur (Coughlan ve ark. 2021). Depew ve ark. (2021), zebra midyelerin yumuşak dokularını çıkarıp kurutarak, kuru et ağırlığı ile uzunluk arasındaki ilişkinin R^2 değerlerini 0,92 ile 0,96 arasında bulmuştur. Bu çalışmada etlerin yaş ağırlığı alınmış, kuru ağırlığı alınmamıştır. Yukarıdaki çalışmalarda ilişki çok güçlü bulunurken, bu çalışmada güçlü bir ilişki bulunmuştur.

Akkuş ve ark. (2019), Van Sarımeşmet Baraj Gölü'nde zebra midyeleri incelemişlerdir. Örnekleme istasyonlarına göre sırasıyla ortalama boy değerleri 33.41 ± 5.6 mm, 26.50 ± 7.02 mm, 26.80 ± 3.2 mm ve 19.95 ± 1.25 mm olarak tespit edilmiştir. İstasyonlara göre ortalama ağırlık değerleri ise, sırasıyla 5.76 ± 1.28 g, 3.71 ± 1.88 g, 3.57 ± 1.21 g ve 2.15 ± 1.12 g olarak belirlenmiştir. Çalışmadaki en büyük boy ve ağırlık değeri 43.74 mm ve 9.85 g ile birinci istasyonda ölçülmüştür. Yapılan regresyon analizi sonucu midyelerin boy ve ağırlıkları arasında üssel bir ilişki olduğu belirlenmiş ve elde edilen b değerleri incelendiğinde midyelerin negatif allometrik ($b < 3$) büyüme gösterdikleri tespit edilmiştir. Nalepa ve ark. (1993), zebra midyelerin b değerlerini iki ayrı istasyonda 2.1514 ve 2.5056 olarak bulmuşlardır. Yukarıdaki çalışmada 40 mm üzeri zebra midyeler canlı olarak bulunabilmiştir ancak bu çalışmada bu büyüklükteki midyelerin boş kabukları bulunabildi. Bunun nedeni bu midyelerin göldeki en yaşlı midyeler olmaları ve belli bir substrata bağlı kalmalarıydı. Ancak Keban Baraj Gölü son yılların en büyük kuraklığını yaşadığı için göl seviyesi kıyıda bazı yerlerde yüzlerce metre çekilmiştir. Bu durumda bu midyeler ya su dışarısında kaldıkları yada yaşama ortamındaki şartların aniden değişmesi nedeniyle topluca ölmüş olabilirler. Bu çalışmada elde edilen "b" değerleri ile yukarıdaki çalışmalarda elde edilenler birbirine paraleldir. Bu çalışmada da yukarıdaki çalışmalarda olduğu gibi midyelerde

negatif allometrik büyümenin olduğu tespit edilmiştir.

Frankiewicz ve ark. (2017), zebra midyelerinin antioksidan sisteminin aktivitesi ile çevresel parametrelerin mevsimsel dalgalanmaları arasında bir ilişki olduğunu bulmuşlardır: Oksidatif stres belirtilerinin genellikle ilkbaharda en yüksek ve yazın en düşük seviyede olduğunu belirlemiştir.

Bir metalloenzim grubu olan SOD, aerobik organizmalarda süperoksit radikallerinin toksik etkilerine karşı birincil savunmadır ve süperoksit radikallerinin antioksidan sistemde önemli bir rol oynayan H_2O_2 ve O_2 'ye dönüşümünü katalize eder (Kappus, 1985; Kohen ve Nyska, 2002). Araştırmalar çeşitli kirleticilere maruz kalan bazı su canlılarında SOD aktivitesinin arttığını bildirmiştir (Ergüven ve ark., 2020; Serdar ve ark., 2018; Tatar ve ark., 2018; Yildirim ve ark., 2019).

Serdar (2021), yaptığı çalışmada, CFT maruziyeti sonrası *D. polymorpha*'da SOD aktivitesinde artış saptamıştır. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada antioksidan enzimlerin SOD aktivitesinde önemli değişikliklere belirlemiştir. Binelli ve ark. (2011), Triclosana maruz bıraktıkları zebra midyelerde artan dozla SOD aktivitesinin bastırıldığını bildirmişlerdir. Parolini ve ark. (2012), 2,2',4,4',5,6'-Hexa BDE'ya maruz bıraktıkları zebra midyelerde SOD aktivitesinde azalma belirlemiştir.

CAT, oksijen kullanan hemen hemen tüm canlı organizmalarda bulunan çok yaygın bir enzimdir. Hidrojen peroksidin ayrışmasını katalize ederek su ve oksijen oluşumunda rol oynar (Chelikani ve ark., 2004). Kirletilmiş ortamlardaki CAT aktivitesi, kirletici miktarına bağlı olarak artabilir veya azalabilir (Sobjak ve ark., 2017). Serdar (2021), yaptığı çalışmada, CFT maruziyeti sonrası *D. polymorpha*'da CAT aktivitesinde azalma saptamıştır. Frankiewicz ve ark. (2017), CAT aktivitesini $30.79-36.72 U mg^{-1}$ protein olarak bulmuşlardır. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada antioksidan enzimlerin CAT aktivitesinde önemli değişikliklere neden olduğunu belirlemiştir. Binelli ve ark. (2011), Triclosana maruz bıraktıkları zebra midyelerde artan dozla CAT aktivitesinin arttığını bildirmişlerdir. Parolini ve ark. (2012), 2,2',4,4',5,6'-Hexa BDE'ya maruz bıraktıkları zebra midyelerde CAT aktivitesinde azalma belirlemiştir.

Antioksidan enzim aktiviteleri, glutatyon redoks durumları ve LPO ürün seviyeleri (TBARS ve MDA) toksikolojik değerlendirmelerde en sık kullanılan biyobelirteçlerdir (Oruç ve ark. 2004). Birçok kirleticinin suda yaşayan organizmalarda MDA seviyesinde artışa neden olduğuna dair bilimsel çalışmalar mevcuttur (Tatar ve ark. 2018; Serdar 2019; Tatar ve ark. 2019; Yüksel ve ark. 2020). Serdar ve ark. 2019, sülfametazin kimyasalına maruz kalan *D. polymorpha* midyelerinde konsantrasyona bağlı olarak MDA'nın arttığını bildirmiştir, Serdar ve ark. (2021), Beta-Cyfluthrine maruz kalan

Zebra midyelerde MDA düzeyinin kontrole göre ve artan konsantrasyonla önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. MDA seviyesindeki bu artış, organizma β -CF oksidatif hasarına karşı savunma yaptığı için oksidatif stresin bir sonucu olarak kabul edilmiştir. Magni ve ark. (2014), zebra midyelere morfin vererek yaptıkları çalışmada lipid peroksidasyon seviyelerinde artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. Sulejow Rezervuarı'ndaki midyelerdeki LPO seviyeleri, ilkbahar ve yaz sonunda (yaklaşık 0.33 nmol MDA/mg protein), yaz ve sonbahardakinden (0.15 nmol MDA/mg protein) önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Białe Gölü midyelerinde LPO seviyeleri, ilkbahardaki seviyelere (0.227 nmol MDA/mg protein) kıyasla yaz, yaz sonu ve sonbaharda (0.106–0.125 nmol MDA/mg protein) nispeten düşük bulunmuştur.

Bu çalışmada elde edilen SOD, CAT ve MDA değerleri diğer araştırmacıların yaptıkları ile zıt bir durum göstermiştir. Doğal veya yapay kirleticiler de kimyasal maddelerde olduğu gibi organizma üzerinde oksidatif strese neden olmaktadır. Bu çalışmada da aşırı sedimente maruz kalan zebra midyelerde hareket ve besin alımında sıkıntı olması nedeniyle oksidatif stres olmuştur. Bu oksidatif stresin emarelerini de SOD ile CAT seviyelerindeki düşüş sonucunda görmekteyiz. MDA seviyesindeki artış normalde olmaması gereken bu durumdur. Ancak bunun için sedimentin diğer özelliklerine de bakmak gerekir.

KAYNAKÇA

- Akkuş, M., Sarı, M., Arabacı, M.**, 2019. Sarımeşmet Barajı'nda (VAN) ilk zebra midye kaydı ve zebra midye popülasyonunun bölge balıkçılığına olası etkileri. *Commagene Journal of Biology*, 3(2): 97-102. DOI: 10.31594/commagene.641992
- Bellwood, D.R., Hoey, A.S., Ackerman, J.L., Depczynski, M.**, 2006. Coral bleaching, reef fish community phase shifts and the resilience of coral reefs. *Global Change Biology*, 12(9):1587-1594. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01204.x.
- Binelli, A., Parolini, M., Pedriali, A., Provini, A.**, 2011. Antioxidant activity in the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in response to triclosan exposure. *Water Air Soil Pollut*, 217: 421-430. DOI 10.1007/s11270-010-0597-4
- Brook, R.E.**, 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bulletin of Marine Science*, 32: 269-276.
- Chase, M.E., Bailey, R.C.**, 1999. The Ecology of the Zebra Mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Lower Great Lakes of North America: I. Population Dynamics and Growth. *J. Great Lakes Res.*, 25(1):107-121.
- Chelikani, P., Fita, I., Loewen, P.C.**, 2004. Diversity of structures and properties among catalases. *Cellular and Molecular Life Sciences CMLS*, 61(2):192-208.
- Cilbiz, M., Bektaş, Z.H., Çapkın, K., Hatipoğlu, B.Ç., Kaya, M.A.**, 2019. Seasonal variation of zebra mussel (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771) colonization on Turkish Narrow-Clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Eğirdir, Turkey. *Aquat Sci Eng*, 34(2): 67-63.
- Colton, M.A., Swearer, S.E.**, 2010. A comparison of two survey methods: differences between underwater visual census and baited remote underwater video. *Marine Ecology Progress Series*, 400: 19-36. <https://doi.org/10.3354/meps08377>
- Connolly, N., O'Neill, C., Knuth, B., Brown, T.**, 2007. Economic impacts of zebra mussels on drinking water treatment and electric power generation facilities. *Environmental Management*, 40: 105-112.
- Coughlan, N.E., Cunningham, E.M., Cuthbert, R.N., Joyce, P.W., Anastácio, P.**, 2021. Biometric conversion factors as a unifying platform for comparative assessment of invasive freshwater bivalves. *Journal of Applied Ecology*, 58:1945-1956.
- Depew, D.C., Krutzmann, E., Watchorn, K.E., Caskenette, A., Enders, E.C.**, 2021. The distribution, density, and biomass of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) on natural substrates in Lake Winnipeg 2017-2019. *Journal of Great Lakes Research*, 47: 556-566.
- Devlet Su İşleri (DSİ)**, Hidroelektrik santrallerde sorun yaratan zebra midye araştırmaları. DSİ Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2005.
- Emslie, M.J., Cheal, A.J., MacNeil, M.A., Miller, I.R., Sweatman, H.P.A.**, 2018. Reef

fish communities are spooked by scuba surveys and may take hours to recover. *PeerJ*, 6: e4886; DOI 10.7717/peerj.4886

- Ergüven, O.G., Tatar, Ş., Serdar, O., Yildirim, N.C.,** 2020. Evaluation of the efficiency of chlorpyrifos-ethyl remediation by *Methylobacterium radiotolerans* and *Microbacterium arthrosphaerae* using response of some biochemical biomarkers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 2871-2879. DOI: 10.1007/s11356-020-10672-9
- Fasola, M., Canova, L., Foschi, F., Novelli, O., Bressan, M.,** 1997. Resource use by a Mediterranean rocky slope fish assemblage. *Marine Ecology*, 18: 51-66. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1997.tb00426.x>
- Frankiewicz, A.W., Bernasini, J., Frankiewicz, P., Gwoździn, K., Jurczak, T.,** 2017. The role of environmental factors in the induction of oxidative stress in zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Aquatic Ecology*, 51: 289-306. DOI 10.1007/s10452-017-9617-4
- Gaygusuz, Ö., Gaygusuz, G.Ç., Tarkan, A.S., Acıpinar, H., Türer, Z.,** 2007. Preference of zebra mussel, *Dreissena polymorpha* in the diet and effect on growth of gobiids: a comparative study between two different ecosystems. *Ekoloji*, 17: 1-6.
- Gül, B., Lök, A., Özgül, A., Ulaş, A., Düzbastılar, F.O., Metin, C.,** 2011. Comparison of fish community structure on artificial reefs deployed at different depths on Turkish Aegean Sea Coast. *Brazilian Journal of Oceanography*, 59: 27-32.
- Kappus, H.,** 1985. Lipid peroxidation: mechanisms, analysis, enzymology and biological relevance. *Oxidative Stress*, Academic Press, London, 273s.
- Kutluyer, F., Aksu, Ö., Aksu, Ö.,** 2013. Kerevitlerin beslenmesinde (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) alternatif besin olarak Zebra midyesinin (*Dreissena polymorpha* Pallas, 1771) Kullanılması. *Tunceli Üniversitesi Bilim ve Gençlik Dergisi*, 1(2): 63-70.
- Locke, A.,** 1997. Precision of diving and canoe-based visual estimates of Atlantic salmon (*Salmo salar*) abundance. *Fisheries Research*, 29(3): 283-287.
- Lopes-Lima, M., Teixeira, A., Froufe, E., Lopes, A., Varandas, S., Sousa, R.,** 2014. Biology and conservation of freshwater bivalves: past, present and future perspectives. *Hydrobiologia*, 735: 1-13.
- Lydeard, C., Cowie, R.H., Ponder, W.F., Bogan, A.E., Bouchet, P., Clark, S.A., Cummings, K.S., Frest, T.J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E., Thompson, F.G.,** 2004. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience*, 54: 321-330.
- Mackie, G.L., Gibbons, W.N., Muncaster, B.W., Gray, I.M.,** 1989. The zebra mussel, *Dreissena polymorpha*: A synthesis of European experiences and a preview for North America. Report prepared for Water Resources Branch, Great Lakes Section. Available from Queen's Printer for Ontario, ISBN 0-7729-5647-2.
- Mackie, G.L.,** 1991. Biology of the exotic zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in relation to native bivalves and its potential impact in Lake St. Clair. *Hydrobiologia*,

219(1): 251-268. DOI: 10.1007/BF00024759

- Magni, S., Parolini, M., Binelli, A.**, 2014. Sublethal effects induced by morphine to the freshwater biological model *Dreissena polymorpha*. *Environmental Toxicology*, 31(1): 58-67. <https://doi.org/10.1002/tox.22021>
- Marsden, J.E., Spidle, A., May, B.**, 1995. Genetic similarity among zebra mussel populations within North America and Europe. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 52: 836-847.
- Nalepa, T.F., Cavaletto, J.F., Ford, M., Gordon, W.M., Wimmner, M.**, 1993. Seasonal and annual variation in weight and biochemical content of the zebra mussel, *Dreissena polymorpha*, in Lake St. Clair. *J. Great Lakes Res.*, 19(3): 541-552.
- Nalepa, T.F., Wojcik, J.A., Fanslow, D.L., Lang, G.A.**, 1995. Initial colonization of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Saginaw Bay, Lake Huron: Population recruitment, density, and size structure. *J. Great Lakes Res.*, 21: 417-434. [https://doi.org/10.1016/S0380-1330\(95\)71056-5](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(95)71056-5).
- Negus, C.L.**, 1966. A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. *Journal of Animal Ecology*, 35: 513-532.
- Parolini, M., Pedriali, A., Binelli, A.**, 2012. Variation of antioxidant activity in *Dreissena polymorpha* specimens exposed to 2,2',4,4',5,6'-Hexa BDE (BDE-154). *Water Air Soil Pollut*, 223: 3067-3076.
- Quimpo, T.J.R., Cabaitan, P.C., Olavides, R.D.D., Dumalagan, Jr. E.E., Munar, J., Siringan, F.P.**, 2018. Spatial variability in reef-fish assemblages in shallow and upper mesophotic coral ecosystems in the Philippines. *Journal of Fish Biology*, 94 (1): 17-28. <https://doi.org/10.1111/jfb.13848>
- Randall, J.E.**, 1963. An analysis of the fish populations of artificial and natural reefs in the Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*.3: 31-46.
- Rassweiler, A., Dubel, A.K., Hernan, G., Kushner, D.J., Caselle, J.E., Sprague, J.L., Kui, L., Lamy, T., Lester, S.E., Miller, R.J.**, 2020. Roving divers surveying fish in fixed areas capture similar patterns in biogeography but different estimates of density when compared with belt transects. *Front. Mar. Sci.*, 7: 272. doi: 10.3389/fmars.2020.00272
- Schloesser, D.W., Nalepa, T.F., Mackie, G.L.**, 1996. Zebra mussel infestation of unionid bivalves (Unionidae) in North America. *Integr Comp Biol*, 36: 300-310.
- Serdar, O., Yildirim, N. C., Tatar, S., Yildirim, N., Ogedey, A.**, 2018. Antioxidant biomarkers in *Gammarus pulex* to evaluate the efficiency of electrocoagulation process in landfill leachate treatment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(13): 12538-12544.
- Serdar, O.**, 2019. The effect of dimethoate pesticide on some biochemical biomarkers in *Gammarus pulex*. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21):21905-21914.
- Serdar, O.**, 2021. Determination of the effect of cyfluthrin pesticide on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) by some antioxidant enzyme activities. *Journal of*

Anatolian Environmental and Animal Sciences, 6(1): 77-83. DOI: <https://doi.org/10.35229/jaes.804479>

- Serdar, O., Aydın, R., Söylemez, H.**, 2021. Effect of beta-cyfluthrin pesticide on zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 7(3):462-471. DOI: 10.29132/ijpas.803520
- Sobjak, T.M., Romão, S., do Nascimento, C.Z., dos Santos, A.F.P., Vogel, L., Guimarães, A.T.B.**, 2017. Assessment of the oxidative and neurotoxic effects of glyphosate pesticide on the larvae of *Rhamdia quelen* fish. *Chemospher*, 182: 267-275.
- Spooner, D.E., Frost, P.C., Hillebrand, H., Arts, M.T., Puckrin, O., Xenopoulos, M.A.**, 2013. Nutrient loading associated with agriculture land use dampens the importance of consumer-mediated niche construction. *Ecology Letters*, 16: 1115-1125.
- Strayer, D.L., Caraco, N.F., Cole, J.J., Findlay, S., Pace, M.L.**, 1999. Transformation of freshwater ecosystems by bivalves. *BioScience*, 49: 19-27.
- Strayer, D.L., Downing, J.A., Haag, W.R., King, T.L., Layzer, J.B., Newton, T.J., Nichols, S.J.**, 2004. Changing perspectives on pearly mussels, North America's most imperiled animals. *BioScience*, 54: 429-439.
- Tankersley, R., Dimock, R.V.**, 1993. The effect of larval brooding on the respiratory physiology of the freshwater unionid mussel *Pyganodon cataracta*. *American Midland Naturalist*, 130: 146-163.
- Tatar, S., Cıkcıkoglu Yildirim, N., Serdar, O., Yildirim, N., Ogedey, A.**, 2018. The using of *Gammarus pulex* as a biomonitor in ecological risk assessment of secondary effluent from municipal wastewater treatment plant in Tunceli, Turkey. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(3): 819-829.
- Tatar, Ş., Serdar, O., Yıldırım, N.C.**, 2019. Kongo kırmızısına maruz bırakılan tatlı su Amphipodu *Gammarus pulex*'in Antioksidan ve detoksifikasyon sistemindeki değişiklikler. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4(2), 76-81
- Thurow, R.F., Dolloff, C.A., Marsden, J.E.**, 2012. Visual observation of fishes and aquatic habitat [Chapter 17]. In: Fisheries techniques, eds, Zale, A.V., Parrish, D.L. & Sutton, T.M., 3rd edition, MD: American Fisheries Society, Bethesda, 1009s.
- Tucker, J., Theiling, C.**, 1999. U.S. Geological Survey, Upper Midwest Environmental Sciences Center, La Crosse, Wisconsin. 236 pp.
- URL-1**, 2017. <http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiye-akarsular-haritasi.png>, 15 Eylül 2021.
- URL-2**, 2021. Türkiye Akarsular Haritası. <https://www.google.com.tr/maps/place/KeBan+Baraj%C4%B1+ve+Hidroelektrik+Santrali/@38.8611252,38.9294658,10z/data=!4m5!3m4!1s0x40771f3437a51ff9:0x->

74c693e8ea5a974a!8m2!3d38.806449!4d38.7561418, 15 Eylül 2021.

- Vaughn, C.C., Hakenkamp, C.C.**, 2001. The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46: 1431–1446.
- Vollset, K.W., Skoglund, H., Barlaup, B.T., Pulg, U., Gabrielsen, S.E., Wiers, T., Bjornar, S., Lehmann, G.B.**, 2014. Can the river location within a fjord explain the density of Atlantic salmon and sea trout? *Marine Biology Research*, 10(3): 268–278.
- Vrtílek, M., Reichard, M.**, 2012. An indirect effect of biological invasions: the effect of zebra mussel fouling on parasitisation of unionid mussels by bitterling fish. *Hydrobiologia*, 696: 205–214.
- Weaver, D.M., Kwak, T.J., Pollock, K.H.**, 2014. Sampling characteristics and calibration of snorkel counts to estimate stream fish populations. *North American Journal of Fisheries Management*, 34(6): 1159–1166.
- Williams, J.D., Warren, M.L. Jr., Cummings, K.S., Harris, J.L., Neves, R.J.**, 1993. Conservation status of freshwater mussels of the United States and Canada. *Fisheries*, 18: 6–22.
- Wilson, A.E.**, 2003. Effects of zebra mussels on phytoplankton and ciliates: a field mesocosm experiment. *Journal of Plankton Research* 25(8): 905-915.
- Wilson, S.K., Graham, N.A.J., Holmes, T.H., MacNeil, M.A., Ryan, N.M.**, 2018. Visual versus video methods for estimating reef fish biomass. *Ecological Indicators* 85:146–152 DOI 10.1016/j.ecolind.2017.10.038.
- Wolfe, D.A., Champ, M.A., Flemer, D.A., Mearns, A.J.**, 1987. Longterm biological data sets: their role in research, monitoring, and management of estuarine and coastal marine systems. *Estuaries*, 10: 181–193. doi: 10.2307/1351847
- Yildirim, N.C., Tanyol, M., Serdar, O., Yildirim, N.**, 2019. *Gammarus pulex* as a Model Organism to Assess the Residual Toxicity of Slaughterhouse Wastewater Treated by Electrocoagulation Process. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 103(3): 447-452.
- Yüksel, F., Aydin, R., Serdar, O., Pala, A.**, 2020. Examining the biochemical effect of malathion pesticide on *Gammarus pulex* (L., 1798). *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(10): 9490-9497



Bölüm 10

LİKOPEN VE BALIKLARDA KULLANIMI

Muhammet Enis YONAR¹

Serpil MİŞE YONAR²

1 Prof. Dr.

2 Prof. Dr.

1. GİRİŞ

Balıklar, doğal yaşam ortamlarında bir dizi enfeksiyon riski altındadır. Özellikle entansif yetiştirme uygulanan alanlarda balıkların yoğun bir şekilde stoklanması, enfeksiyöz hastalıkların önemli bir tehdit oluşturmasına neden olmaktadır. Kültür balıkçılığında hastalık bir kez ortaya çıktığında, tedavi süreci genellikle zorlu ve uzun bir çabayı gerektirir. Balıklarda meydana gelen enfeksiyonlar, ekonomik kayıplara yol açabilir ve bu nedenle koruyucu ve tedavi edici önlemler alınmalıdır. Sülfonamidler, tetrasiklinler ve nitrofuranlar gibi çeşitli kemoterapötik maddeler, balıklarda ortaya çıkan enfeksiyonlara karşı uzun bir süredir kullanılmaktadır. Ancak, bu kemoterapötik maddelerin uzun süreli kullanımı, bakterilerin direnç geliştirmesine ve ilaçların etkinliğini sınırlamaya yol açmaktadır (Yonar, 2008).

Karotenoidler, hayvanlar ve bitkiler âleminde doğal olarak oluşan pigmentlerin genel adıdır. Bu pigmentler, doğada yaygın olarak bulunmakta olup çeşitli fonksiyonları nedeniyle önemli bir bileşik grubunu temsil etmektedir. Bugüne kadar, doğada 700'den fazla karotenoid tanımlanmış olup renk skalasında sarıdan kırmızıya kadar geniş bir yelpazede bulunmaktadırlar. Karotenoidler genellikle çift halkalı ve 40 karbon atomu içeren doymamış hidrokarbonlardan oluşmaktadır. Bu bileşiklerin oksijen içeren türleri ksantofiller olarak adlandırılırken, tamamen karbon ve hidrojen içeren türleri ise karotenler olarak adlandırılmaktadır (Ames vd., 1995).

Doğal tedavi amaçlı kullanılan önemli maddelerden biri, balıklarda bulunan bir karotenoid olan likopedindir. Likopen, sebze ve meyvelerde doğal olarak bulunan bir pigmenttir ve özellikle domates ve diğer kırmızı meyvelerde yüksek oranda bulunur. Likopen ayrıca karpuz, kayısı ve kırmızı greyfurt gibi besinlerde de bulunabilir, ancak domates ve domates ürünlerinde %85 oranında yoğunlaşmaktadır. Likopen, karotenoid antioksidanlar arasında en güçlülerinden biridir ve adını domatesin Latince ismi olan *Lycopersicum esculentum*'den almıştır (Hopancı Bıçaklı ve Uslu, 2012)

2. KAROTENOİDLER

Karotenoidler, doğada geniş bir yayılıma sahip pigmentlerdir ve çeşitli fonksiyonları nedeniyle önemli bir bileşik grubunu temsil eder. Bu pigmentler, ilk kez 1831 yılında Weckenroder tarafından havuçlardan izole edilmiştir (Wu vd., 2003).

Karotenoidler, tüm fotosentetik organizmalarda bulunan ve yağda çözünen pigmentlerdir. Doğal bitki pigmentleri arasında, biyolojik yapılarındaki çeşitlilik ve yüksek seviyedeki yapısal farklılıklar nedeniyle karotenoidler geniş bir çeşitlilik gösterir. Doğada 600'den fazla karotenoid bulunmasına rağmen, sadece 40 tanesinin düzenli olarak tüketildiği bildirilmektedir (Kopsell ve Kopsell, 2006).

Algler de karotenoidleri sentezleyebilir. Yüksek bitkilerde bulunan karotenoidlerin, fotosentez sırasında önemli bir rol oynadığı ve bitkileri ışıktan koruduğu bilinmektedir (Von Lintig ve Vogt, 2004).

Bitkilerdeki karotenoid içeriğini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Örneğin, bazı meyvelerde olgunlaşma süreci, karotenoid içeriğinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Domates örneğinde olduğu gibi, olgunlaşma sürecinde likopen özellikle artmaktadır (Oshima vd., 1996; Tinkler vd., 1994). Işık da karotenoidlerin biyosentezini teşvik ettiği için, bitkinin ışığa maruz kalma süresi, karotenoid konsantrasyonunu etkileyen diğer bir önemli faktördür. Ayrıca, karotenoid oluşumunu etkileyebilen diğer faktörler arasında iklim, pestisit kullanımı, toprak çeşidi gibi unsurlar da bulunmaktadır (Von Lintig ve Vogt, 2004).

Karotenoidler, yapılarına göre genellikle “hidrokarbon karotenoidler” ve “ksantofiller” olarak iki ana sınıfa ayrılır. Hidrokarbon karotenoidleri, apolar özellikte olup genellikle “karotenler” olarak adlandırılır ve α -karoten, β -karoten ve likopen gibi önemli örnekleri içerir. Bu karotenoidler, temel olarak hidrojen ve karbon atomları içerir. Öte yandan, ksantofiller daha polar özellik gösterir ve yapıları içinde oksijen grupları barındırır. Örnek ksantofiller arasında β -kriptoksantin, zeaksantin ve astaksantin bulunur. Ksantofiller, karotenlere kıyasla daha fazla polariteye sahiptir ve metanol veya etanol gibi çözücülerde daha iyi çözünme eğilimindedir. Karotenoidler ayrıca, zincir uçlarında halka grubu içerip içermemelerine göre siklik (halkalı) ve asiklik (halkasız) olarak da sınıflandırılabilir. Likopen, fitoen, fitofluen ve ζ -karoten gibi karotenoidler asiklik yapıya sahipken, α -karoten, β -karoten, δ -karoten ve γ -karoten gibi karotenler siklik yapıya sahiptir. Bu yapısal farklılıklar, karotenlerin petrol eteri, hekzan ve toluen gibi apolar çözücülerde çözünürken, ksantofillerin ise metanol ve etanol gibi daha polar çözücülerde çözünme eğiliminde olduğu sonucunu ortaya koyar (Krinsky ve Johnson, 2005).

Karotenoidler genellikle bitkisel dokularda serbest halde (kristal veya amorf) veya yağlı ortamlarda çözünmüş olarak bulunur. Ayrıca, yağ asitleriyle esterleşmiş, şeker ve proteinlerle kompleks hallerde de var olabilirler. Bu bileşiklerin kaynama noktaları genellikle yüksektir ve 130 ila 220 °C arasında değişebilir. Karotenoidlerin maksimum absorbansı, yaklaşık 430-480 nm dalga boylarında görülür ve renkleri, bu konjuge çift bağ sisteminin bir sonucudur (Parker, 1996). Karotenoidlerin sahip olduğu konjuge çift bağ yapısı, sadece bu bileşiklerin karakteristik renk tonunu belirlemekle kalmaz, aynı zamanda fotosentez sırasında ışığı absorbe etme, enerji transferi ve hücreleri ışığın zararlı etkilerinden koruma gibi biyolojik fonksiyonları da etkiler. Ayrıca, kök ve yapraklarda bulunan bazı karotenoidler, absisik asidin bir öncü maddesi olan kimyasal taşıyıcı ve büyüme düzenleyici bir bileşen olarak görev yapar (Baysal ve Ersus, 1999; Deming ve Erdman, 1999).

Karotenoidler biyolojik açıdan önemli bir rol oynarlar ve en belirgin etkileri arasında antioksidan özellikleri ve provitamin A aktivitesi bulunmaktadır. Provitamin A aktivitesi, karotenoidlerin en iyi belgelenmiş fonksiyonudur ve β -karoten, zeaksantin ve β -kriptoksantin gibi karotenoidler bu etkiyle ilişkilendirilir. Bu karotenoidler, besinler aracılığıyla alındıklarında, bağırsakta bulunan 15-15'-dioksijenaz enzimi tarafından parçalanarak retinal ve benzeri bileşiklere dönüşürler. Örneğin, günümüzde bilinen bir gerçek, β -karoten'in merkezi bir parçalanma reaksiyonu yoluyla retinal ve benzeri bileşiklere dönüştüğüdür (Williams vd., 1999).

Likopen ve diğer karotenoidlerin oksijen radikallerini baskılayıcı etkisi hem fiziksel hem kimyasal olarak gerçekleşir. Fiziksel baskılama sırasında, karotenoid yapısı bozulmadan kalırken, kimyasal baskılamada karotenoid yapısı dekompoze olur (Ebadi, 2002). Karotenoidler, reaktif oksijen moleküllerinden olan singlet oksijen molekülü (1O_2) ve peroksil radikallerini etkili bir şekilde temizleme yeteneğine sahiptir. Karotenoidler, singlet oksijen baskılama sürecini hem fiziksel hem de kimyasal olarak gerçekleştirirler. Ayrıca, karotenoidler peroksil radikallerini güçlü bir şekilde temizler ve lipit peroksidasyonuna karşı savunma mekanizmasına katkıda bulunur. Ancak, bazı özel durumlarda karotenoidler prooksidan olarak davranabilirler. Son zamanlarda, karotenoidlerin tümör oluşumunu engellediği ifade edilmiştir (Ötleş ve Atlı, 1997).

3. LİKOPEN

Likopen, bitkilerde ve mikroorganizmalarda fotosentez sırasında ışığı emip fotosensitizasyona karşı koruma sağlamak amacıyla sentezlenen doğal bir pigmenttir. Bu özel pigment, özellikle domates (*Lycopersicon esculentum*) olmak üzere guava, kuşburnu, karpuz, kayısı ve pembe greyfurt gibi birçok meyve ve sebze de bulunur, bu sayede bu gıdalara kırmızı rengini verir (Rao ve Agarwal, 1999; Shi vd., 2002; Shixian vd., 2005). Likopen, özellikle kırmızı sebze ve meyvelerde bol miktarda bulunan bir karotenoiddir. Örnek olarak domates ve domates ürünleri doğadaki likopenin önemli kaynakları arasında yer alır (Omoni ve Aluko, 2005; Shixian vd., 2005).

Likopen, sadece bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından doğal olarak üretilen bir pigmenttir. Bu pigmentin ve diğer karotenoidlerin temel görevlerinden biri, fotosentez sırasında ışığı emerek bitkileri fotosensitiviteye karşı korumaktır.

İnsanlar ve hayvanlar, likopeni kendi vücutlarında sentezleyemezler ve bu nedenle besinler aracılığıyla almak zorundadırlar. Ancak, likopen, β -iyonin halka yapısının eksikliği sebebiyle pro-vitamin A aktivitesine sahip değildir, fakat insan serumunda bulunur. Likopen, β -karotenle karşılaştırıldığında in-vitro sistemlerde daha büyük radikal temizleme aktivitesine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Handelman vd., 2001).

Likopen, karotenoid ailesinin antioksidan bir üyesidir (Rao ve Agarwal, 1999; Shi vd., 2002). Likopen, oksidatif, termal ve fotodegradasyona karşı oldukça stabil bir molekül olmasına rağmen, çeşitli koşullar altında bu tür bozulmalara uğrayabilir (Agarwal ve Rao, 2000). Yapılan çalışmalar, likopenin termal işlem ve depolama koşulları altında genellikle stabil olduğunu göstermektedir (Agarwal vd., 2001).

Karotenoidler içinde yer alan likopen, asiklik özelliğine sahiptir. Ancak likopen, β -iyonon halkası içerdiği ve asiklik olması nedeniyle provitamin A aktivitesine sahip değildir. Likopenin biyokimyası, diğer karotenoidler olan β -karoten ve α -karoten gibi farklıdır. Doğal kaynaklarda, genellikle all-trans formunda bulunan likopen, bu formun termodinamik olarak en stabil form olduğu bilinmektedir (van Breemen ve Pajkovic, 2008). Ancak, ışığa, ısıya veya çift bağların kimyasal reaksiyonlarına maruz kaldığında, likopen çeşitli mono veya poli-cis izomerlerini üretebilir (Clinton, 1998).

Çeşitli faktörlere bağlı olarak likopenin emilimi değişiklik gösterir; bu faktörler arasında besin kaynaklarından likopen alımı, likopen içeren gıda matriksinin bozunma süreci, pişirme sıcaklıkları, lipitler ve diğer yağda çözünebilir karotenoid bileşenlerinin varlığı yer alır. Likopenin emilimi, diğer yağda çözünebilir bileşiklere benzer bir süreç izler, ancak sindirim kanalından şilomikronlar aracılığıyla emilir (Rao ve Rao, 2007). Likopenin besinlerle alınmasının ardından, lipit miselleriyle birleşerek intestinal mukozadan pasif difüzyonla emilir. Daha sonra lenfatik sistem aracılığıyla karaciğere taşınmak üzere şilomikronlarla birleşir ve lipoproteinlere bağlanarak farklı organlara taşınır (Rao vd., 2006; Rao ve Agarwal, 1998; Shi vd., 2000).

Likopen, besinlerle alındığında insan vücudunda %10-30 arasında emilir. Likopenin kaynakları arasında domates sosu, suyu ve oleoreçine kapsülleri bulunmaktadır, ve bu kaynaklardan elde edilen likopen eşit oranda ve yeterli biçimde emilebilmektedir (Rao ve Agarwal, 1998; Gartner vd., 1997).

Araştırmalar, işlenmiş domatesteki likopenin çiğ domatese kıyasla daha etkili bir şekilde emildiğini ortaya koymaktadır (Bramley, 2000). Bu artan emilim, likopenin besin matriksinden salınmasında kullanılan ısı işleminin etkisiyle meydana gelmektedir. İşleme sırasında uygulanan ısı işlemi, izomerizasyonu teşvik ederek likopenin tüm formlarının biyoyararlanımını artırmaktadır. İşlenmiş domates ürünlerinden elde edilen likopenin çiğ domatese göre daha iyi emiliminde etkili olan bir faktör, likopenin cis-izomerinin trans-izomerine göre safra asit misellerinde ve şilomikronlarda daha iyi çözüldüğü ve birleşme eğiliminde olduğudur (Bramley, 2000; Rao vd., 2006; Rao ve Agarwal, 1999; Shi vd., 2002).

Likopenin biyoyararlanımı sadece izomerik formundan değil, aynı zamanda alınan diğer bileşenlerden, karotenoidlerden, vitaminlerden ve minerallerden de etkilenmektedir. Araştırmalar, likopenin az miktarlarda daha

etkili bir şekilde emildiğini ve özellikle β -karoten ile birlikte alındığında emiliminin arttığını göstermektedir. Emilen likopen vücutta dolaşım sistemi aracılığıyla yayılarak bütün vücuda dağılır. Likopen, insan plazmasında yaklaşık 2-3 gün süren bir yarı-ömürle en etkili karotenoiddir (Stahl ve Sies, 1996; Rao ve Agarwal, 1999).

Bitkilerde, likopenin en etkili geometrik izomerleri tam-trans izomerleridir. Ancak, insan plazmasında likopen, izometrik bir karışım olarak bulunur ve bu karışımın yarısı cis-izomerlerden meydana gelir (Rao ve Agarwal, 2000). Hayvanlar, genellikle bütün trans izomerik formlarını içeren likopenle beslendiklerinde, serum ve dokularda likopenin varlığı cis likopeni de içerecek şekilde gözlenir (Jain vd., 1999). Bu benzer sonuçlar insan serumunda da gözlemlenir. Likopenin insan dokularındaki en yüksek seviyelere ulaştığı bölgeler arasında testis, adrenal bezler, prostat, meme ve karaciğer bulunmaktadır (Jain vd., 1999; Rao vd., 2006). Ancak, bu formların biyolojik önemi henüz tam olarak anlaşılmamıştır.

Likopen, insan dokularında biriken bir antioksidandır. Özellikle domates suyu aşırı ve uzun süre tüketildiğinde, deri ve karaciğerde renklenmeye neden olabilen bu duruma "likopenemi" adı verilir. Ancak, likopenin dokular arasında homojen bir dağılıma sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Bu farklılıklar, likopenin özellikle prostat, karaciğer, adrenal bez ve testislerde yüksek konsantrasyonlara neden olan özel mekanizmalar olduğunu göstermektedir. Bu mekanizmaların tam olarak anlaşılmamış olmasına rağmen, bir teori likopenin lipoproteinler aracılığıyla taşındığını ve bu dokularda lipoprotein reseptörlerinin artmış olduğunu öne sürmektedir (Rao et al., 2006; Rao and Agarwal, 1999; Shi et al., 2002).

Likopen, vücut sıvıları ve insan sütü dahil diğer biyolojik sıvılarda da bulunur. Ayrıca, kısırlık sorunu yaşayan erkeklerde likopen ve β -karoten seviyelerinin normal erkeklere göre daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Rao et al., 2006). Likopenin antioksidan etkisi ve biyolojik rolü, araştırmacıların odak noktasıdır. Bu etkiye ek olarak, likopenin gen fonksiyonlarını düzenleme, gap-junction iletişimi, hormon ve bağışıklık düzenleme, karsinojen metabolizması ve faz II ilaç metabolize enzimlerini içeren metabolik yolları etkilediği bilinmektedir (Heber and Lu, 2002; Rao and Rao, 2007).

Domates salçası ve domates suyu gibi yaygın olarak tüketilen gıdalarda, likopen adlı bir antioksidan yüksek oranda bulunmaktadır. Likopen vücutta geniş bir dağılım gösterir; özellikle yağdan zengin dokularda, böbrek, testisler, karaciğer ve prostat bezi gibi bölgelerde yoğun olarak bulunur. Bu karotenoid, özellikle prostatta en fazla bulunan türdür (Agarwal ve Rao, 2000; Cohen, 2002).

Diyet yoluyla alınan likopen, vücuttaki likopen seviyelerini artırarak reaktif oksijen türlerini (ROT) etkisiz hale getirir; bu da bir antioksidan olarak

işlev görür. Likopen, lipoproteinler, hücre membranlarındaki lipidler, önemli enzimler ve genetik materyal olan DNA üzerinde meydana gelen oksidatif hasarı azaltarak oksidatif stresi düşürebilen bir antioksidandır. Oksidatif stresin azalması, kanser ve kalp-damar hastalıkları gibi risk faktörlerini azaltabilir. Alternatif olarak, vücuttaki likopen seviyelerinin artması, gen fonksiyonlarını, hücrelerarası iletişimi, hormon seviyelerini ve bağışıklık tepkilerini düzenleyerek kronik hastalıklara yakalanma riskini azaltabilir.

Karotenoidlerin çoğu, antioksidan özelliklere sahiptir. İnsan vücudu içinde, bu bileşenler singlet oksijeni (1O_2) giderme ve peroksil radikallerini yakalama gibi çeşitli savunma mekanizmalarında etkili olabilirler (Shixian et al., 2005). Örneğin, likopen, provitamin A aktivitesine sahip olmasa da antioksidan olarak görev yapabilir ve aktif oksijenin zararlı etkilerini engelleyebilir (Shi et al., 2002).

Likopenin antioksidan etkilerini değerlendiren in-vitro çalışmalarında, bu karotenoidin güçlü bir radikal temizleyici olduğu belirlenmiştir (Dimascio et al., 1989; Miller et al., 1996). Likopen, konjuge çift bağlarının yüksek içeriği nedeniyle, singlet oksijeni giderme ve peroksil radikal temizleme konularında diğer karotenoidlere göre daha etkili olabilir (Dimascio et al., 1989; Yılmaz, 2002). Karotenler, aktif oksijeni hem fiziksel hem de kimyasal yöntemlerle bağlayabilirler. Fiziksel bağlanma, kimyasal bağlanmaya göre daha etkili olup, singlet oksijenin enerjisinin karotenle transfer edilerek oksijenin normal duruma getirilmesini içerir. Aktive edilmiş karotenin enerjisi, çözücü ortamdaki dönme ve titreme etkileşimleri aracılığıyla iletilir; bu süreçte karoten normal enerji seviyesine döner ve ortam sıcaklığı artar. Bu fiziksel bağlanma işlemi birkaç kez tekrarlanabilir (Shixian et al., 2005; Yılmaz, 2002).

Karotenoidlerin, hücreler arasındaki gap junctional iletişimi teşvik etme yeteneğinin, potansiyel bir koruyucu etki olarak kanser gelişimine karşı temel bir mekanizma olabileceği öne sürülmüştür (Rao ve Agarwal, 1999). Likopenin oksidatif olmayan fonksiyonlarından biri ayrıca hipokolestremik rolü ve sitokrom P450 2E1 üzerindeki düzenleyici etkisidir (Astrog vd., 1997).

Likopenin sağlık üzerinde olumlu etkilerine dair birçok araştırma bulunmaktadır. Rao ve Agarwal (1999) ile Rao ve Ali (2007) gibi çalışmalar, likopenin özellikle kanser riskini azaltıcı veya önleyici bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Rao ve Ali (2007), likopenin prostat başta olmak üzere farklı organlardaki çeşitli kanser türlerini azaltabileceğini rapor etmiştir. Likopenin sağlığa olan olumlu etkilerinden biri, kalp-damar sistemi hastalıkları ile ilgilidir. Serum likopen seviyelerinin azalmasıyla koroner kalp hastalıklarından ölüm riskinin arttığı, mortalitenin yükseldiği iddia edilmiştir (Kristenson vd., 1997). Ayrıca, likopenin LDL ve kolesterol seviyelerini azaltarak kardiyovasküler hastalık riskini azaltmaktadır (Rao ve Ali, 2007). Epidemiyolojik çalışmalar, likopenin kansere karşı koruyucu etkisinin bulunduğunu

gösterse de, kanserli hastalardaki likopen ve oksidatif stres arasındaki ilişki hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır (Rao ve Ali, 2007).

Karetonoidler, insan vücudunda sentezlenemeyen ve sadece diyet yoluyla alınabilen bir grup bileşiktir. Diyetimizle elde ettiğimiz likopenin büyük bir kısmı, en az %85'i domates ve domates bazlı ürünlerden gelmektedir. Geri kalan kısmı ise karpuz, pembe greyfurt, papaya ve guava gibi besinlerden temin edilebilir. Likopenin diyetle alınabilen kaynakları arasında domates ürünleri (suyu, ketçap, çorba, pizza, spagetti sosu) bulunmaktadır.

4. LİKOPENİN BALIKLARDA KULLANIMI

Son yıllarda, likopenin balıklarda kullanımıyla ilgili yapılan araştırmalar artmıştır. Bu çalışmalar genellikle oksidatif stres ve bağışıklık sistemi üzerine odaklanmıştır. Aynı zamanda, balık hematolojisi, biyokimyası ve histopatolojisi üzerine gerçekleştirilen araştırmalar da mevcuttur. Tablo 1'de, balıklarda yapılan bu çalışmaların özeti sunulmuştur.

Tablo 1. Balıklarda likopenle ilgili yapılan bazı çalışmalar.

Balık Türü	Doz	Yol	Süre	Biyolojik Aktivite	Kaynak
Sazan	5 ve 10 mg/kg balık	Oral	21 gün	Antioksidan	Mişe Yonar ve Sakin 2010
Sazan	10 mg/ kg balık	Oral	14 gün	Antioksidan	Yonar ve Sakin 2011
Sazan	10 mg/kg balık	Oral	14 gün	Antioksidan, İmmunostimulan, Antitoksikant	Yonar 2012
Sazan	10 mg/ kg balık	Oral	14 gün	Antioksidan, İmmunostimulan	Mişe Yonar 2013
Sazan	10 mg/kg balık	Oral	14 gün	Antioksidan İmmunostimulan	Ural 2013
Alabalık	200 ve 400 mg/kg diet	Oral	12 hafta	Antioksidan,	Sahin vd., 2014a; 2014b
Tilapia	10 mg/kg balık (50 mg Vitamin E ile birlikte)	Oral	28 gün	İmmunostimulan, Hematolojik etki, Biyokimyasal etki	İbrahim ve Banaee, 2014
Karabalık	9 ve 18 mg/kg balık	Oral	4 hafta	Antioksidan	Hamed ve Osman, 2017
Tilapia	600 mg/kg yem	Oral	4 hafta	Antioksidan, Antitoksikant	Hussein vd., 2019
Ot sazanı	10 mg/kg balık	Oral	30 gün	Antioksidan, Nöroprotektif	Wang vd., 2022
Sazan	10 mg/kg balık	Oral	30 gün	Antiinflamator, Antioksidan	Lu vd., 2022

Mişe Yonar ve Sakin (2010) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, balıklara 5 mg ve 10 mg likopen/kg balık ağırlığına göre yemle karıştırılan likopen uygulaması 21 gün boyunca devam etmiştir. Çalışmanın 7., 14. ve 21. günlerinde, balıkların karaciğer, böbrek ve dalak örneklerinde malondi-

aldehit (MDA) düzeyi, katalaz (CAT) aktivitesi ve redükte glutatyon (GSH) seviyeleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, likopen uygulanan balıklarda MDA düzeyinde azalma, katalaz aktivitesinde artış ve GSH düzeylerinde artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, likopenin balıklar üzerinde lipid peroksidasyonunu azaltıcı etkisi olduğunu ve antioksidan savunma mekanizmalarını güçlendirdiğini ortaya koymaktadır.

Balıklarda likopen üzerine yapılan araştırmalar genellikle ağır metaller ve pestisitlerin vücutta neden olduğu oksidatif stres ile bu strese karşı antioksidan enzimlerin tepkisi ve likopenin koruyucu etkisi üzerine odaklanmıştır. Örneğin, sazanlarda deltametrin adlı bir pestisitinin lipid peroksidasyonunu arttırarak oksidatif stres oluşturduğu ve süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzim aktivitelerini düşürerek redükte glutatyon (GSH) seviyelerini azalttığı gözlemlenmiştir. Ancak, bu olumsuz etkilere karşı 14 gün boyunca günlük 10 mg/kg likopen uygulamasının olumlu sonuçlar verdiği ve oluşan hasarı önlediği görülmüştür (Yonar ve Sakin, 2011). Aynı balık türünde, 14 gün boyunca malathion kullanılarak yapılan başka bir çalışmada ise hematolojik, immunolojik ve antioksidan parametrelerdeki değişimler incelenerek pestisitinin neden olduğu toksik etkilerin, eş zamanlı likopen uygulamasıyla giderilebileceği bulunmuştur. Bu çalışma ayrıca likopenin balıklarda immunostimulan olarak kullanılabilirliğini göstermiştir (Mişe Yonar, 2013). Diğer bir araştırmada ise Ural (2013), chlorpyrifos adlı bir pesticide karşı aynı doz ve sürede likopen uygulamasının hematolojik ve antioksidan parametrelere olan etkisini incelemiştir. Likopen uygulamasının bu pestisitinin neden olduğu toksik etkileri azaltabileceği ve yalnız likopen uygulamasının lökosit sayısını artırarak bir immunostimulan olarak etki edebileceği sonucuna varılmıştır.

Yonar (2012) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, balık hastalıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılan oksitetrasiklin öncesinde ve sonrasında likopen uygulamasının çeşitli antioksidan ve immunolojik parametreler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, likopenin oksitetrasiklin toksisitesine karşı koruyucu etkisini ortaya koymuştur. Ayrıca, 10 mg/kg balık ağırlığındaki likopen uygulanan grup, kontrol grubuna göre farklı lökosit sayısı ve oksidatif radikal üretimi sergileyerek, likopenin immunostimulan potansiyelini göstermiştir.

Alabalıklarda yaygın olarak bilinen stoklama yoğunluğuna bağlı stres faktörlerini inceleyen araştırmalarda, likopenin koruyucu etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Sahin vd., 2014a; 2014b). Normal stoklanan balıklar (20 kg/m³) ile aşırı stoklanan balıkların (100 kg/m³) karşılaştırıldığı bu çalışmalarda, oksidatif stresin bir göstergesi olarak MDA düzeyinin plasma ve karaciğerde arttığı, SOD, CAT ve GSH-Px enzimlerinin ise azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, likopen uygulamasının (200 ve 400 mg/kg diyet) MDA düzeyini azalttığı ve antioksidan enzim aktivitelerini artırdığı rapor edilmiştir.

Ayrıca, likopen uygulamasının balıkların büyüme performansını arttırdığı ve sonuç olarak stoklama yoğunluğuna bağlı stresten kaynaklanan olumsuz etkileri inhibe ettiği, büyüme performansını geliőtirdiđi ve et kalitesini yükselttiği belirtilmiştir (Sahin vd., 2014a).

5. SONUÇ

Sonuçta, likopenin balıklarda toksik olmayan bir madde olduğu, herhangi bir yan etkisinin bulunmadığı ve uzun süre kullanılabileceği görölmektedir. Likopen, yan etkisi olmayan, kolayca ve ekonomik bir şekilde elde edilebilen bir madde olarak, pahalı ilaçlar, immunostimulanlar ve antioksidanların yerine kullanılabilir. Ancak, farklı balık türlerinde, çeőtitli yöntemlerle ve değişik parametreler üzerine likopen uygulamasının sonuçları konusunda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Agarwal, A., Shen, H., Agarwal, S., Rao, A., (2001), Lycopene content of tomato products: its stability, bioavailability and in vivo antioxidant properties, *J. Med. Food*, 4 (1), 9-15.
- Agarwal, S., Rao, A.V., (2000), Carotenoids and chronic diseases, *Drug Meta.b Drug Interact*, 17 (1-4), 189-210.
- Ames, B.N., Gold, L.S., Willett, W.C., (1995), The causes and prevention of cancer, *Proc. Natl. Acad Sci USA*, 92, 5258-5265.
- Astrog, P., Gradelet, S., Berges, R., Suschetet, M., (1997), Dietary lycopene decreases initiation of liver preneoplastic foci by diethylnitrosamine in rat, *Nutr. Cancer.*, 29 (1), 60-68.
- Baysal, T., Ersus, S., (1999), Karotenoidler ve İnsan Sağlığı, *Gıda*, 24 (3), 177-185.
- Bohm, F., Tinkler, J.H., Truscott, T.G., 1995. Carotenoids protect against cell membrane damage by nitrogen dioxide radical, *Nat. Med.*, 1, 98-99.
- Bramley, P.M., (2000), Is lycopene beneficial to human health?, *Phytochemistry*, 54 (3), 233-236.
- Clinton, S.K., (1998), Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease, *Nutr. Rev.*, 1, 35-51.
- Cohen, L., (2002), A review of animal model studies of tomato carotenoids, lycopene, and cancer chemoprevention, *Exp. Biol. Med.*, 227, 864-868.
- Deming, D.M., Erdman, J.W., (1999), Mammalian carotenoid absorption and metabolism, *Pure Appl. Chem.*, 71, 2213-2223.
- Dimascio, P., Kaiser, S., Sies, H., (1989), Lycopene as the most effective biological carotenoid singlet oxygen quencher, *Arch. Biochem. Biophys.*, 274, 532-538.
- Duman, S., (2010), Çanakkale (Türkiye) İlinde Toplanan Propolis Örneklerinin Antimikrobiyal Aktiviteleri Üzerine Çalışmalar. Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale, 74 s.
- Ebadi, M., (2002), Pharmacodynamic Basis of Herbal Medicine. School of Medicine and Health Sciences, University of North Dakota, CRC Press, New York, p. 491.
- Gartner, C., Stahl, W., Sies, H., 1997. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes, *Am. J. Clin. Nutr.*, 66, 116-122.
- Hamed, H.S., Osman, A.G.M., (2017), Modulatory effect of lycopene against carbofuran toxicity in African catfish, *Clarias gariepinus*, *Fish Physiology and Biochemistry*, 43, 1721-1731
- Handelman, G.J., (2001), The evolving role of carotenoids in human biochemistry, *Nutrition*, 17(10), 818-822.
- Heber, D., Lu, Q.Y., (2002), Overview of mechanisms of action of lycopene, *Exp. Biol. Med. (Maywood)*, 227(10), 920-923.

- Hopancı Bıçaklı, D., Uslu, R., (2012), Likopen ve kanser, *Türk Onkoloji Dergisi*, 27(2), 93-97
- Hussein, M.M.A., Elsadaawy, H.A., El-Murr, A., Ahmed, M.M., Bedawy, A.M., Tukur, H.A., Swelum, A.A., Saadeldin, I.M., (2019), Endosulfan toxicity in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the use of lycopene as an ameliorative agent, *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 224, 108573.
- Ibrahim, A.T.A., Banaee, M., (2014), Ameliorative Effect of Lycopene and Vitamin E on Some Haematological and Biochemical Parameters of Abstract *Oreochromis Niloticus* Against Diazinon Toxicity, *Advances in Plants & Agriculture Research*, 1 (3), 80-88.
- Jain, C.K., Agarwal, S., Rao, A.V., (1999), The effect of dietary lycopene on bioavailability, tissue distribution, in-vivo antioxidant properties and colonic preneoplasia in rats, *Nutr. Res.*, 19, 1383-1391.
- Khachik, F., Carvallo, L., Bernstein, P.S., Muir, G.J., Zhao, D.Y., Katz, N.B., (2002), Chemistry, distribution and metabolism of tomato carotenoids and their impact on human health, *Exp. Biol. Med.*, 227 (10), 845-851.
- Kopsell, D.A., Kopsell, D.E., (2006), Accumulation and bioavailability of dietary carotenoids in vegetable crops, *Trends Plant. Sci.*, 11, 499-507.
- Krinsky, N.I., Johnson, E.J., (2005), Carotenoid actions and their relation to health and disease, *Mol. Aspects Med.*, 26, 459-516.
- Kristenson, M., Ziedén, B., Kucinskiene, Z., Abaravicius, A., Razinkovienė, L., Elinder, L.S., Bergdahl, B., Elwing, B., Calkauskas, H., Olsson, A.G., (1997), Antioxidant state and mortality from coronary heart disease in Lithuanian and Swedish men: concomitant cross sectional study of men aged 50, *Br. Med. J.*, 314, 629-633.
- Lu, H., Su, H., Liu, Y., Yin, K., Wang, D., Li, B., Wang, Y., Xing, M., (2022), NLRP3 inflammasome is involved in the mechanism of the mitigative effect of lycopene on sulfamethoxazole-induced inflammatory damage in grass carp kidneys, *Fish and Shellfish Immunology*, 123, 348-357.
- Miller, N.J., Sampson, J., Candeias, L.P., Bramley, P.M., Rice-Evans, C.A., (1996), Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls, *FEBS Lett*, 384, 240-246.
- Mişe Yonar, S., (2013), Toxic effects of malathion in carp, *Cyprinus carpio carpio*: Protective role of lycopene, *Ecotox. Environ. Safe.*, 97, 223-229
- Mişe Yonar, S., Sakin, F., (2010), Likopenin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)'nda oksidatif stres ve bazı antioksidan parametreler üzerine etkisinin araştırılması, *e-Journal of New World Sciences Academy*, 5 (3), 241-249.
- Mortensen, A., Skibsted, L.H., Sampson, J., Rice-Evans, C., Everett, S.A., (1997), Comparative mechanisms and rates of free radical scavenging by carotenoid antioxidants, *FEBS Lett*, 4 (18), 91-97.
- Olson, J.A., Krinsky, N.I., (1995), Introduction: the colorful, fascinating world of the

carotenoids: important physiologic modulators, *FASEB J.*, 9, 1547-1550.

- Omoni, A.O., Aluko, R.E., (2005), The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene a review, *Trends Food Sci. Technol.*, 16, 344-350.
- Oshima, S., Ojima, F., Sakamoto, H., Ishiguro, Y., Terao, J., (1996), Supplementation with carotenoids inhibit singlet oxygen mediated oxidation of human plasma low-density lipoprotein, *J. Agric. Food Chem.*, 44, 2306-2309.
- Ötleş, S., Atlı, Y., (1997), Karotenoidlerin İnsan Sağlığı Açısından Önemi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 249-254.
- Parker, R.S., (1996), Absorption, metabolism, and transport of carotenoids, *FASEB J.*, 10, 542-551.
- Rao, A.V., Ray, M.R., Rao, L.G., (2006), Lycopene, *Advances in Food and Nutr. Res.*, 1, 99-164.
- Rao, A.V., Agarwal, S., (1998), Bioavailability and antioxidant properties of lycopene from tomato products. *Nutr. Cancer.*, 31, 199-203.
- Rao, A.V., Agarwal, S., (1999), Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: A review, *Nutr. Res.*, 19(2), 305-323.
- Rao, A.V., Agarwal, S., (2000), Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease, *J. Am. College. Nutr.*, 19(5), 563-569.
- Rao, A.V., Ali, A., (2007), Biologically active phytochemicals in human health, Lycopene, *Int. J. Food Propert.*, 10 (2), 279-288.
- Rao, A.V., Rao, L.G., (2007), Carotenoids and human health, *Pharm. Res.*, 55, 207-216.
- Rao, L.G., Krishnadev, N., Banasikowska, K., Rao, A.V., (2003), Lycopene I. effect on osteoclasts; lycopene inhibits basal and parathyroid hormone (PTH)-stimulated osteoclast formation and mineral resorption mediated by reactive oxygen species (ROS) in rat bone marrow cultures, *J. Med. Food*, 6(2), 69-78.
- Rao, L.G., Krishnadev, N., Liu, L.J.F., Murray, T.M., Rao, A.V., (2001), Lycopene inhibits osteoclastic bone resorption mediated by reactive oxygen species (ROS), *J. Bone Min Res.*, 16 (s1), S, 382.
- Sahin, K., Orhan, C., Yazlak, H., Tuzcu, M., Nurhan, S., (2014b), Lycopene improves activation of antioxidant system and Nrf2/HO-1 pathway of muscle in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with different stocking densities, *Aquaculture*, 430, 133-138.
- Sahin, K., Yazlak, H., Orhan, C., Tuzcu, M., Akdemir, F., Nurhan, S., (2014a), The effect of lycopene on antioxidant status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared under high stocking density, *Aquaculture*, 418-419, 132-138.
- Shi, J., Le Mageur, M., (2000), Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing, *Crit Rev. Food Sci. Nutr.*, 40, 1-42.
- Shi, J., Mazza, G., Maguer, M., (2002), Lycopene from tomatoes. *Functional Foods, Biochem. Proc. Asp.*, 2, 136-152.

- Shixian, Q., Dai, Y., Kakuda, Y., Shi, J., Mittal, G., Yeung, D., Jiang, Y., (2005), Synergistic anti-oxidative effects of lycopene with other bioactive compounds, *Food Rev. Int.*, 21 (3), 295-311.
- Simpson, K.L., (1985), Chemical changes in natural food pigments. In: Chemical changes in food during processing. Richardson, T. and Finley, J.W. (eds), pp. 409-443, New York.
- Stahl, W., Sies, H., 1996. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans?, *Arch. Biochem. Biophys.*, 336, 1-9.
- Tinkler, J.H., Bohm, F., Schalch, W., Truscott, T.G., (1994), Dietary carotenoids protect human cells from damage, *J. Photoch Photobio A*, 26, 283-285.
- Ural, M.Ş., (2013), Chlorpyrifos-induced changes in oxidant/antioxidant status and haematological parameters of *Cyprinus carpio carpio*: Ameliorative effect of lycopene, *Chemosphere*, 90(7), 2059-2064.
- Van Breemen, R.B., Pajkovic, N., (2008), Multitargeted therapy of cancer by lycopene, *Cancer Lett*, 269, 339-351.
- Von Elbe, J.H., Schwartz, S.J., (1996), Colorants. In: Food Chemistry. Fennema, O.R. (ed), pp. 651-765, New York.
- Von Lintig, J., Vogt, K., (2004), Vitamin A formation in animals: molecular identification and functional characterization of carotene cleaving enzymes, *J. Nutr.*, 134, 251-256.
- Wang, Y., Wang, D., Yin, K., Liu, Y., Lu, H., Zhao, H., Xing, M., (2022), Lycopene attenuates oxidative stress, inflammation, and apoptosis by modulating Nrf2/NF-κB balance in sulfamethoxazole-induced neurotoxicity in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*), *Fish and Shellfish Immunology*, 121, 322-331
- Williams, G.M., Williams, C.L., Weisburger, J.H., (1999), Diet and cancer prevention: the fiber first diet, *Toxicol. Sci.*, 52, 72-86.
- Wu, K., Schwartz, S.J., Platz, E.A., Clinton, S.K., Erdman, J.W., Ferruzzi, M.G., (2003), Variations in plasma lycopene and specific isomers over time in a cohort of US men, *J. Nutr.*, 133, 1930-1936.
- Yılmaz, E., (2002), Domates tüketimi, likopen ve sağlığımız, *Gıda*, 2, 66-71.
- Yonar, M.E., (2008), *Yersinia ruckeri* ile enfekte edilen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin tedavisinde propolis kullanılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Elazığ, 201 s.
- Yonar, M.E., (2012), The Effect of lycopene on oxytetracycline-induced oxidative stress and immunosuppression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.), *Fish and Shellfish Immunology*, 32 (6), 994-1001.
- Yonar, M.E., Sakin, F., (2011), Ameliorative Effect of Lycopene on Antioxidant Status in During Pyrethroid Deltamethrin Exposure, *Pestic. Biochem. Phys.*, 99, 226-231.



Bölüm 11

ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILAN YEMLERİN AFLATOKSİN İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ

*Cemal POLAT¹
Korcan DENİZHAN²*

1 Cemal POLAT, Dr. Öğretim Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-7419-2864>

2 Korcan DENİZHAN, <https://orcid.org/0009-0000-3299-9582> Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir (2010). Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Cemal POLAT

GİRİŞ

Ülkemizde su ürünleri üretiminde ilk sıralarda yer alan alabalık yetiştiriciliğinde genel olarak hazır karma yemler kullanılmaktadır. Üretimde istenen sonucun elde edilmesi ve alabalık tüketen insanların daha güvenli gıdalara ulaşması, yemlerde oluşabilecek istenmeyen durumların kontrol edilmesine ve ortadan kaldırılmasına bağlıdır.

Ülkemizde alabalıklar porsiyonluk tabir edilen 3-4 tanesi 1 kg gelen ortalama 250 gr ağırlıkta iken pazarlanmaktadır. Yetiştiricilikte en çok tercih edilen alabalık türü olan Gökkuşluğu alabalıkları bu ağırlığa 10-12 ayda ulaşabilmektedir (Alpbaz, 2005) (Tablo 1).

Tablo 1. Alabalık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yemlerin Genel Sınıflandırılması (Erdem, 2001)

Yem Tipi	Başlatma Yemleri			Büyütme Yemleri			Semirtme (Geliştirme) Yemleri			
	Granüle, Yavru yemi			Pelet, Fingerling yemi			Pelet, Sofralık balık yemi			
Balık Ağırlığı (gr)	<0,5	0,5-2	2-8	8-12	12-18	18-30	30-50	50-100	100-200	200-500
Yem Boyutları	150 mikron- 1mm			1,2mm- 4mm			5mm-12mm			

Tablo 1'de alabalık yetiştiriciliğinde farklı besleme dönemlerinde balıkların canlı ağırlıklarına göre kullanılan yem boyutları belirtilmiştir.

Tüm hayvancılık işletmelerinde olduğu gibi alabalık işletmelerinde de toplam giderlerin %60-75' lik kısmını yem harcamaları oluşturmaktadır. Bu nedenle bir işletmeden istenilen verimin alınabilmesi için beslemede sorun yaratmayan, kaliteli ve hijyenik yemler kullanılmalıdır. Su ürünlerindeki gelişimle birlikte daha kaliteli yem arayışı, karma yem sanayinin teknolojik ve üretim miktarı bakımından gelişimini getirmiştir. Karma yem sanayisindeki gelişimin sonucu olarak ham maddelerin fabrikaya girişinden, paketleme aşamasına kadar olan süreçte kalite kontrolün yapılması zorunluluk halini almış; başta besin madde içeriği olmak üzere tüm olumlu ve olumsuz özelliklerin belirlenmesi gerekliliğini oluşturmuştur (Kop ve Hoşsu, 2000).

Yemlerde hayvan ve insan sağlığı açısından sorun oluşturan ağır metaller ve bazı mantar türlerinin oluşturduğu küfleri önleme çalışmaları önem kazanmıştır. Yapılan tahminlere göre, dünya genelinde üretilen besin ve diğer

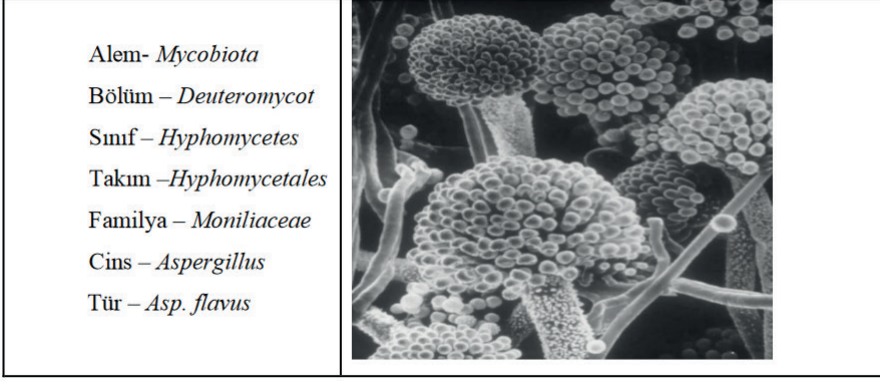
tarım ürünlerinin %5-10'u küfler tarafından insan ve hayvanların tüketemeyecekleri düzeyde bozulmaya uğratılmaktadır. Yem ve yem ham maddelerini küflerden uzak tutmak neredeyse olanaksızdır.

Hızla gelişip çoğalabilen zararlı küfler, insan ve hayvanlarda doğrudan veya metabolitleri aracılığıyla sağaltımı zor sorunlara neden olan canlılardır (Topal, 1993). Son yıllarda bir mikotoksin çeşidi olan aflatoksinle kontamine olmuş yemlerin özellikle alabalık yetiştiriciliğinde çeşitli sorunlara yol açtığı, çok düşük düzeyde (ppb = µg/kg) olsa bile aflatoksin içeren yemlerle beslenen balıklarda iştahsızlığa, hastalıklara hatta ölüme bile neden olduğu saptanmıştır. Balık üretim tesislerinde uygun koşullarda (nem, sıcaklık, vb.) depolanmayan yemlerde bir süre sonra küf oluşumu başlayacaktır. Bu yemlerin uzun süre alımı sonucunda balıklarda hastalık semptomları ile birlikte aflatoksikozise, balık verimliliğinin düşmesine ve toplu ölümlere yol açabilir. Bütün bu nedenlerle, gıda ve yemlerde aflatoksin oluşumunun önlenmesi büyük önem taşımaktadır (Şahin ve Korukluoğlu, 2000).

Mikotoksinler

Funguslar, genellikle üstün antibiyotik kaynakları olarak tanınmakta insan ve hayvanlarda toksik etki gösteren metabolitleri ürettikleri daha az bilinmektedir. Antibiyotikler gibi fungusların ikincil metabolizmaları sonucu sentezlenen toksik maddelere genel olarak “mikotoksin” denilmektedir. Mikotoksinler, esas olarak protein yapısında ve antijen özellikte olan bakteriyel toksinlerin aksine, çok çeşitli kimyasal yapı ve biyolojik aktiviteye sahip maddelerdir (Özkaya ve Temiz, 2003).

Küflerin, hemen her yerde bulunabilmeleri ve birçok gıda ve yem maddesinde gelişerek toksinlerini oluşturabilmeleri nedeniyle mikotoksinler çok önemli doğal toksinler olarak kabul edilmektedir. Üzerinde en çok çalışılmış mikotoksin grubu olan aflatoksinler 1960 yılında keşfedilmiş ve 1962 yılında da güçlü bir “hepatotoksik” ve “hepatokarsinojen” etkisi olduğu anlaşılmıştır. Aflatoksinler, *Aspergillus flavus*'un bazı suşları, *Aspergillus parasiticus*'un ise hemen hemen bütün suşları tarafından üretilmektedir. Ancak; 1987 yılında *A.flavus*'a fenotipik olarak benzeyen *Aspergillus nomius* ve son olarak da *Aspergillus pseudotamarii* olarak isimlendirilen bir türünde aflatoksin ürettikleri belirlenmiştir (Özkaya ve Temiz, 2003) (Şekil 1).



Şekil 1. *Aspergillus flavus*'un Sınıflandırılması ve Görüntüsü (Anonymous, 2007)

Mikotoksin Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Mikotoksin oluşumunu etkileyen birçok faktör bulunmakla beraber bunların başında çevresel faktörler gelir. Tarım ürününün veya gıdanın çeşidi, kimyasal kompozisyonu, ürünün yetiştirildiği klima zonu, ürünün olgunluk durumu, hasat, uygulanan işlemler, depolama, bulaşan küflerin spektrumuna etki eden diğer faktörlerdir. Kontamine küfler mikotoksin üreticisi olsalar bile toksinin sentezlenmesine; ürünün nem içeriği, sıcaklık, işleme ve depolamada havanın bağıl nemin etken olduğu bilinmektedir (Tunail, 2000).

Aflatoksin oluşumunun önlenmesinde öncelikle hammaddenin tarlada gelişimi, hasatı, depolanması, nakliyesi, ham maddelerin işlenmesi ve ürün elde edilmesi aşamalarındaki küf kontaminasyonunun engellenmesi veya en aza indirilmesi önem taşımaktadır (Özkaya ve Temiz, 2003).

Bağıl Nemin ve Su Aktivitesinin (aw) Etkisi

Fungusların gıda maddeleri üzerinde gelişebilmeleri ve toksin oluşturmaları atmosferin bağıl nem oranı arttıkça kolaylaşır. Bağıl nem arttıkça gıda ve yem üzerindeki su buhar basıncı da artar, buna bağlı olarak gıdanın aw değeri yükselir. Optimum gelişmeleri için minimum aw: 0,97 – 0,99 değerlerini talep etmelerine karşın minimum aw: 0,80 – 0,85 değerlerinde de rahatlıkla çimlenebilir ve gelişebilirler (Tunail 2000). Küfler genellikle ortamın relatif rutubetinin %50–60, gıdalardaki rutubet oranının da %9 ve üzeri olması halinde kolayca gelişerek mikotoksin sentezleyebilirler. *Aspergillus* soyuna bağlı küf türleri genellikle %18–30 oranında rutubet içeren yemlerde kolayca gelişip çoğalabilmektedir (Barnett ve Hunter, 1998; Le Bars ve Le Bars, 1998).

Sıcaklığın Etkisi

Funguslar, genellikle geniş sıcaklık aralığında gelişirler. Aflatoksin üre-

ten küfler minimum 6-8 °C' lerde, maksimum 50-60 °C' lerde üreyebildikleri halde toksin oluşumu için minimum 10-13 °C ve maksimum 42 °C sıcaklık isterler. Maksimum toksin konsantrasyonuna 25-30 °C' de ulaşılır. Penicillium ve Fusarium' ların düşük sıcaklıklarda (<5 °C) gelişebilmelerine karşılık *Aspergillus* türleri bu sıcaklıklarda üreyemez ve toksin oluşturamaz (Tunail, 2000).

pH'nın Etkisi

Fungusların gelişebilmek için daha fazla asit ortamları tercih ettikleri, bununla beraber pH 1,5 – 8,5 arasında gelişebildikleri de bilinmektedir. Aflatoksin üreticileri pH 2,5 – 6,0 arasında toksin oluştururlar. *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus parasiticus* 33 °C ve 0,99 aw değeri ile 5 pH değerine sahip ortamda maksimum gelişme gösterirler (Jay 1992).

Işık, Oksijen ve Karbondioksit'in Etkisi

Laboratuvarlarda *Aspergillus flavus*' un besiyeri üzerinde gelişmesi ve toksin oluşturması üzerine ışığın etkisinin araştırıldığı denemelerde, aflatoksinin karanlıkta daha fazla sentezlendiği bulunmuştur. Küfler, gelişebilmele-ri ve mikotoksin sentezleyebilmeleri için bol miktarda O₂'e ihtiyaç duyarlar. Ortamdaki serbest O₂'i azaltarak, yani ortamdaki CO₂ seviyesini artırarak küflerin gelişmeleri ve buna bağlı olarak da mikotoksin sentezlemeleri engellenebilir. Ortamdaki CO₂ yoğunluğu %20'nin üzerine çıktığı durumlarda küflerin üremesi engellenmektedir (Tunail 2000).

Yem Maddelerinin Yapısı ve Bileşiminin Etkisi

Küflerin gelişmesi yem maddelerinde bulunan moleküllerin yoğunluğuna, organik karbonlara ve diğer enerji kaynaklarına bağlıdır. Glikoz ve diğer düşük moleküllü maddeler olan monosakkaritleri, suda çözünebilen organik maddeleri kısa süre içerisinde tüketirler. Küfler gelişebilmek için ayrıca K, Ca, Fe, Mg, P, Zn vb. elementlere de ihtiyaç duyarlar. Azot kaynağı olarak da pepton, polipeptit ve aminoasit gibi organik maddelerden yararlanırlar (Barnett ve Hunter 1998).

Özellikle karbonhidrat ve yağ bakımından zengin tarım ürünleri küflerin üremesi ve aflatoksin sentezlemeleri için uygun ortam oluştururlar (Pittet 1998).

Balık yemleri aflatoksinlerin gelişmesi için oldukça uygun bir ortamdır. İşletmede kullanılacak olan yemin depolama koşulları, kullanılma süresi de hastalıklar açısından önemli bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü yemlerde ve yem ham maddelerinde olan ransidite ve oksidasyonlar sonucu mantarlaşıma başlar. Belirli sıcaklık ve nemlilik koşullarında mantarlar mikotoksin üretirler. Böyle hammaddeler karmaya sokulur veya yemler balığa verilirse, çeşitli sağlık sorunları ortaya çıkmaktadır (Kop ve Korkut 2002).

Aspergillus soyuna bağlı küfler, spesifik depo küfleri olup, özellikle mısır, pamuk tohumu, ayçiçeği, soya fasulyesi unu, arpa, buğday ve yer fıstığı gibi yağlı tohumlarda sıklıkla küflenme sorunlarına neden olurlar (Pittet 1998).

Aflatoksinlerin Özellikleri

Aflatoksin, filamentli funguslardan Aspergillus cinsine ait üç tür ve iki alt tür tarafından oluşturulur. Aflatoksinler; Aflatoksin B1, B2, G1, G2, M1 ve M2 olmak üzere başlıca altı ana birleşikten oluşurlar. Aflatoksinler, ultraviole ışık altında gösterdikleri floresan özelliğe göre ikiye ayrılır. Mavi floresan verenler Aflatoksin B1 ve B2, yeşil floresans verenler ise Aflatoksin G1 ve G2 olarak isimlendirilir. Aflatoksin M1 ve M2 aflatoksinin süt ile atılan türevleri olup bu nedenle adlandırmada “Milk toksin” anlamına gelen “M” harfi kullanılmıştır (Pittet 1998).

Aflatoksinler kimyasal olarak bifuran halkası ve lakton bağı içeren kumarin türevleridir. Aflatoksinler, metanol, kloroform ile asetonda erirken su ve petrol eterde erimezler. Sodyum hipoklorit, amonyak ve potasyum permanganat gibi kuvvetli alkali ve oksitleyici maddeler ile süratle parçalanırlar ve ışıktan da etkilenirler. Aflatoksinler, ısıtmaya son derece dayanıklı olup tamamen parçalanmaları için 300 °C ’nin üzerinde sıcaklığa gerek vardır (Tunail 2000).

Aflatoksinlerin Canlılara Etkileri

Mikotoksinler içinde yüksek organizmalara en etkili olanlar; aflatoksinler, Fusarium türlerinin oluşturduğu trikotesenler, fumonisinler ve okratoksin A’ dır. Aflatoksinler yüksek dozlarda akut, sub-letal dozlarda ise kronik toksisite göstermektedirler. Vücuda alınan aflatoksinin (özelikle Aflatoksin B1) neden olduğu akut, subakut ve kronik olarak seyreden mikotoksikosis, aflatoksikosis denir. Düşük dozda sürekli alımları, birçok hayvan denemesinde karsinojen etki ile sonuçlanmıştır. Aflatoksinler içerisinde en yüksek toksisiteyi Aflatoksin B1 göstermektedir. Tarımsal ürünlerde, gıdalarda ve yemlerde en sıklıkla görülen aflatoksinlerin toksisite sıralaması; Aflatoksin B1>M1=G1>B2>G2>M2 şeklindedir. Aflatoksinlerden hayvanların birçoğu etkilenmektedir, ancak duyarlılık türden türe değişmektedir ve aynı türün genç olanları yaşlı olanlardan daha duyarlıdır. Ayrıca toksik etki, tüketilme miktarı ve sıklığına, hayvanın cinsine, yaşına, cinsiyetine, sağlık durumuna ve beslenmesine bağlı olarak değişmektedir (Özkaya ve Temiz 2003).

Düşük proteinli gıdalarla beslenenlerde, yüksek proteinli gıdalarla beslenenlere oranla daha fazla karaciğer hasarı görüldüğü, ayrıca diyetteki Vitamin - A eksikliğinde de ratlarda aflatoksinin karaciğer kanseri oluşturma riskinin arttığı bildirilmiştir (Hamilton 1982). At, sığır, domuz, koyun, keçi, köpek, maymun, rat, fare, hindi, tavuk, ördek, hindi yavrusu, sülün palazı ve bildircin gibi hayvanlar aflatoksinle duyarlıdırlar. İçlerinde en duyarlı hayvan

ördek yavruları olduğundan aflatoksin ve türevlerinin toksisitelerinin belirlenmesinde genellikle bu hayvanlardan yararlanır (Tunail 2000).

Hayvanların çoğunda gözlenen akut aflatoksikozisin klinik bulguları; iştah azalması, ağırlık kaybı, nörolojik anormallikler, mukoz membranlarda sarılık, kasılma ve sonunda ölümdür. Karaciğerde rengin açılması veya tamamen renksizleşme ve yağ birikimi belirgin olarak görülür. Vücut boşluklarında sıvı birikimi ile böbrek ve bağırsaklarda kanama da meydana gelebilmektedir (Bullerman, 1979).

Balıklar, aflatoksin zehirlenmelerine karşı yüksek derecede duyarlı türler arasındadır. "80 ppb" ve üzerinde aflatoksin içeren yemlerle beslenen alabalıklarda 3-10 gün içinde toksik etki ve ölüm kaydedilmiştir. Aflatoksin zehirlenmeleri karaciğerde büyük tümörler oluşturmakta özellikle gökkuşağı alabalıklarında ölümlere neden olmaktadır (Korkut, Hoşsu, ve Gültepe 2002).

Aflatoksin – Alabalıklar İlişkisi Üzerine Önceki Çalışmalar

Balıklar üzerinde aflatoksinlerin etkisini araştırılması çalışmaları, 1960 yılında gökkuşağı alabalığında görülen karaciğer kanseri vakaları ile başlamıştır. 1960 yılında birçok ülkede gökkuşağı alabalığı üretim tesislerinde görülen karaciğer kanseri vakalarından sonra olası bir etmen olarak pamuk tohumu küspesi düşünülmüştür. Başlangıçta pamuk tohumu küspesinin rasyondan ayrılması ile kanser oluşumunun azaldığı gözlenmiştir (Kaymak, 2000).

Daha sonra, Sinhuber vd. (1968)' e göre tarafından yürütülen araştırmalarda pamuk tohumu küspesinin İngiltere' de hindilerde büyük çapta ölümlere yol açan yemler içinde bulunduğu belirlenmiş ve balıklardaki karaciğer kanserinin pamuk tohumu küspesinden değil, pamuk tohumu küspesi içinde bulunan *Aspergillus flavus* tarafından üretilen aflatoksin B1 olarak adlandırılan bir floresans maddeden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Sinhuber vd. (1968a) ifade ettiği üzere gökkuşağı alabalığının mikotoksinlere, özellikle aflatoksin B1' in hepatokarsinojenik etkisine duyarlılığını tespit etmek amacıyla yaptıkları çalışmada; gökkuşağı alabalığının aflatoksinlere çok duyarlı olduklarını, rasyonlarındaki 1 ppb'den düşük düzeydeki aflatoksin B1'in bile büyümede yavaşlamaya, yem alımlarında azalmaya neden olduğunu, rasyonda 8-20 ppb düzeyinde aflatoksin B1 bulunduğu ise 4-6 ay içinde büyümenin yavaşladığını, ölüm oranlarında artış gözlendiğini ve gözle görülebilir düzeyde hepatoma meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Halver (1968) yapmış olduğu çalışmada aflatoksin B1'in gökkuşağı alabalığında karaciğer kanseri oluşturan bir etkiye sahip olduğunu saptamıştır.

Bailey vd. (1988)' e göre gökkuşağı alabalığının, aflatoksinlerin DNA'ya bağlanma durumunu inceleyerek, aflatoksin ve aflatoksikolün farklılığını be-

lirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla, iki farklı yol izlenmiş, birincisinde aflatoksinler embriyoya direkt enjekte edilmiş, ikincisinde balıklara yemler ile verilmiştir. Sonuç olarak değişik uygulama yollarının, iki aflatoksinin karsinogen oranlarını da değiştirdiğini, buna karşın her iki aflatoksinin tümör başlatmada eşit ölçüde etkili olduğunu, her ikisinin de kuvvetli bir şekilde karaciğer ve kolon kanserini gösteren fenotipik değişikliklere ve tümöre yol açtığını belirlemiştir.

Hendricks ve Barley (1989) yaptıkları çalışmada, gökkuşuğu alabalığının bir yıl boyunca rasyonlarda aflatoksin B1 bulunan yemlerle beslendiklerinde hepatik tümörlerin oluştuğunu, karaciğerin zarar gördüğünü, solungaçların solgun bir renk aldığını ve kandaki kırmızı kan hücrelerinin oranlarının azaldığını belirlemişler ve çalışmalarının devamında aflatoksin zehirlenmelerine gökkuşuğu alabalıklarının daha duyarlı olduklarını gözlemlemişlerdir.

Arana ve ark. (2002) yaptıkları çalışmada triploid alabalıkların birçok hastalığa ve bazı ters su kültürü şartlarına karşı diploid alabalıklardan daha dayanıklı olduklarını; yemlerinde aflatoksin olmayan diploid ve triploid alabalıkların oluşturduğu kontrol grubu ile yemlerinde 80 ppb aflatoksin/kg olan diploid ve triploid alabalıkların oluşturduğu deney gruplarında deneme yaparak büyüme performansı ile ilgili karşılaştırma Aflatoksin B1'in diploid alabalıklarda büyümeyi etkilediğini saptamışlardır, Triploid alabalıkların ise etkilemediğini belirlemiştir.

Aflatoksinlerin gıdalarda ve hayvan yemlerinde bulunma düzeyleri, gerek halk sağlığı gerekse oluşturdukları olumsuz durumların ekonomik kayıplara neden olması; çeşitli ülkelerin sorumlu resmi kurumları tarafından dikkatle ele alınmakta ve aflatoksinlerin en az hasarı vermesi amacıyla sınır değerleri getirilmiştir. Günümüzde birçok ülkede aflatoksinler için tolerans düzeyleri gıda maddelerinde 5-25 µg/kg (ppb) sınırlarında olup yemlerde genellikle daha yüksek tolerans düzeyleri bulunmaktadır (FAO, 1990).

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Alabalık üretim çiftliklerinden örneklenen ticari yemler ülkemizdeki diğer alabalık çiftliklerinde de en fazla kullanılan karma yemleri oluştururlar. Yemlerde istenilen analizlerin yapılabilmesi amacıyla yem örneklerinin tümü yemlerde örnek alma kurallarına uygun olarak 500'gr paketler şeklinde alınmıştır.

Analiz Yöntemleri ve Yeri

Çalışmada kullanılan yem örneklerinde aflatoksin ölçümleri IAC-HPLC-FD (İmmunoaffinity Kolon-Yüksek Basınçlı Sıvı Kromatografi-Florasan Dedektör) sistemi, ağır metal içeriklerinin belirlenmesinde ICP – OES (İndüktif

Kuplajlı Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) yöntemi kullanılmıştır. Yem örneklerinin analizleri 2009 yılı Ağustos ayında son örneğin alınması ile başlatılmıştır. Yem örneklerinde aflatoksin ve ağır metal analizleri T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma Kontrol Genel Müdürlüğü İzmir İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü'nde yürütülmüştür. Yem örneklerinin kuru madde ve nem analizleri Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Yemler ve Hayvan Besleme Ana Bilim Dalı laboratuvarında yapılmıştır.

Kuru Madde Analizleri

Yaş veya havada kuru yem örneklerinin ağırlığı belli bir miktarının, belirli bir sıcaklık derecesinde ısıtılarak suyu uçurulmasından sonraki ağırlığının alınması ile ilk ağırlık ile son ağırlık arasındaki farkın bulunup, yüzde olarak hesaplanması temeline dayanır (Karabulut ve Canbolat 2005).

Kullanılan Araç- Gereçler:

Yem öğütücü, hassas laboratuvar terazisi, kuru madde kapları, elektrikli otomatik kurutma dolabı ve desikatör. Yemler öğütme işleminden sonra elde edilen daha önceden kurutulmuş ve kapağı ile birlikte 0,0001 gr yaklaşımla tartılarak darası alınmış kurutma kabına yaklaşık 5 gr Örnek hızlı bir şekilde tartıldı. Örnekler kapağı açık olacak şekilde kurutma dolabına yerleştirildi. Kurutma dolabının sıcaklığı 130 °C ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) ye ulaşıktan sonra 2 saat kurutmaya bırakıldı; 2 saatin sonunda kurutma kapları hızla desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelinceye kadar desikatörde bekletilerek tartım yapılmıştır (Karabulut ve Canbolat, 2005).

Aflatoksin Analizleri

Hayvan yemlerinde aflatoksin miktarlarının belirlenmesinde IAC-HP-LC-FD (İmmunoaffinity Kolon-Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografi-Florasana Dedektör) sistemi kullanılmıştır (Vicam, 1999). Bu yöntemle göre aflatoksinler için yapılan analizlerde teşhis limitleri $\mu\text{g}/\text{kg}$ bazında tablo 2'de belirtilmiştir.

Aflatoksin Türü	Teşhis Limiti
Aflatoksin B ₁	1,00 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Aflatoksin B ₂	0,40 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Aflatoksin G ₁	1,00 $\mu\text{g}/\text{kg}$
Aflatoksin G ₂	0,60 $\mu\text{g}/\text{kg}$

Tablo 2. Analiz Yöntemine Göre Aflatoksinlerin Teşhis Limitleri

Aflatoksin Analizlerinde Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

Araştırmada genel laboratuvar alet ve malzemeleri kullanılmıştır. Bunların yanı sıra; blender (alınan yem örneklerinin öğütülmesi ve kullanılan kimyasallarla homojen hale getirilmesi için), kaba terazi, analitik terazi, otomatik pipet, süzme amacıyla filtre kağıdı (24 cm), mikrofiber filtre kağıdı (11 cm), enjektör 50 (ml), vakum manifoldu ve pompası, HPLC (numune ekstraktının enjeksiyonu yapılarak miktar tayininin elde edilmesinde), immunoaffinity kolon (antijen ve antikör reaksiyonları teknolojisine göre aflatoksinler için özel antikörlerle üretilmiş hazır kolonlar olup, ekstraksiyon işlemine kullanılır) cihazları kullanılmıştır.

Kullanılan Kimyasallar: NaCl, KBr, Acetonitrile (CH_3CN), Methanol (CH_3OH), Aseton (CH_3COCH_3), PBS, %65 HNO_3 , Toluene dir.

Analiz Örneklerinin Hazırlanması ve Aflatoksinlerin Belirlenmesi

Aflatoksin analizlerinde temel kural analiz numunesinin tane iriliğinin yeterince küçük olması ve numunenin yeterince homojen hale getirilmesidir. Bu nedenle analiz için alınan örnek yemler laboratuara getirilen yem örnekleri analiz edilmeden önce toz haline gelinceye kadar öğütüp, paçal usulü bölünerek homojen edilerek ekstraksiyon işlemine hazır hale getirilmiştir.

Aflatoksin tayini:

Örnek (50 gr alınır)

↓

Ekstraksiyon, 250 ml Aseton + Su (85 + 15) çözeltisi ile 3 dk. Blenderla karıştırılır.

↓

Filtrasyon, 1 gr. Örneği temsil edecek miktarı alınır.

↓

PBS Solüsyonu (Phosphate buffered saline) ile 100 ml. ye tamamlanır

↓

İmmunoaffinity Kolon'dan geçirilir.

(kolondan damlalar 1-2 damla/saniye hızında olmalıdır)

↓

Yıkama Dilüe edilmiş numune süzildükten sonra kolondan 15 ml su geçirilerek kolon iyice yıkanır.

↓

Elüsyon (Eluat) Kolonda tutunmuş olan toksinler 1 ml metanol ve ardından 1 ml. Su ile elue

edilir



Analiz



HPLC cihazında okuma yapılır.

Mobil faz = Su : Metanol : Asetonitril (60 : 30 : 20), mobil faz türevlendirmesi için mobil fazın 1 lt'sine 120 mg KBr ve 350µl (% 65'lik) HNO₃ ilave edilmiştir. HPLC kolonu = C18, Akış hızı = 1 ml / dakika, sıcaklık 25 °C, basınç= <300 bar, Dedektör = Floresans (Ex : 360, Em :440) Çarpım faktörü (multiplier) = 2 değerleri uygulanmıştır. Cihaza seyreltme faktörü yazılır ve çıkan pikin integrasyonu alınarak sonuç ppb olarak bulunur.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Yemlerde yapılan kuru madde ve nem analizleri sonucunda tüm örneklerin %90-94 arasında kuru madde içeriği, bununla beraber nem içeriklerinin %6-10 arasında olduğu tespit edilmiştir.

Su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerde genel olarak kullanılan karma yemler granül, pelet ve ekstruder özellikli yemler olup, temel olarak kuru ve yaş karma yemler olarak iki sınıfa ayrılır. Karma yemler içindeki kuru yemler en fazla %12 nem içeriği bulundurulur. Yemler içerisindeki kuru madde, suyun haricinde kalan ve beslenen canlının gerçekten yararlandığı kısım olarak tanımlanmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinin daha ekonomik olabilmesi ve yemlerin %40 gibi yüksek protein içeriklerinin korunması için balık yemlerinde %90 kuru madde ve %10 nem içermesi arzu edilmektedir (Anonymous, 2006).

Aflatoksin Analizleri Bulguları

Gıda ve yemlerde önemli sağlık sorunu oluşturan küflenme olgusu ve buna bağlı aflatoksin kontaminasyonu, hayvan beslemede yemlerin besin madde kalitesini düşürmelerinin yanı sıra hayvanlarda verim kaybı ve ölümlere neden olabilecek zehirlenmelere yol açabilmektedir. Alabalık yem örneklerinde yapılan aflatoksin analiz sonuçları aşağıda belirtilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Yem Örneklerinin Aflatoksin B1,B2,G1,G2 ve Toplam Aflatoksin İçeriği (ppb)

Numune No	Aflatoksin B1	Aflatoksin B2	Aflatoksin G1	Aflatoksin G2	Toplam Aflatoksin
1.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
2.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
3.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
4.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
5.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
6.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
7.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
8.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
9.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
10.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
11.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
12.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
13.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
14.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
15.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
16.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
17.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
18.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
19.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
20.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
21.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
22.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
23.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
24.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
25.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
26.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB
27.	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB	TEDB

TEDB: Tespit Edilebilir Düzeyde Bulunamamıştır.

Yem örneklerinin tamamında yapılan aflatoksin analizleri sonuçları verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre yem örneklerinin %100'ünde tespit edilebilir düzeylerde aflatoksin (B1,B2,G1,G2 ve Toplam Aflatoksin) varlığına rastlanılmamıştır.

Kaymak (2000) yapmış olduğu çalışmasında alabalık yeminin aflatoksinleri oluşturan *Aspergillus flavus* için uygun bir ortam olup olmadığını tespit etmek amacıyla bir deneme gerçekleştirmiş. Alabalık yemi örneğini yeterli ölçüde nemlendirdikten sonra *Aspergillus parasiticus* NRRL 2999 suş'u ile aşılamış ve 28°C'de 20 gün inkübasyondan sonra aflatoksin yönünden analiz etmiştir. Bu denemenin sonucunda, alabalık yemlerinde *Aspergillus parasiticus*'un gelişebildiğini ve toksin oluşturabildiğini bildirmiştir. Bu açıdan balık yemlerinde en fazla zarar veren toksin grubu olarak aflatoksinleri gösterebiliriz. Yemde 1µg/kg'dan daha az miktarda aflatoksin bulunması bile

alabalıklarda uzun süreli beslenmede karaciğerde tümörlerin oluşumuna neden olmaktadır. Aflatoksin daha çok ham maddelerin yanlış işlenmesi, nemli ortamda muhafaza edilmesiyle oluşur (Hunt, Özkan ve Altun, 2008).

Trakya yöresindeki alabalık üretim çiftliklerinin kullandığı alabalık karma yemlerinden yaz dönemi içerisinde alınan 27 farklı örnek üzerinde yapılan aflatoksin (B1,B2,G1,G2 ve Total Aflatoksin) analizleri sonuçlarına göre örneklerin %100'ünde aflatoksin varlığı tespit edilebilir düzeyde değildir (Tablo 4).

Tablo 4. Alabalık Yem Örneklerinin Firmalara Göre Aflatoksin Düzeylerinin İstatistikî Değerlendirilmesi

	A	B	C	p
Nem	7,694 ± 0,325	8,257±0,384	7,408 ± 0,280	0,207
Aflatoksin B₁	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-
Aflatoksin B₂	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-
Aflatoksin G₁	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-
Aflatoksin G₂	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-
TotalAflatoksin	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	-

Aflatoksin içerikleri tespit edilemediğinden p değeri hesaplaması gerçekleştirilememiştir.

Çalışmanın materyali olan yem örneklerindeki aflatoksin içeriklerinin, Ülkemizde belirlenen yemlerde bulunabilecek aflatoksin limitleri ile karşılaştırıldığında; incelenen örneklerin tamamında aflatoksin tespit edilebilir düzeylerde olamayıp limitleri aşmadığı görülmektedir. Alabalık yemlerinin çoğunda aflatoksin değerinin tespit edilebilir limitin altında olması, yem hijyen ve kalitesi, alabalıkların sağlığı, üretimi yapanlar ve tüketiciler açısından da olumlu bir bulgudur.

Ülkemizde daha önce yapılmış çalışmalar ve yapmış olduğumuz çalışmada analiz edilen alabalık yemlerinin aflatoksin düzeyleri hiçbirinin ülkemizde kabul edilen aflatoksin limitlerini aşmadığını göstermektedir. Aktüre'nin (2004) çalışmasında yaz aylarındaki aflatoksin düzeylerine bakılacak olursa Temmuz ayı örneklerinde tespit edilebilir aflatoksin değeri yoktur. Ağustos ayında örneklenen yemlerde ise yalnızca bir adet tespit edilebilir aflatoksin olduğu vurgulanmıştır. Yaroğlu (2007) çalışmasında ise Ağustos ayı örneklerinde 3 tanesinde aflatoksin B1 varlığına rastlamıştır. Aktüre ve Yaroğlu'nun açıklamalarında Ekim - Aralık dönemindeki yemlerin aflatoksin içeriklerinin yükseldiği vurgulanmaktadır. Trakya yöresinden elde edilen alabalık yemleri için yapmış olduğumuz çalışmada da yaz aylarında Haziran, Temmuz, Ağustos dahil örneklenen yemlerde diğer çalışmalara benzer sonuçlar olduğu görülmektedir. Örneklenen yemlerin tamamında aflatoksin içerikleri tespit edilebilir düzeyde değildir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada örneklenen alabalık ticari yemleri aynı zamanda ülke genelindeki diğer alabalık üretim çiftliklerinde de en çok tercih edilen hazır formüle edilmiş alabalık yemleridir. Bu açıdan bakıldığında yaz dönemi içerisinde hazır ticari yemlerde aflatoksin içerikleri yönünden alabalık yemlerinde büyük sorunların olmadığı düşüncesi geliştirilebilir.

Aflatoksin ve ağır metaller balık çiftliklerinde balık ölümlerine ve ekonomik kayıplara yol açabildiği gibi insan sağlığına da olumsuz etkileri bulunduğundan balık yemlerinin üretim aşamasından itibaren tüketime kadar geçen sürelerde mutlaka gerekli kontrollerinin yapılması yararlı olacaktır. Unutulmamalıdır ki sağlıklı bir beslenme için gıda güvenliğini yem güvenliğinden ayırmak mümkün değildir. İnsan tüketimine sunulan hayvansal gıdaların sağlıklı olması hayvanların yedikleri yemlerle yakından ilgilidir. Bu amaçla; modern üretim teknikleri uygulanmalı, yem maddeleri uygun biçimde depolanmalı ve yem satış noktalarında uzun süre bekletilmemeli, olası kontaminasyonlara yönelik olarak sürekli kontrol edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Alpbaz, A. (2005). Alabalık Yetiştiriciliği. Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Alp Yayınları, 548s, İzmir
- Anonymous. (2006). Karma Yem Teknolojisi. [http:// www.ziraatforum.com/index.php?option=com_fireboard&Itemid=27&func=view&catid=70&id=5606](http://www.ziraatforum.com/index.php?option=com_fireboard&Itemid=27&func=view&catid=70&id=5606) (erişim tarihi, 02.12.2009).
- Anonymous. (2007). Aspergillus flavus (Credit: Image courtesy of CABI) <http://www.sciencedaily.com/releases/2009/10/070628081623.html> (erişim tarihi, 15.10.2009).
- Arana, S., Tabata, Y. A., Sabino, M., Rigolino, G. M., ve Hernandezblazquez, F. J. (2002). Differential Effect of Chronic Aflatoxin B1 İntoxication On The Growth Performance And Incidence of Hepatic Lesions in Triploid And Diploid Rainbow Trout (Oncorhynchus Mykiss). Arch Med Vet, Vol: 34
- Bailey, G. S., Williams, D. E., Wilcox, J. S., Loveland, P. M., Coulombe, R. A., ve Hendricks, J. D. (1988). Aflatoxin B1 Carcinogenesis and It's Relation to DNA Adduct Formation and Adduct Persistence İn Sensitive and Resistant Salmonid. FishNov, 11: 1919-1926.
- Barnett, H. L., ve Hunter, B.B. (1998). Factors Affecting Growth and Sporulation of Imperfect Fungi Physiolog. The American Phytopathological Society 98:1-5
- Bullerman, L. B. (1979). Significance of Mycotoxins to Food Safety and Human Heal. Journalof Food Protection, 1: 65-86.
- Erdem, M. (2001). Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Ders Notları. T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi, 85, Sinop.
- FAO (1990). Prevention of Mycotoxins. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Nutrition Paper, Rome, 10.
- Halver. J. E. (1968). Aflatoxicosis and Trout Hepatoma. In Aflatoxin, Sciencificbackground, Control and Implications. F.A. Goldblat, Ed Academic pres, 69:1249-1278.
- Hamilton, P. B. (1982). Mycotoxins and Farm Animals. Rev. Med. Vet, 82:17-40.
- Hendricks, B. (1989). Aquaculture Fish Diseases Shrimppwhite Spot Disease Solutions. <http://www.ublcorp.com/aqua.html> (erişim tarihi, 15.10.2009).
- Hunt, A. O., Özkan, F., ve Altun, T. (2008). Balık Yemlerinde Beslemeyi Sınırlandırıcı Maddeler ve Etkileri. Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, www.akuademi.net/USG/USG2007/Y/y01.pdf (erişim tarihi, 21.12.2009).
- Jay, J. M. (1992). Other Proved and Suspected Foodborne Agents: Mycotoxins. Modern Food Microbiology 4th edition, pub by Van Nostrand Reinhold, New York, 641-651

- Karabulut, A., ve Canbolat, Ö. (2005). Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri. U.Ü. Ziraat Fak. Zootečni Böl. Uludağ Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü,520, Bursa.
- Kaymak, T. (2000). Türkiye'de Üretilen Alabalık Yemlerindeki Aflatoksin Düzeylerinin Tespiti. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Kop, A. F. ve Korkut, Y. A. (2002). Balık Yemlerinde Kalite Kontrol. E. Ü. Ürünleri Dergisi, 19: 271-276.
- Kop, A., ve Hoşsu, B. (2000). Balık Yemlerinde Kalite Kontrol. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, İzmir
- Korkut, Y. A., Hoşsu, B., ve Gültepe, N. (2002). Balıklarda Beslenmeye Bağlı Hastalıklar. E. Ü. Su Ürünleri Dergisi, 19: 555-564
- Le Bars, J., ve Le Bars, P. (1998). Strategy for Safe use of Fungi and Fungal Derivates in Food Processing. Rev Med Vet, 98: 493-500.
- Özkaya, Ş., ve Temiz, A. (2003). Aflatoksinler: kimyasal yapıları, toksisiteleri ve Detoksifikasyonları. Orlab On-line Mikrobiyoloji Dergisi, 1: 1-21
- Pittet, A. (1998). Natural Occurrence of Mycotoxins in Foods and Feeds an Updated Review. Rev. Med. Vet. 98: 479-492
- Sinhuber, R. O., Wales, J. H., Ayers, J. L., Engebrecht, R. H., ve Amend, D. L. (1968). Dietary Factors and Hepatoma İn Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Aflatoksin İn Vegetable Protein. Feedstuffs J.Natl. Canser Inst, 41: 711-718.
- Şahin, İ., ve Korukluoğlu, M. (2000). Küf-Gıda-İnsan. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın, No:155, 122s. Bursa.
- Topal, S. (1993). Gıdalarda Küf Kontaminasyon Riskleri ve Önlemleri. Gıda Sanayinde Mikrobiyoloji ve Uygulamalar, 174-187
- Tunail, N. (2000). Funguslar ve Mikotoksinler. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Yayını, Ankara, 03. Bölüm, 13 kısım.
- Vicam, (1999). Aflatest® ,Instruction Manuel. Watertown, USA p: 73-74.
- Yaroğlu, T. (2007). Erzurum İli Piyasasında Tüketime Sunulan Yavru Alabalık Yemlerinde Aflatoksin B1 Varlığının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.



Bölüm 12

SU ÜRÜNLERİNDE KULLANILAN ANTİBİYOTİKLER VE ETKİ MEKANİZMASI

*Sibel DOĞAN¹
Sibel KÖPRÜCÜ²*

1 Arş. Gör. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4569-5435>/ sbarata@firat.edu.tr

2 Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye, ORCID:
<https://orcid.org/0000-0002-6565-3550>/ skoprucu@firat.edu.tr

1.GİRİŞ

Balık yetiştiriciliği, ülkemizde ve yerel bölgemizde her geçen yıl giderek büyüyen ve gelişen bir sektördür. Kültür balığı üretimindeki artış, balıkçılık işletmelerinin sayısındaki artış kadar, her geçen gün üretimde yeni tekniklerin ortaya çıkması ve uygulamaya konulmasına bağlıdır. Üreticiler, sınırlı alan ve su kullanımıyla maksimum üretimi sağlamak için bu teknikleri benimsemektedirler. Ancak, bu uygulamaların dezavantajı; balık yetiştiriciliğindeki gelişmelerle birlikte su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişikliklerden doğrudan etkilenen balıkların hastalıklardan korunması veya tedavi edilmesi ihtiyacını doğurmasıdır (Serezli ve ark., 2005; Doğan ve Önal, 2023).

Yüksek stoklama yoğunluğu, bakteriyel hastalıkların yaygın olarak görülmesine neden olabilir ve eğer tedavi yapılmazsa balık ölümlerine ve gelişim yavaşlamasına yol açarak büyük ekonomik kayıplara neden olabilir (Björklund ve ark., 1991). Bu nedenle, balık yetiştiriciliğinde antibiyotikler, sülfonamidler ve kuinolonlar gibi ilaçlar tedavi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Treves ve Brown, 2000). Antibiyotikler içerisinde en yaygın olarak kullanılanları genellikle tetrasiklin grubu ilaçlardır.

Balıkta antibakteriyel ilaçların kullanımının faydaları olduğu gibi pek çok zararları ve yan etkileri de vardır. Örneğin; bağışıklık sisteminin baskılanması, nefrotoksisite, gelişme geriliği, dirençli bakteri şuşlarının gelişimi, balık çiftliklerinin sedimentleride ve balık ürünlerinde ki kalıntılar gibi çevresel problemlerdir (Grondel ve ark., 1985; Björklund ve ark., 1991).

Antibiyotiklerin ve diğer ilaçların balık etinde biriktiği ve insanlar tarafından tüketilmesiyle insan vücuduna geçtiği bildirilmiştir (Arda ve ark., 2005). Ayrıca, tedavi amaçlı kimyasal ilaçların kullanımı sonucu doğal ortamda kimyasal madde kalıntılarının birikimiyle karşılaşmaktadır. Örneğin, birçok balık yetiştirme işletmesinde ilaç tedavisi sonrasında ağ kafeslerin çevresindeki balık ve kabuklularda farklı düzeylerde oksitetrasiklin ve okzolinik asit tespit edilmiştir (Björklund ve ark., 1991; Rigos ve ark., 2004).

2.ANTİBİYOTİK

Antibiyotik; bakteri, mantar ve aktinomisetler gibi mikroorganizmalardan elde edilen veya sentetik olarak hazırlanan, son derece düşük yoğunluklarda bile bakterilerin gelişmesini engelleyen veya onları öldüren maddelerdir (Dökmeci ve ark. 1992). Sözlüklere göre Yunanca anti (karşı) ve bios (yaşam) sözcüklerinden türetilen antibiyotik sözcüğü, yine sözlüklerdeki tanımlamasıyla “Bitkilerde, özellikle küf mantarlarında bulunan ya da yapay olarak üretilen, bakteri ve diğer mikroorganizmaların gelişimini durduran ya da onları yok eden maddelerin ortak adıdır” (Aktuğlu, 1997; Tunçtan ve Buharlıoğlu, 2005).

2.1. Antibiyotiğin Tarihçesi

Birinci yüzyılın ikinci yarısında, mikrobiyolojinin önemli bir dönemine şahitlik edildi. Bu dönemde, mikroorganizmaların sağlık alanında kullanılabilir potansiyele sahip olabileceğini ilk düşünen bilim insanları Pasteur ve Joubert oldu. Şarbon basillerinin steril idrarda iyi üreyebildiği, ancak diğer bakterilerle kirlenmiş idrarda üreyemedikleri deneysel olarak ortaya konulmaya çalışıldı. Pasteur ve Joubert, şarbon basillerinin diğer bakterilerle kirlenmiş idrarla karıştırıldığında deney hayvanlarında hastalık oluşturamadıklarını göstererek, enfeksiyonların antibiyotiklerle tedavisi konusunda ilk adımları attılar (Tunçtan ve Buharlıoğlu, 1995).

1935 yılında Domagh, sülfonamidlerle enfeksiyon hastalıklarının modern kemoterapisine başladı ve prontosil üzerinde yaptığı çalışmalarından dolayı 1938 yılında Nobel ödülünü kazandı (Aktuğlu, 1997). Sülfonamid çağı hızla gelişti ve 10 yıl içinde 5400 farklı sülfonamid türevi sentezlendi, bunlardan önemli bir kısmı klinik denemelere tabi tutuldu. Sülfonamidler, penisilin klinikte ilk kez denendiği 1942 yılına kadar antibakteriyel tedavinin en etkili ilaçları olarak yaygın bir şekilde kullanıldılar (Aktuğlu, 1997).

Bu dönemde Londra'daki St Mary's Hospital'da stafilokok varyantları üzerinde çalışmalar yapan Alexander Fleming, tesadüfen kültür ortamına bulaşan bir küf mantarının çevresinde stafilokokların üreyemediğini ve aksine öldüklerini gözlemledi. Fleming'in bu gözlemleri, küf mantarlarının Penicillinum cinsinden olduğundan esinlenerek, etkili maddeye "penicillin" adını vermesine yol açtı. Oxford Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden Florey, Chain ve Abraham ise 1940 yılında penisilin farelerde streptokok enfeksiyonuna karşı yüksek etkinliğini deneysel olarak kanıtladılar ve bu bulgularını Mayıs 1940'ta yayınladılar (Aktuğlu, 1997).

1939'dan 1943'e kadar Actinomycetes türleri üzerinde çalışmalar yapan Waksman ve arkadaşları, Streptomyces griseus kültürlerinden elde ettikleri bir maddeye streptomisin adını verdiler. 1944 yılında sağaltım alanına giren streptomisin, birçok gram-pozitif ve gram-negatif mikroorganizma yanında Mycobacterium'lara karşı da etkili oldu. II. Dünya Savaşı'nın geniş kitlelere yaydığı tüberküloz hastalığının kontrol altına alınmasında büyük katkı sağlayan streptomisin, özellikle gram-negatif mikroorganizmalarda ve Mycobacterium'larda giderek artan direnç gelişmelerine neden oldu. Sonuç olarak, etkinliğini kaybetti ve daha bilinçli bir şekilde daha dar alanlarda kullanılmaya başlandı. II. Dünya Savaşı'nın sonlarına doğru streptomisin, kloramfenikol ve klortetrasiklin gibi birçok yeni antimikrobiyal ajan keşfedildi ve bu, günümüze kadar yüzlerce antimikrobiyal ajanın literatüre kazandırılmasına yol açtı (Tunçtan ve Buharlıoğlu, 2005).

3. Antibiyotiklerin Sınıflandırılması

Antibiyotikler, çeşitli kriterlere göre sınıflandırılabilmele birlikte, günümüzde en yaygın kullanılan sınıflandırma, bu ilaçların etki mekanizmaları ve etki güçlerine göre yapılan sınıflandırmalardır (Akkan, 1997).

3.1. Antibiyotiklerin Etki Mekanizmalarına Göre;

3.1.1. Bakteri Hücre Duvar Sentezini Bozanlar

- Beta-Laktamlar
- Basitrasin
- Vankomisin

B-laktam antibiyotikler (penisilinler, sefalosporinler), glukopeptitler (vankomisin, teikoplanin), novobiosin, basitrasin, sikloserin gibi antimikrobik maddeler, bakterinin hücre duvarı üzerinde etki gösteren bu mekanizma aracılığıyla etkili olurlar. Hücre duvarı, bakterinin bütünlüğünü koruyan ve bölünme ile çoğalmasını sağlayan önemli bir yapıdır (Öztürk, 1997).

3.1.2. Sitoplazma Membran Permeabilitesini Bozanlar

- Polimiksinler
- Nistatin
- Katyonik deterjanlar

Polimiksinler, nistatin ve katyonik deterjanlar gibi antimikrobiyal maddeler, sitoplazma zarı üzerinde etki gösteren bir mekanizma ile etkilidirler. Sitoplazma zarı, mikroorganizmanın dış ortamdan difüzyon veya aktif transportla gerekli maddeleri almasını sağlayan osmotik bir engeldir. Bu etkili antimikrobiyal maddeler, sitoplazma zarının geçirgenliğini artırarak genellikle ufak moleküllü bileşiklerin (aminoasitler, nükleotitler, potasyum) hücre içinden dışarı çıkmasına neden olur, bu da mikroorganizmanın ölümüne yol açar. Ayrıca, bu maddeler üremesi tamamlanmış mikroorganizmalara da etki edebilirler. Örneğin, katyonik deterjan etkisi gösteren polimiksinler, bakteri hücre zarındaki fosfolipidlerin fosfat bölümleriyle birleşir, kendi moleküllerinin lipofilik bölümünü hücre zarı lipidlerine yerleştirir ve bu yapıları bozar. Sonuç olarak, mikroorganizmanın geçirgenliği artar, osmotik denge bozulur ve hücre içeriği dışarı sızar (Öztürk, 1997).

3.1.3. Ribozomlarda Protein Sentezini Bozanlar

- Tetrasiklinler
- Aminoglikozidler
- Amfenikoller

Aminoglikozidler (streptomisin, neomisin, kanamisin, gentamisin), tetrasiklinler, kloramfenikol, makrolitler (eritromisin, azitromisin, klaritromisin, roksitromisin), ve linkozamitler (linkomisin, klindamisin) gibi antimikrobiyal ilaçlar, bakteri ribozomlarında protein sentezini inhibe ederek etki gösterirler. Bu ilaç gruplarından bazıları, bakteri ribozomlarına bağlanarak orada m-RNA tarafından yönetilen protein sentezini bozarlar. Bu ilaçlar, ribozomlarda farklı etkilere neden olarak mikroorganizmaların büyüme ve çoğalmasını engellerler (Öztürk, 1997).

3.1.4. Bakteri Genetik Materyali Üzerine Etki Yapanlar

- Florokinolonlar
- Rifamisinler
- Aktinomisinler

Bu antimikrobiyal ilaç grubu, DNA sentezini veya DNA sentezi sırasında gerçekleşen RNA sentezini bozarak etki gösterir. Rifamisinler, özellikle Rifampisin, DNA'ya bağlı RNA polimeraz enziminin β alt birimine bağlanarak transkripsiyonu, yani mRNA sentezini bozar. Kinolonlar ise bakteri DNA'sını süper sarmal halde tutan ve DNA transkripsiyonunda rol oynayan DNA giraz enzimini inhibe ederek etki gösterir. Süper sarmal DNA yapısının bozulmasıyla DNA fonksiyonları etkilenir ve bu da bakterinin ölümüne neden olur (Öztürk, 1997).

3.1.5. Bakteriyel Antimetabolitler

- Sülfonamidler
- Sülfonlar
- PAS

Antimetabolitler, normal substratlarla benzer bir yapıya sahiptir ve enzimlerin aktif bölgeleriyle rekabet ederler. Bu ilaçlar, bakterilerin metabolizması için gerekli olan bazı maddelerin sentezini bozarak etki gösterirler.

3.2. Antibiyotiklerin Etki Güçlerine Göre Değerlendirilmesi

3.2.1. Bakteriyostatikler

Bu antimetabolitler, bakteri hücrelerinin gelişmesini veya üremesini engellerler. Gelişme ve üreme duran bakteriler, vücudun savunma mekanizmaları tarafından daha kolay bir şekilde yok edilebilirler. Bakteriyostatik etkinin bir göstergesi, "Minimum İnhibitör Konsantrasyon (MİK)" olarak bilinir (Akkan, 1997; Başoğlu ve ark., 2000).

3.2.1.1.Tetrasiklinler

Tetrasiklinler, bakteriyel hücre duvarını pasif difüzyon ve enerjiye bağlı aktif transport sistemi ile aşarlar. Hücreye girdiklerinde, reversibl olarak 30S ribozomal alt birimine bağlanırlar. Bu bağlanma, aminoasit tRNA'nın RNA-ribozom kompleksine bağlanmasını önler. Tetrasiklinin bu bağlanması, bakteriyostatik etkiye yol açarak protein sentezini bloke eder. Ayrıca, tetrasiklin sitoplazmik membranı değiştirir ve bu da nükleotidlerin ve diğer bileşenlerin hücre duvarına sızmasına neden olur. Bu işlem bakteriyi öldürmez, ancak onu inhibe eder (Taşova, 2010).

3.2.1.2.Makrolidler

Makrolidlerin temel yapısı, makrosiklik lakton halkası ile bu halkaya eklenmiş şekerlerden oluşur. Makrolidler, içerdikleri lakton halkasının sayısına bağlı olarak gruplara ayrılır. Bu gruplar şunlardır: 14 üyeli (eritromisin, roksitromisin, klaritromisin, diritromisin, fluritromisin), 15 üyeli (azitromisin) ve 16 üyeli (spiramisin, josamisin, midekamisin, rokitamisin, miokamisin). Tüm makrolidler, bakterilerde RNA bağımlı protein sentezini geri dönüşümlü olarak inhibe ederek bakteriyostatik etki gösterirler (Aydın, 2007).

3.2.1.3.Amfenikoller

Bu kategoride kloramfenikol ve tiamfenikol bulunmaktadır. Kloramfenikol, diğer birçok antibiyotige göre üstün kılan dört önemli özelliğe sahiptir. Geniş spektrumlu olması, vücutta etkili bir şekilde dağılım göstermesi ve ekonomik olması bu özellikler arasındadır. Ancak, çok nadir de olsa ölümcül bir durum olan irreversible aplastik anemi riski, bu avantajlarına gölge düşürmektedir (Kara, 2007). Kloramfenikol, gram pozitif koklara, aerob ve anaerob gram pozitif basil türlerine ve birçok gram negatif bakteriye karşı etkilidir. Enterobakter ailesine karşı etkinliği değişkendir. Kloramfenikol, bakteri ribozomlarının 50S alt birimine bağlanarak peptidil transferaz enzimini bloke ederek, protein sentezini inhibe eder (Kara, 2007).

3.2.2.Bakterisidler

Bu ilaçlar bakteri hücrelerini doğrudan yok ederler. Bakterisidal etkinin bir göstergesi "Minimum Bakterisidal Konsantrasyon (MBK)" dir (Akkan, 1997).

3.2.2.1.Beta Laktamlar

Beta-laktam antibiyotikler bakteri hücre duvar sentezini inhibe ettikleri için bakterisid etkilidirler (Erturan ve Güven, 1989).

3.2.2.2.Basitrasin

Basitrasin, hücre duvarının sentezini engelleyerek etki gösteren bir antibiyotik örneğidir. Bu antibiyotik, hücre çeperi için zorunlu olan mukopeptid sentezini inhibe eder (Şanlı ve ark., 1994).

3.2.2.3.Vankomisin

Vankomisin, hücre duvarının sentezini engelleyerek etki gösteren bir antibiyotik örneğidir. Bu ilaç, vankomisinin böbreklerden atıldığı için bu organ hastalıklarında tercih edilmemesi gerektiğini belirtir. Eğer bu ilaçların kullanımını zorunlu ise doz azaltılmalı ya da doz aralığı azaltılmalıdır (Şanlı ve ark., 1994).

4. ANTİBİYOTİKLERDE ARANMASI GEREKEN ÖZELLİKLER

Balık yetiştiriciliğinde, hem koruyucu önlemler hem de hastalık durumlarında tedavi amaçlı olarak kemoterapotiklerin kullanılması yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bakteriyel ve bazı protozoa kaynaklı hastalıklar için koruyucu ve tedavi edici en güçlü yardımcılarından birisi antibiyotiklerdir ve mutlaka sonuna kadar kullanılmalıdır (Kaya ve Ünsal, 2002; Olusolo, vd. 2012). Aksi takdirde hastalık tedavi edilememiş ve hatta bakterilerde direnç gelişimi gerçekleşmiş olur. Antibakteriyel Direnç; Bakterilerin ortam koşullarına tam olarak adapte olması ve bunun sonucunda uygulanan antibiyotiklerin bakterilerde etkisiz kalması durumudur. Balıklarda kullanılan antibiyotikler, bağışıklık sistemi aracılığıyla mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasına ve bakteri popülasyonunun kontrolüne yardımcı olur. Bir antibiyotikte aranması gereken nitelikler şöyle sıralanabilir (Aktuğlu, 1997; Arda vd. 2005).

- Geniş bir mikroorganizma spektrumuna karşı kesin antimikrobiyal etki göstermelidir.
- Bakteriyostatik değil bakterisid olmalıdır.
- Kolay direnç oluşturmamalıdır.
- Kullanım süresince etki gücü değişmemelidir.
- En yüksek dozda ve en uzun kullanım sürecinde bile, önemli bir yan etki oluşturmamalıdır.
- Antimikrobik güç, kan, plazma, doku sıvısı ve doku enzimleri karşısında aynı düzeyde olmalıdır.
- Farklı yollarla uygulandığında, örneğin ağızdan alındığında, parenteral (damardan) uygulama kadar etkili olabilmelidir.
- Toksik veya alerjik karakterde yan etkileri olmamalıdır.
- Kombinasyon durumlarında sinerjetik etkiye sahip olmalı birbirinin etkisini yok etmemelidir.
- Suda iyi çözünür olmalı ve oda sıcaklığında uzun süre bozulmamalı, etkisi azalmamalıdır.
- Absorpsiyon, dağılım, inaktivasyon ve vücuttan atılım özellikleri açısından, kan, dokular, vücut sıvıları, hücre içi ve serebrospinal sıvı gibi

alanlarda hızlı ve sürekli bakterisid etki sağlayacak şekilde olmalıdır.

- Aktif biçimde iç ve dış salgı bezlerinden atılan miktarları (safra, idrar, ter, tükürük vb.) bu yolların enfeksiyonlarını önleyecek ve sağaltacak düzeylerde olmalı; ayrıca bu organların fonksiyonlarını bozmamalıdır.

- Son olarak piyasadan kolay sağlanabilmeli ve satın alınabilecek fiyatta olmalıdır.

5. ANTİBİYOTİKLERLE GERÇEKLEŞTİRİLECEK TEDAVİDE DİKKATE ALINMASI GEREKEN TEMEL İLKELER

Bakteriyel enfeksiyonların sağaltımında antibiyotikler kullanılırken gözönünde bulundurulması gereken temel kurallar vardır (Arda ve ark., 2005).

- Tanı mümkün olan en erken aşamada konmalı ve en uygun ilaçla tedaviye hemen başlanmalıdır. Eğer mümkünse antibiyogram yapılmalı, bu imkan yoksa geniş spektrumlu antibiyotikler tercih edilmelidir.

- Antibiyotikler, hastalık ajanı (bakteri) belirlendikten sonra ve antibiyogram yapıp en etkili olan saptandıktan sonra prospektüslerine uyularak kullanılmalıdır.

- Antibiyotikler, viral, mantar ve paraziter enfeksiyonlarda etili değildir ve bunlar ancak, sekonder bakteriyel enfeksiyonları önlemek amacıyla kullanılabilirler.

- Yetersiz dozda ve sürede kullanılması, dirençli suşların ortaya çıkmasına yol açar.

- Yetiştirmede, bakteriyel bir hastalığın çıkması büyük bir olasılık ise, o zaman koruyucu amaçla geniş spektrumlu antibiyotikler kullanılabilir.

6. UYGUN ANTİBİYOTİK SEÇİMİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

- Bunun için bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Akkan ve Karaca, 2003).

- **Mikroorganizmaya ait faktörler;** Hastalık etkeninin belirlenmesi gerekmektedir, çeşitli boyama yöntemleri, kültür gibi laboratuvar yöntemlerine göre hastalığın asıl etkeni ve özellikleri belirlenir. Bunun yanı sıra etkenin antibiyotik duyarlılık durumu da göz önünde bulundurulmalıdır. Disk difüzyon yöntemi, gibi duyarlılık testleri yapılır.

- **Hasta ile ilgili faktörler;** Yaş, tür ve genetik gibi durumlarda antibiyotik seçimi bireyin özelliğine göre seçilir.

- **Antibiyotiğe ait faktörler;** Antibiyotiklerin invitro (vücut içinde) etkinliği, farmakokinetik etkinlikleri, farmakodinamik etkinlikleri gibi özelliklerine dikkat edilmelidir.

7. BALIKLARDA ANTİBİYOTİK KULLANIM YOLLARI

Son yıllarda, balıklarda kullanılan antibiyotik sayısı ve çeşitliliği oldukça sınırlıdır. Amerikan Federal Besin ve İlaç Birliği (FDA), balıklarda yasal olarak sadece sulfamerazin, oksitetrasiklin dihidrat (aquakültürde kullanımına izin verilen ilk antibiyotik), sulfadimetoksin-ormetoprim ve florfenikol kullanımına izin vermektedir (Reed vd., 2004). Bazı Avrupa Birliği ülkelerinde ise florfenikol, sulfadiazin+trimetoprim, oksitetrasiklin, amoksisilin, oksolinik asit, sarofloksasin, flumequin bileşikleri su ürünlerinde lisanslı olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de ise florfenikol, sulfadiazin+trimetoprim, oksitetrasiklin, amoksisilin, oksolinik asit, enrofloksasin etken maddelerini içeren ruhsatlı 35 kadar balık preparatı bulunmaktadır (Noga, 2010; Yanong, 2019).

7.1.İlacı Suya Katarak Uygulama

Uygulamanın basit olması, çok sayıda balığın ilaçlanabilmesi, ilaç alımının hasta balığın yem tüketimiyle ilgili olmaması gibi **avantajlarının** yanı sıra, ilaçların emilmesi bakımından ilaca ve balık türüne (*Ictalurus punctatus*’un gençlerinde OTC iyi emilirken *Cyprinus carpio* tarafından yeterli düzeyde alınmaz) göre aralarında önemli değişiklik göstermesi, daha fazla ilaç uygulaması gerektirmesi, masraflı olduğu için ucuz ilaçlar için uygulanabilir olması ve çevre için daha kirletici olması gibi dezavantajları vardır.

Banyo tedavisi popüler bir yöntem olarak görünmekle birlikte ağızdan veya enjeksiyon şeklinde yapılabildiği gibi daha fazla miktarda ilaç gerektirir. Bunun yanı sıra, suya katılan fazla miktardaki antibiyotik, sudaki bakterilerde direnç gelişmesine neden olabilir. Ayrıca, resirkülasyon sistemleri veya akvaryum sistemlerinde kullanılan biyolojik filtrelerde azot bakterilerini öldürebileceğinden antibiyotik kullanımı önerilmez. En ideali, tedavi edilecek balık, çevre ile etkileşimi olmayan ayrı bir tanka konulmalıdır (Baydan vd., 2012).

Banyolar 3 grupta sınıflandırılır.

___immersiyon-daldırma banyolar (5-15sn)

___Kısa süreli banyolar (10-30dk)

___Uzun süreli Banyolar (birkaç saat-birkaç gün)

Banyolarda doz iyi hesaplanmalı, banyo için taze ve kontamine olmayan sular kullanılmalı, oksijen ihtiyacını azaltmak için daldırma veya kısa süreli banyolardan önce yemleme yapılmamalıdır. Uzun süreli olanlarda destek besinler verilmelidir. Ayrıca, ilaçlı tank ve rezervuarlara gereğinden fazla balık konulmamalıdır. Balık su içinde rahat hareket etmeli ve ilaç balık yüzeyindeki her noktaya temas etmelidir.

Tedavi bittikten sonra balık temiz suyun bulunduğu bir tanka alınmalıdır. Eğer tedavi bütün bir havuzda gerçekleştirildiyse, banyo çözeltisinin hız-

la dilüe etmek için giriş kaynağı yeterince güçlü olmalıdır.

7.2.İlacı Yeme Karıştırarak Uygulama

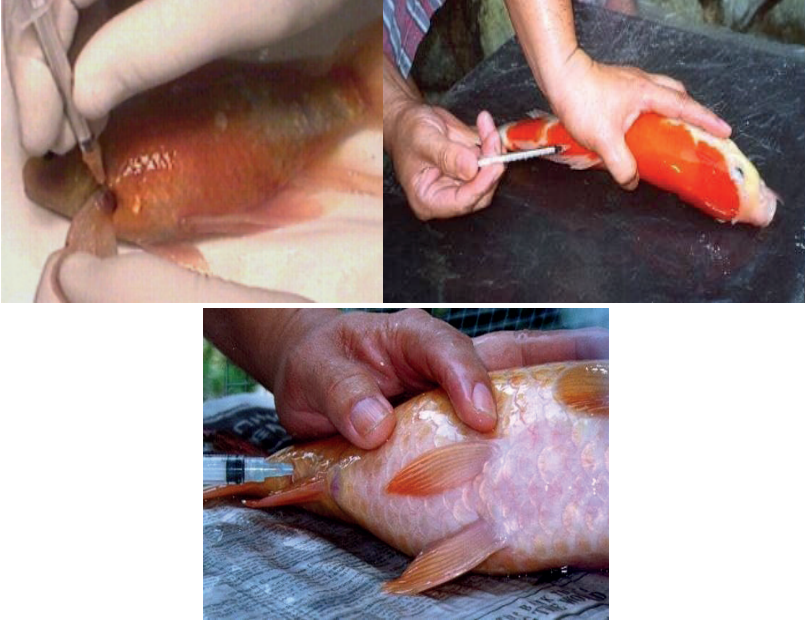
Su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotik uygulamasında ilacın suya katılarak uygulamasına göre balıklar tarafından daha iyi değerlendirilmesi sebebiyle tercih edilen ve etkin olan bir yöntemdir. Ancak böyle bir uygulamada hasta hayvandaki tad değişikliğinden dolayı ilaçlı yem yememesi, ilacın yem içinde iyi homojene edilememesi gibi riskleri söz konusudur. İlaçlı yemin alınmasını kolaylaştırmak için ilaç katılacak yem balıklara önceden verilerek alıştırma yapılabilir. Akvaryum balıklarında ilacın yemle verilmesi, kullanılan yem miktarı, dolayısıyla ilaç miktarı çok az olduğundan fazla tercih edilmez (Baydan vd., 2012).

İlaçlı yem için en ideal yol ilacın yem içine peletmeden önce katılmasıdır. Peletleme işlemi yüksek ısıda yapıldığından kullanılan ilaçların ısıya dayanıklı olması gerekir. Ayrıca ilacın yem içine homojen bir biçimde dağılımı sağlanmalıdır. Bu amaç için yemler antibakteriyellerle genellikle bir jelatin, balık ya da bitkisel yağ yardımıyla karıştırılır.

Mikroenkapsülasyon yolu uygulamanın ilacın yavaş salıverilmesini ve sindirilmeyen mideden geçmesini sağlama gibi iki amacı bulunur. Özellikle genç balıklarda ilk ilaçlı yem uygulamasında yemi reddetme ihtimali fazla olması dolayısıyla ilaçlar Artemia gibi canlı yemlerle biyoenkapsüle şeklinde kullanılır.

7.3.Enjeksiyon Yolu

Bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde tam doz ayarlama yapılabilmesi, yüksek kan ve doku düzeyleri sağlanması enjeksiyon uygulamasını daha etkin kılmakla birlikte, emek gerektirmesi, çok pratik olmaması, yakalanan balıkta stres oluşturmaması, balıkların kliniğe getirilme zorunluluğu bulunması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle büyük üretim tesisleri yerine anaç veya süs balıkları gibi değerli balıklar için uygulanabilirliği söz konusudur. Böyle bir uygulama için balığın aneztezisini gerektirir. Enjeksiyon intraperitoneal, veya intramusküler yapılıdır. Balıklara enjeksiyon yavaş yapılmalıdır. Yanlış uygulama; peritoneal adezyon, ölüm, lokal reaksiyonlar, karkas kalitesinde bozulmalar, terapötik etkide yetersizlikle sonuçlanabilir (Baydan vd., 2012).



7.4. Topikal Uygulama

Antibiyotik ihtiva eden merhemler, bakteri veya mantarlar tarafından oluşturulan, açık yara, ülser gibi sekonder enfeksiyonlarda kullanılır. Böyle uygulamalarda anestezi zorunlu bir ön uygulamadır. Topikal uygulamalar, genellikle değerli, süs veya stok balıkları için tek uygulama şeklinde yapılır. Bir pamuk sıvap ilaçlı solüsyona batırılarak lezyonlu bölgeye dikkatlice dokundurularak yapılır (Stoskopf, 1988).

8. BALIKLARDA ANTİBİYOTİK KULLANIMINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN DURUMLAR

- Birçok bakteri normal su sistemi içinde bulunmasına rağmen, önemli bir probleme yol açmazlar. Ancak, ısı değişiklikleri, kötü su kalitesi, balıkların transportu ve elle müdahalesi gibi stres koşulları immun sistemi etkileyerek balığı bakteriyel enfeksiyonlara karşı duyarlı hale getirir.

- Antibiyotikler, balıklarda bakteriyel hastalıkların tedavisinde kullanılır. Başarılı bir tedavi için doğru antibiyotiğin, doğru antibiyotik için ise duyarlılık testlerinin yapılması gerekir. Analizler, hastalığın spesifik semptomlarını gösteren 3-5 balık üzerinden gerçekleştirilir. Ancak testler birkaç gün zaman alabilir. Normal koşullar altında analiz sonuçlanıncaya kadar antibiyotik uygulanmaz. Fakat çok ciddi durumlarda analiz sonuçlarını beklerken, geniş spektrumlu bir antibiyotiğin kullanımı söz konusu olabilir. Ancak balıklarda görülen bakteriyel hastalıkların tedavisinde kullanılan antimik-

robiyal ajanların immun sistemi baskıladığı, gastro-intestinal sistemde problemlerine, viruslarla süper enfeksiyonlara, nefro toksiteye, protein sentezi inhibisyonuna bağlı büyümede yavaşlamaya, sucul mikroorganizmalarda direnç oluşmasına, çevresel problemlere ve sağaltım sonrası ilaç kalıntısına neden olduğu bildirilmektedir.

- Balıklarda ilaçların biyoyararlanımı tatlısu veya deniz balığı oluşuna göre önemli farklılık gösterir. Deniz balıklarında ilaçların biyoyararlanımı azdır ve tedavide bu sorun teşkil eder. Alabalıklarda yapılan araştırmalarda oksitetrasiklin, amoksisilin, sarafloksasin, oksolinik asit, flemekuın, sulfadiazin, trimetoprim ve florfenikol'ün denizdeki % biyoyararlanımları sırasıyla 1, 2, 2, 30, 45, 50, 96, 97 dir. Katyonlara bağlanma oksolinik asit ve flemekuın için de geçerlidir. Dolayısıyla bunlarda da balık tarafından ilacın emiliminde bir azalma olacaktır. Böyle durumlarda tam etkinlik için deniz suyunda daha yüksek doz ve daha uzun süre ilaç uygulamasını gerektirecektir. Uygulamada çoğunlukla tek antibiyotik türüyle sağaltım yapılabildiği ve etkileşim bakımından bir araya getirilen antibiyotiklerin bir diğerinin etkisini bozma gibi riskler bulunduğu için farklı antibiyotiklerin kombinasyonu genellikle önerilmez.

- Balıklarda kullanılan ilacın emilimi, dağılımı, vücutta uğradığı değişiklikler ve atılımı farmakokinetikle ilgili konulardır. Ancak başta süs balıkları olmak üzere, birçok antibiyotiğin balık türlerindeki farmakokinetiği belirlenmemiştir.

- İlacın eliminasyon yarı-ömrü sıcaklık ile önemli derecede değişir. Genellikle sıcaklık azaldıkça ilacın eliminasyon yarı-ömrü artar. Bu nedenle ideal olarak ilaç dozu sıcaklığa göre ayarlanmalıdır. Ancak pratikte doz sabit uygulanmaktadır.

- Balık hastalıklarında başarılı bir tedavide, doğru antibiyotiğin seçimi kadar, kaç gün kullanılacağı da önemlidir. İlaça göre değişmekle beraber, en az 7-10 gün tedavi uygulanmalıdır. Bakteriyel hastalıklarda ve tedaviye alınan cevapta, konakçının immun sistemi de önemlidir. Bu nedenle doğru doz, ne kadar sıklıkta ve ne kadar süreyle kullanılacağı, verilme şekli/yolu başarılı tedavi için dikkat edilmesi gereken noktalardır.

- Önerilen/seçilen antibiyotik yenilebilir balıklar için yasal olmalıdır. Süs balıklarına göre yenilebilir balıklarda kullanılabilen antibiyotik sayısı oldukça sınırlıdır.

- İlaç kalıntılarının istenmeyen etkilerinden tüketicileri korumak için maksimum kalıntı limitleri (MRL) belirlenmelidir. Antibiyotik uygulaması yapılan balıklar kalıntı arınma süresi (İKAS) tamamlanıncaya kadar tüketilmemesi gerekir.

- Bazı AB ülkelerinde antibiyotikler için su ısısına göre standart İKAS

değerleri benimsenmiştir. Buna göre Danimarka, Finlandiya ve Norveç'te 10°C 'nin üstündeki sıcaklıklarda İKAS 40 gün, altındaki sıcaklıklarda ise Danimarka ve Norveç 80, Finlandiya ise 60 gün olarak uygulanmaktadır.

- Balıklarda görülen bakteriyel hastalıkların tedavisinde kullanılan antimikrobiyal ajanların immun sistemi baskıladığı, gastro-intestinal sistemde problemlerine, viruslarla süper enfeksiyonlara, nefro toksiteye, protein sentezi inhibisyonuna bağlı büyümede yavaşlamaya, sucul mikroorganizmalarda direnç oluşmasına, çevresel problemlere ve sağaltım sonrası ilaç kalıntısına neden olduğu bildirilmektedir (Balta vd. 2005).

9. ANTİBİYOTİKLERLE SAĞALTIMDA BAŞARISIZLIK NEDENLERİ

Antibiyotikler kullanılırken bazı nedenlerle yapılan uygulamalardan istenen ölçüde başarılı sonuçlar alınamaz, hatta tümüyle başarısız kalınabilir (Arda vd. 2005; Yarsan, 2010).

- Tanı doğru olmayabilir,
- Bakteri, seçilen veya kullanılan ilaca karşı direnç kazanmış olabilir,
- İlk başta duyarlı olan bakteriler, sonradan ilaca karşı direnç geliştirmiş olabilir,
- Özellikle bakteri üremesini ve gelişmesini engelleyen ilaçların kullanılması durumunda, bağışıklık sistemi yetersiz kalabilir,
- Uygulama yolu ve kullanılan dozun yanlış seçilmiş olma olasılığı vardır,
- Dozun yetersiz olma riski bulunmaktadır,
- Kullanılan antibiyotik veya diğer ilaçlar arasında olumsuz etkileşimler olabilir, ya da uyumsuz antibiyotikler bir araya getirilmiş olabilir.
- Karma enfeksiyon şekillenmiş olabilir (aynı anda farklı bakteriyel kaynaklı enfeksiyonun gelişmesi).
- Yangı doku döküntüleri ve yıkıntıları, apse nedeniyle ilaç hastalık odağına nüfus etmemiş olabilir,
- Dirençli veya duyarsız bakteri mayası, mantar ile süper enfeksiyon ortaya çıkabilir
- Vücudun pH'sı ve oksijenlenmesinde değişme sonucu kullanılan ilacın etkinliğinde değişme olabilir; Örn; aminoglikozidler ve makrolidler hafif alkali ortamlarda daha etkili olduklarından sistemik ve asidoz hallerin de etkileri zayıflayabilir.
- İnsan ve hayvanlarda olduğu gibi balıklarda da çeşitli nedenlerden ileri gelen, hem sağlıklarına olumsuz yönde etkileyerek hastalanmalarına ve

ölmelerine neden olan, hem de ekonomik kayıplara yol açarak işletmeleri zarara sokan birçok hastalık bulunmaktadır.

10. SONUÇ

İnsan ve hayvanlarda olduğu gibi balıklarda da çeşitli nedenlerden ileri gelen, hem sağlıklarına olumsuz yönde etkileyerek hastalanmalarına ve ölmelerine neden olan, hem de ekonomik kayıplara yol açarak işletmeleri zarara sokan birçok hastalık bulunmaktadır. Ayrıca balıkların bazı hastalık ajanları da insanlara bulaşmakta, enfeksiyonlara ve toksikosizlere yol açmaktadırlar. Bu nedenle balık hastalıkları insan sağlığı için de önem taşımaktadır. Kimyasal ilaçların özellikle antibiyotiklerin kullanılması balık topluluklarında koruyucu bir hal alması yaygın bir hal almıştır ancak antibiyotiklerin kullanılması, enfeksiyonun tam anlamıyla söndürüleceği güvencesi vermemelidir

Antibakteriyel ilaçlarının tedavi amaçlı da olsa kullanımının balık, su ve sediment üzerinde birçok zararları ve yan etkileri bulunmaktadır. Balık etinde birikim yapması ve bunların insanlar tarafından tüketilmesiyle vücuda geçmesi insan sağlığı açısından da önem taşıdığından balıklarda antibiyotik ve diğer kimyasal madde kullanımının son yıllarda ciddi anlamda kısıtlanması mücadeleyi daha da zorlaştırmıştır. Bu durum ilaç sektörünü türe özel, daha güvenli, etkin, kaliteli aşı ve ilaç araştırma- geliştirme arayışı içine sokmuştur. Bu şekildeki uygulamalar hem hastalıkların önlenmesinde hem de kullanılan antibiyotik çeşitliliği ve miktarında önemli azalmaları sağlayacaktır.

Antibiyotik ve diğer kimyasal maddelerin kullanımı zorunluluğu olduğu durumlarda, ulusal ve uluslararası yasal/bilimsel kaynaklarda açıklanan uygulamalara göre doz, gün ve süreye uygun şekilde kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Akkan, A.G. (1997). Antibiyotiklerin Sınıflandırılmaları, İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Pratikte Antibiyotik Kullanımı Sempozyumu, İstanbul, s. 53-62, 2-3 Mayıs.
- Akkan, H.A. ve Karaca, M. (2003). Veteriner İç Hastalıklarında Antibiyotiklerin Kullanımı, YYÜ Vet Fak Derg, 14 (2):72-77.
- Aktuğlu, Y. (1997). Giriş ve Genel Bilgiler Ed: Aktuğlu Y. Pratikte Antibiyotik Kullanımı. s;11-53. Sempozyum Dizisi Yayın No: 1.
- Arda, M.M., Seçer, S. And Sarıeyyüpoğlu, M. (2005). Balık Hastalıkları. Medisan Yayın Serisi:61 II. Baskı, Ankara 230s.
- Aydın, K. (2007). Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Mikrobiyolojisi ve Enfeksiyon Hastalıkları Anabilim Dalı Trabzon. Ankem Dergisi, 57-61.
- Balta, F., Serezli, R., Kayış, Ş., Akhan, S., Yandı, İ. (2005). Gökkuşluğu Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) Oksitetrasiklin HCl'nin Nötrofillerin Fagositik Aktivitesine ve Bazı Kan Parametrelerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi Cilt I, Sayı I, 7- 11.
- Başoğlu, A., (2000). Veteriner İç Hastalıklarında Genel Tedavi. Selçuk Üniversitesi basımevi, Konya, 109-160.
- Baydan, E., Yurdakök, B ve Aydın, F.G. (2012). Balıklarda Antibiyotik Kullanımı, Türkiye Klinikleri J Vet Sci.3(3):45-52
- Björkland, H.V. (1991). Oxytetracycline and oxolinic acid as antibacterials in aquaculture-analysis, pharmacokinetics and environmental impacts. Academic Dissertation. Department of Biology Abo akademi University. Abo, Fin Land 1-4.
- Björkland, H.V., Rabergh, C.M.I. and Bylund, G., (1991). Residues of oxolinic acid and oxytetracycline in fish and sediments from fish farm. Aquaculture,97, (1), 85-96.
- Demir, C. (1998). Veteriner Hekim İlaç Rehberi, Güneş Tıpevi LTD.ŞTİ.
- Doğan, S. and Önalın, Ş. (2023). Determination of antimicrobial resistance gene variations using Tet and Str genes in freshwater fish species, Cellular and Molecular Biology, 2023, 69(1): 150-155. Doi: <http://dx.doi.org/10.14715/cmb/2022.69.1.26>.
- Douthwaite, S. (2001). Structure-activity relationship of ketolides vs macrolides, European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases, CMI,7(Suppl. 3),11-17.
- Dökmeci, İ., Akçasu, A., Banoğlu, N., Berkarda, Ş. (1992). Farmakoloji. İlaç Uygulamalarında Temel Kavramlar. Editör: İsmet Dökmeci. Nobel Tıp Kitabevleri. s. 705-785.
- Erturan, B. ve Güven, H. (1989). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi

6(1):147-158.

- Evans, R.J. (1991). Clinical pharmacology: The Rational Basis of Drug Therapy. In: Canine Medicine and Therapeutics. Eds. Chandler, E.A., Thompson, D.J., Sutton, J.B., Price, C.J. 3th ed. Blackwell science, London, 829-856.
- Grondel, J.L., Gloudemans, A.G.M. and Muiswinkel, W.B. (1985). The influence of antibiotics on the immune system. II. Modulation of fish leukocyte responses in culture. *Veterinary Immunol. Immunopathol.*, 9, 251-260.
- Kara, H. (2007). *Farmakoloji, Göktuğ Basın Yayın Dağıtım ve Pazarlama*, 225.
- Kaya S, Ünsal A. (2000). Besinlerdeki İlaç Kalıntıları ve Denetimi. In, Kaya S, Pirinççi İ, Bilgili A (Eds): *Veteriner Uygulamalı Farmakoloji Cilt 2. Baskı 2*, s. 713-730, Medisan Yayınevi, Ankara
- Noga, E.J. (2010). *Fish disease: diagnosis and treatment*. 2nd edition. Mosby-Year Book, Inc., St. Louis, MO. 367 pp.
- Olusolo, V.A., Folashade, P.A., Ayoade, O.I. (2012). Heavy Metal (Lead, Cadmium) and Antibiotic (Tetracycline and Chloramphenicol) Residues in Fresh and Frozen Fish Types (*Clarias gariepinus*, *Oreochromis niloticus*) in Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 15 (18): 895-899.
- Öztürk, R. (1997). İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi etkinlikleri Pratikte Antibiyotik Kullanımı Sempozyumu, 2-3 Mayıs İstanbul .27-51.
- Reed, L. A., Siewicki, T. C., Shah, J. C. (2004). Pharmacokinetics of Oxytetracycline in the White Shrimp, *Litopenaeus setiferus* *Aquaculture* 232, 11 –28.
- Rigos, G., Nengas, I., Alexis, M. and Troisi, G.M. (2004). Potential Drog (oxytetracycline and oxolinicacid) pollution from Mediterranean sparid fish farms. *Aquatic Toxicology*, 69(39), 281-288.
- Roy P. E. Yanong. (2019). Use Of Antibiotics In Ornamental Fish Aquaculture. CIR 84, one of a series of the School of Forest Resources and Conservation, Program in Fisheries and Aquatic Sciences, UF/IFAS Extension
- Sağmanlıgil, H. (1989). Antibiyorezistans oluşumu ve sağlık yönünden getirdiği sorunlar. *U.Ü. Vet. Fak. Derg.* 8-9:249-256.
- Serezli, R., Çağırğan, H., Okumuş, A., Akhan, S. and Balta, F. (2005). The effect of oxytetracycline on non-specific immune response in sea bream (*Sparus aurata* L. 1758) *Turkish J. of Vet. and Anim. Sci.* 29, 31-35.
- Stoskopf, M.K. (1988). Fish chemotherapeutics In *Veterinary clinics of North America, Small Animal Practice: Tropical Fish Medicine*, March. M. Stoskopf (ed). W.B. Saunders Co., Philadelphia, PA. pp. 331-348
- Şanlı, Y. ve Kaya, S. (1994). *Veteriner Farmakoloji ve ilaçla Sağlık Seçenekleri*. Medisan Yayınevi, Ankara, 650s.
- Taşova, Y. (2010). Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Enfeksiyon Hastalıkları Anabilim Dalı Adana. *Ankem Dergisi* 21(ek2) 36-44s.
- Treves, K. and Brown, M. (2000). *Applied Fish Pharmacology*, Aquaculture series 3,

- Kluwer Academic Publisher, 309 p. vs macrolides, *clin Microbiol Infect* 2001;7
- Tunctan, B., Buharlıoğlu, K. (2005). Farmakoloji Terimleri Sözlüğü. Sendrom III Tıp Terimleri Sözlüğü 3(2): 3-44.
- Zhannel, G.G., Dueck, M. and Hoban, D.J., (2001). Review of macrolides and ketolides: Focus on respiratory tract infections, *drugs* 61(4):443-498.
- Zhannel, G.G., Walters, M., and Noreddin, A. (2002). The ketolides: A. Critical review, *Drugs* 62 (12): 1771-1804.



Bölüm 13

SUCUL BİYOİSTİLA

Ufuk Gürkan YILDIRIM¹

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi
ufukyildirim@isparta.edu.tr, Orcid:0000-0002-6348-8264

Biyolojik İstila Kavramı

Biyolojik istila(bioistila) yaklaşık son 50 yıldır biyoloji biliminin yoğunlaştığı kavramlardan bir tanesidir. Son yıllarda özellikle dijital bilgi paylaşım platformlarının etkisinin artmasıyla, sosyal yaşama da dahil olan bioistila kavramı, “popüler” bir araştırma alanı olarak günümüzde önemini arttırarak korumaktadır (Heger vd., 2013).

Tatlısu ekosistemleri bioistila etkilerinin daha keskin çizgilerle görülebileceği habitatlardan oluşmaktadır. Günümüzde bioistilalar ve hidrolojik değişiklikler, tatlı su biyotasına yönelik en büyük iki tehdit olarak değerlendirilmektedir (Agostinho vd., 2015). Hidrolojik değişimler, antropojenik etki altında veya doğal süreçlerin devamı olarak gelişen ve biyota üzerindeki negatif sonuçları kesin olarak izlenebilen süreçlerdir. Bioistilalar ise doğal türü olmadığı bir habitata giren ve oranın doğal türleri üzerinde ekolojik ve ekonomik olumsuz etkilerinin belgelendiği ya da bu konuda güçlü şüphelerin olduğu ekolojik süreçlerdir. Bununla birlikte bilimciler egzotik bir türün yeni girdiği habitatta “istilacı” özellik göstererek türlerin yok olması, dolayısıyla biyolojik çeşitliliğin kaybıyla sucul biyotaya zarar verdiği konusundaki genel görüşüne eleştirel bir yaklaşım göstermekte ve biyoçeşitlilik kaybında yabancı-istilacı türlerin etkili olduğu hakkındaki verilerin anektodal ve spekülatif olduğunu ifade etmektedirler (Gurevitch ve Padilla, 2004). Deniz ortamındaki biyolojik istilalar ise küresel değişimin nispeten daha az bilinen yönlerinden biridir. (Ochchipinti Ambrogi ve Savini, 2003). Deniz habitatlarındaki biyolojik istilalar, yerli toplulukların bütünlüğüne, ekonomiye ve hatta insan sağlığına yönelik küresel bir tehdidi temsil etmektedir. İstenmeyen istilacı türlerin, çevresel stres altında zaten azalan yerli popülasyonların azalmasını hızlandırdığına inanılmaktadır. Bu durumun, küresel boyuta olmasa da yerel ölçekte nüfus kayıplarına ve türlerin yok olmalarına yol açabileceği dahi düşünülmektedir (Ricciardi, 2004). Söz konusu etkilerin boyutu bazı şartlarda o derece şiddetli olabilmektedir ki, istilacı türler, habitat tahribatından sonra biyoçeşitlilik kaybının ikinci büyük nedeni olarak kabul edilmektedir (Breithaupt, 2003). Bu nedenlerden ötürü istilacı türler, yerel, bölgesel ve küresel ölçeklerde dünya okyanuslarına yönelik dört büyük tehdit arasında yer almaktadır (IMO 2000-2004). Bu ‘biyolojik kirlilik’ (Carlton ve Geller, 1993), diğer kirlilik türlerinin aksine, iyileştirici önlemlerin alınarak olumsuz etkilerinin tersine çevrilebileceği durumlardan farklı olarak, alıcı ekosistem için geri dönüşümü olmayan zararlara yol açabilir (Carlton, 1989).

İstilacı yabancı türler arasında, “en kötü” vurgusunu taşıyan istilacı türler, birçok çevresel program ve girişimin odak noktası olmuştur. Örneğin dünya genelindeki ‘En Kötü 100 İstilacı Yabancı Tür’ listesi, IUCN/GISP tarafından hazırlanmıştır. Ancak bu listeler oldukça geneldirler ve sıklıkla küresel ölçekte ortalamaları kapsarlar (Streftaris ve Zenetos, 2006).

Bir türün doğal yayılış alanındaki çevresel tercihlerinin ve yaşam öyküsünün anlaşılması bize, onun yeni bir haitattaki potansiyel başarısının değerlendirilmesine yönelik bilgiler sağlar (Agostinho vd., 2015). Bununla birlikte, egzotik balıkların trofik sonuçlarını, yani bir anlamda besin zincirindeki fonksiyonlarını anlamaya çalışmak ise bu türlerin yerli türler üzerindeki ekolojik etkilerini niceliksel olarak daha doğru değerlendirmeye yardımcı olmaktadır (Basic' vd., 2019) Ancak genel olarak, çoğu istilacı türün yarattığı doğrudan ve dolaylı etkileri bilinmemekte ve öngörülebilirliği belirsiz kalmaktadır (Ruiz vd., 1997). Avrupa'da pek çok bölgesel deniz ekosistemlerinde değişikliklerin yeni tür girişlerine ve bunlarla ilişkili sosyoekonomik etkilere dair yetersiz çalışmalar yapılmış, az sayıda iyi belgelenmiş vakaya ve nadiren de nicel değerlendirmelere rastlanmaktadır (Leppakoski vd., 2002).

TERMİNOLOJİ

“İstila bilimi,” istilaları anlama ve yönetme konusunda biyoloji ve ekoloji dışındaki birçok disiplinle etkileşimi de kapsadığından, bu geniş çalışma alanına “istila ekolojisi” veya “istila biyolojisinden daha uygun bir terim olarak düşünülebilir (Richardson et al., 2011).

İstila bilimi, organizmaların doğal yaşam alanları dışındaki bölgelere girmesinin nedenlerini ve sonuçlarını inceleyen bir alandır. Bu terim, organizmaların yeni bir habitata girmesi, yerleşmesi ve yayılmasıyla ilgili tüm yönleri ve yerli organizmalarla etkileşimleri ve istilanın insanlığa maliyetleri ve faydalarını kapsar (Richardson ve Ricciardi, 2013).

Bunun yanında farklı disiplinlerin dâhil olduğu çalışmalarda, terim farklılıklarının sorun olmasını önemek adına, genel kabul gören bir terminolojiye sahip olmak önemlidir. İstila ekolojisinde kullanılan ortak terim ve tanımlamalar olmasına karşın (Tablo 1.) bu terimler bilimciler arasında dahi iletişimi zorlaştırmaktadır. Bu anlamda, yabancı tür, yerli olmayan tür, egzotik tür, istilacı tür gibi terimlerin karşıladığı kavramların net hale gelmesinde büyük yarar vardır.

Tablo 1. *İstila ekolojisi'nde ortak tanımlamalar (Hill, 2008'den uyarlanmıştır.)*

Non-native, nonindigenous, introduced, alien (Doğal olmayan, yerli olmayan, aşılınmış, yabancı)	İnsanlar tarafından doğal yaşam alanının dışına taşınan bir tür için geniş ve değiştirilebilir terimler.
Exotic (Egzotik)	Başka bir ülkeden gelen bir tür.
Transplant (Nakledilmiş)	Bir ülke içinde taşınan, yer değiştiren bir tür.
Cryptogenic species (kriptojenik tür)	Yerlilik durumu bilinmeyen tür
Feral species (Yabanileşmiş)	Kültür şartlarından kaçarak popülasyon oluşturan tür.

Introduction (Aşılınmış)	İnsanlar tarafından daha önce bulunmadığı bir ortama taşınmış olan tür(aşılama)
Invade, colonize(yayılmacı, kolonize olan)	Ekolojik terimlerdir, bir türün yeni bir bölgeye hareketini veya girişini tanımlamak için kullanılır. Bu terimler, “istilacı tür” terimiyle karıştırılmamalıdır çünkü olumsuz etkileri ima etmezler.
Invasive species (İstilacı tür)	Ekolojik, ekonomik veya insan sağlığına zarar veren ya da zarar verme olasılığı yüksek olan yerli olmayan tür.
Native species (doğal tür- yerli tür)	Doğal aralığında bulunan tür. Çevresel koşulların değişmesiyle doğal aralıkları zaman içinde değiştiği için varlıkları bölgesel olarak değişebilen bir referans zamana bağlı olarak değerlendirilir.
Natural range extension (doğal alan genişleten)	Doğrudan insan etkisi olmaksızın bir türün aralığının genişlemesini tanımlamak için kullanılan terimdir.
Naturalized species (doğallaşmış tür)	Yerli olmayan ancak yerli topluluğa entegre olmuş ve genellikle yerli olduğu varsayılan tür (daha çok bitkiler için kullanılır)

Bilimciler ifade edilen bu ortak terimleri anlam karmaşasına yer vermeden kullanabilirken, sosyal olarak, özellikle “toplum bilincini arttırma” çabalarında karışıklığı önlemek adına “doğal/yerli tür, yabancı tür ve istilacı tür” terimleri yeterli olacaktır.

VEKTÖRLER

Yabancı türlerin yeni habitatlara ulaşmasında etkin olan yollar (vektör), doğrudan ya da dolaylı olarak mutlaka antropojenik etkilerin altında gelişmektedir (Tarkan 2013). Hatta “Deniz ve Kıyı Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Jakarta Beyannamesi”, “Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi” taraftarları tarafından kabul edilmiş olup, “deniz ve kıyı biotası üzerindeki antropojenik etkilerin beş ana kategorisinden biri olarak “egzotik türlerin istilasını belirtmektedir (Galil, 2007).

- Denizel türlerin farklı habitatlara dağılımlarında etkili olan vektörler:
- Gemicilik: Gerek gemi yüzeyine tutunan gerekse balast tanklarına giren türler, doğal yayılım alanlarının dışına taşınabilirler (Minchin and Gollasch 2003).
- Kanal sistemleri: Bir kanal, organizmaların farklı biyocoğrafik bölgeler arasında nakledilmesine, gemi taşımacılığı ya da organizmaların kendilerinin kanaldan geçmesi yoluyla izin verebilir (Gollasch et al. 2006).
- Su ürünleri yetiştiriciliği: Kültür için seçilen ve ithal edilen türler genellikle dayanıklıdır. Yetiştirilen türler tesislerden çok farklı nedenlerle doğal ortama kaçabilir (Minchin 2007).

- **Balıkçılık:** Bazı balıkçılık projeleri yerli olmayan türleri yeni habitatlara aşılaraq ekonomik girdinin artmasını planlamaktadır. Bunun yanında canlı yem kullanımı bu amaçla yerli olmayan türlerin yem olarak getirildikleri habitatlarda bir şekilde canlı kalması muhtemeldir (Minchin vd., 2009).
- **Dekoratif canlı tür taşınımı:** Akvaryum türleri ve insan tüketimi için canlı deniz ürünleri düzenli olarak uluslararası havaalanları aracılığıyla ithal edilir ve özel mağazalara, gıda pazarlarına veya restoranlara dağıtılır. Bu sektörün herhangi bir yerinde bu türler yeni habitatlarla buluşmaktadır. (Chapman et al. 2003).
- **Turizm ve rekreasyon:** Balıkçılıktan tekne turizmine kadar pek çok etkinlik tür taşınmasında etkili olmaktadır (Minchin vd., 2009).
- **Eğitim ve araştırma:** Eğitim ve bilimsel çalışmalar sırasında kurulan sistemlerden doğal ortama türler kaçabileceği gibi, merhamet sonucu türlerin kendileri için doğal olmayan habitatlara salınımı söz konusu olabilmektedir (Callaway ve Zedler 2004).

Tatlısulara gerçekleşen istilalarda da benzer vektörler etkili olurken (Piria vd., 2018) ek olarak taşkın ve seller, birbirinden biyocoğrafik olan ayrı olan su yollarını dolayısı ile farklı habitatları dönemsel olarak birleştirmekte ve tür transferlerine neden olmaktadır.

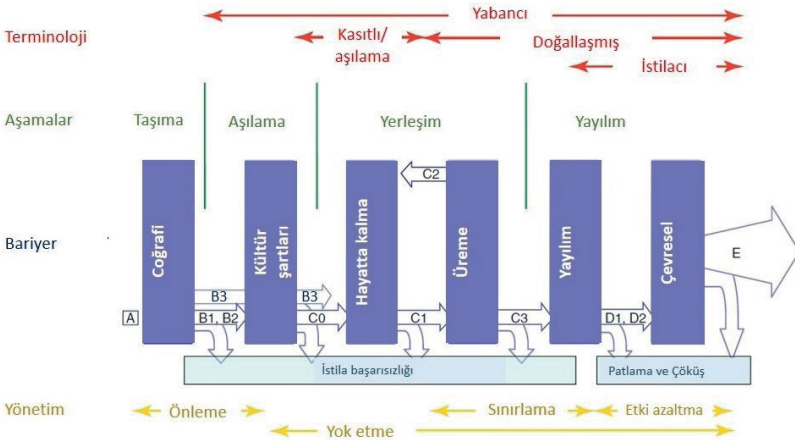
Özellikle içsulara vektörlerin yabancı tür geçişindeki etkinliklerini azaltmanın temel yollarının başında toplum bilinçlendirilmesi gelmektedir. Rekreasyonel veya ticari amaçlı habitatları kullanan insanlarda oluşturulacak farkındalık, tek merkezli mücadeleden çok bireyli koruma ve tedbiri hareketlendirecektir. Bunun yanında denizlerdeki vektörlerin tamamına yakını yüksek ekonomik değerlerle bağlantılıdır. Bu anlamda denizel türlerin biyoistilasında bireysel bilincin ötesinde uluslararası işbirlikleri ve karar mekanizmalarının etkin tutumu önem kazanmaktadır.

İSTİLA'NIN İŞLEYİŞİ

İstila süreci karmaşıktır. Sürecin istila ile tamamlanması, yabancı türün ve habitatın özelliklerine bağlıdır ve çok fazla olasılığa dayalıdır. Yani istilanın başarı veya başarısızlık olasılığı vardır ve şans bu noktada önemli bir rol oynayabilir. Bir türün yeni bir habitata başarılı bir şekilde yerleşmesi zordur ve çoğu yabancı türün bu teşebbüsü başarısız olur. Hatta, bir tür, uygun habitatlara birçok kez ve büyük sayılarda kasıtlı olarak dahi aşılsa istila gerçekleşemeyebilir. Bununla birlikte bugün görüyoruz ki başarılı istilaların gerçekleştiği de açıktır (Hill, 2008).

Blackburn vd. 2011' istila sürecinin belirli aşamalara bölünebileceği ve biyolojik istila sürecini anlamayı kolaylaştıran bir birleşik çerçeve önermektedir. Buna göre her aşamada, bir türün veya popülasyonun bir sonraki aşama-

ya geçebilmesi için aşılması gereken belirli engeller bulunmaktadır. Ayrıca, bu çerçeve türlerin istila sürecinde ulaştıkları aşamaya bağlı olarak farklı terimlerle anıldığı bir terminoloji ve aynı zamanda istila sürecinin farklı aşamalarında farklı yönetim müdahalelerinin uygulanabilir olduğunu belirtmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. *Biological İstila için önerilen birleşik çerçeve(Blackburn vd., 2011'den uyarlanmıştır)*

A Doğal menzil sınırları dışına taşınmamış

B1 Doğal menzil sınırları dışına taşınmış bireyler, tutsaklık veya karantina koşullarında (yani, bireyler için uygun koşullar sağlanmış, ancak belirli sınırlama önlemleri mevcut)

B2 Doğal menzil sınırları dışına taşınmış bireyler, tarım içinde (yani, bireyler için uygun koşullar sağlanmış, ancak dağılımı önleme tedbirleri en üst düzeyde)

B3 Doğal menzil sınırları dışına taşınmış bireyler, doğrudan yeni bir çevreye salınmış

C0 Yaban hayatına salınan bireyler (yani, tutsaklık veya yetiştiricilik dışında), girdiği habitatta uzun süre hayatta kalamaz

C1 Yaban hayatında hayatta kalan bireyler (yani, tutsaklık veya yetiştiricilik dışında), girdiği habitatta üreyemez

C2 Yaban hayatında hayatta kalan bireyler, girdiği habitatta üreyebilir, ancak popülasyon kendini yenileyemez

C3 Yaban hayatında hayatta kalan bireyler, girdiği habitatta üreyebilir, ancak popülasyon kendini yenileyebilir

D1 Yaban hayatında kendi kendine yeten bir popülasyon, giriş noktasından önemli bir uzaklıkta hayatta kalan bireyler

D2 Yaban hayatında kendi kendine yeten bir popülasyon, giriş noktasından önemli bir uzaklıkta hayatta kalan ve üreyen bireyler

E Tamamen istilacı tür, bireylerin çeşitli habitatlarda, yayılım alanının birden fazla noktasına dağılmasını, hayatta kalmasını ve üremesini içerir.

SUCUL İSTİLACI TÜRLERİN POTANSİYEL ETKİLERİ:

Gerek belgelenmiş etkiler, gerekse biyoçeşitlilik ve sosyo-ekonomi üzerinde ciddi olumsuz etki yaratabilme potansiyeline sahip olan egzotik türler incelendiğinde, sucul biyoistilanın etkileşimleri şu şekilde öngörülmektedir:

Biyolojik Çeşitlilik

Genel olarak, yabancı türler:

- Yerli türler üzerinde direkt olarak,
- Ekosistemler üzerinde ya doğrudan (hidrolojiyi, besin döngüsünü ve “ekosistem mühendisleri” olarak adlandırılan türler aracılığıyla diğer ekolojik süreçleri), ya da dolaylı olarak (bütün ekosistem yapısını ve işleyişini değiştirerek; yabancı türlerin, yerli türleri tüketmesi, habitat ya da besin rekabetine girmesi veya onlarla hibritleşmeleri vb).
- Endemik türlerin, izole ekosistemlerin ve koruma alanlarının eşsiz biyoçeşitliliği üzerinde etkiler yaratarak biyolojik çeşitliliği tehdit ederler.

Sosyo-ekonomi

Özellikle Akdeniz’de egzotik türlerin yeni girişleri devam etmekle birlikte bazı mevcut türler ise yayılım alanlarını genişletmektedir. Benzer süreç içsu habitatları için de geçerlidir. Bu süreçte yabancı türler, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği, sağlık ve sanitasyon üzerinde oluşturabilecekleri zararlı etkilerle bir bölgenin sosyo-ekonomik değerleri üzerinde negatif etki oluşturabilirler.

- Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği: İstilacı türler (ithal edilen canlı ürünlerin taşıdığı zararlı organizmalar da dâhil olmak üzere), balıkçılık ve yetiştiricilik verimini, doğrudan (hastalıklar vb.) ve ya dolaylı olarak (ağların, boruların, tıkanması, makine ekipmanın zarar görmesi ve bunların düzeltilmesi için artan iş gücü) ciddi anlamda azaltabilir. Bununla birlikte seyir araçlarının hareket kabiliyetini etkileme potansiyelleri de bulunmaktadır.

- Sağlık ve Sanitasyon: Zehirli türlerin, parazitlerin ve patojenlerin yeni habitata girmesi, hem ekosistem hem de insan sağlığı üzerine etki edebilir.

Tüm bunlara ek olarak, biyoistilanın “biyoçeşitlilik” ve “sosyo-ekonomi” üzerinde meydana getirebileceği etkiyi ayırmak büyük bir sorun gibi görünmesede, bazen aralarındaki kompleks ilişki bu iki kavramın birbirine bağımlı olarak değerlendirilmesini gerektirmektedir (Streftaris ve Zenetos, 2006).

İstilacı türlerin yeni bir ortama girmesi, genellikle alıcı topluluğun bileşenlerinden işlevsel olarak farklı olan ve besin ağı boyunca yayılan ekolojik etkilere neden olur. Araştırmalar ile şekillenen genel görüş, istilacı türlerin özellikle makrofitler, zooplanktonlar ve balıkların bollukları üzerinde güçlü bir olumsuz etkisinin olduğunu yönündedir.

Buna karşılık, istila edilmiş habitatlarda tür çeşitliliğinde genel bir azalmaya dair kanıt bulunmamıştır; bu durum, hızlı bolluk değişiklikleri ile yerel soy tükenmeler arasında bir zaman gecikmesi olabileceğinin işareti olarak değerlendirilebilir. Bunnunla birlikte istila edilmiş habitatlarda su bulanıklığı ile azot ve organik madde konsantrasyonunun arttığı gözlemlenmiştir; bu durum ise istilacıların, habitatları dönüştürme ve ötrofikasyonu artırma kapasitesi ile ilişkilidir (Gallardo vd., 2016).

Bu bilgilerin ışığında her ne kadar büyük kısmını böcek ve bitki istilaları kapsıyor olsa da (Bradshaw et al., 2016; Hiatt vd., 2019) dünya ekonomisinde biyoistilaların yarattığı toplam maddi zararın boyutunun 120 milyar Amerikan dolarını aşan rakamları bulması son derece düşündürücüdür (Pimentel vd., 2005).

KORUNMA TEDBİR ÖNLEME

İstilacı türlerin etkilerinin değerlendirilmesi, hem objektif bilimsel kanıtlara hem de etki değerlendirmelerinin öznel tanımlarına bağlıdır. Etkilerle ilgili anlaşmazlıklar, bir yabancı türün istilacı olarak sınıflandırılması konusunda anlaşmazlıklara yol açabilir ve bu olumsuz etkilerle ilgili algı belirsizlikleri, istilacı türleri diğer yabancı türlerden ayırt etme meşruiyetini zayıflatabilir (Russell ve Blackburn, 2017).

Kamu katılımı(halk bilimi/citizen science), istilacı türlerin etkili bir şekilde yönetilmesi için hayati öneme sahiptir. Halka yönelik biyo-güvenlik kampanyaları, istilacı tür düzenlemeleri ve sorunları konusunda farkındalık oluşturmak açısından belirleyici öneme sahiptir.

İstilacı türler sınırları tanımaz ve çoğu ülke biyocoğrafi olarak izole değildir. Bu nedenle, biyocoğrafi ölçeğinde önlemler uygulanırken uluslararası bilgi ve uzlaşma son derece önemlidir.

Bunların yanında açık bir habitat ya da geniş ama kapalı bir habitat bir kere istilaya maruz kalırsa, o habitatın istilacı türü insan eliyle uzaklaştırmak neredeyse imkânsızdır. Bu nedenle çevresel duyarlılığı yüksek halk bilinci oluşturmanın yanında, riskleri önceden tespit etmeye yarayan “risk ta-

rama uygulamalarının” kullanılması ve bu uygulama sonuçlarının ciddiyle değerlendirilip tedbirin istila gerçekleşmeden önce alınması elzemdir.

SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Şu anda, biyolojik istila biliminde bulguların doğru değerlendirilmemesi söz konusudur. Bu durum, maalesef artan bilim inkârcılığına karşı temel bir bilimsel uzlaşmanın gerekliliğini ortaya koymaktadır (Russell ve Blackburn, 2017).

İstilacı türler(yani, belirgin olumsuz etkilere sahip olan yerleşik yabancı türler), yabancı türler arasında azınlıkta olsalar da, tüm yabancı türler için bir tedbir yaklaşımına ihtiyaç vardır (Essl ve diğerleri, 2011), çünkü istilacı türlerin biyoçeşitlilik üzerinde (Sala vd., 2000; Ricciardi ve MacIsaac, 2011; Emery-Butcher vd., 2020) ve ekonomi üzerinde (Lovell ve diğerleri, 2006; Vil`a ve diğerleri, 2010), özellikle de iç sularda büyük bir tehdit oluşturduğuna dair geniş bir uzlaşma bulunmaktadır (Flood ve dig., 2020).

Avrupa tatlısu ve karasal ekosistemlerinde birçok yerli olmayan tür (Hulme, 2009), ticaret ve seyahat arttıkça (Jeschke ve Strayer; 2005; Keller vd., 2009) ortaya çıkmıştır. Ayrıca, diğer kıtalarla karşılaştırıldığında, Avrupa'nın yeni yerleşik yabancı türler değerlerinde en yüksek artışı gösterdiği bilinmektedir (Seebens vd., 2020).

İstilacı türlerin yayılmasını azaltmaya yönelik önlemler, taşıma, tanıtma, yerleşme ve yayılma gibi istila sürecinin tüm aşamalarında alınmalıdır. Ancak, her aşamada tedbir alma çabaları ve sonuçları farklılık gösterir. Bir istilacı tür yeni bir habitatta yerleştikten sonra, kökten yok etmek çok zordur ve nadiren başarıya ulaşılır, bununla birlikte kontrol maliyetleri de çok yüksektir (Leung vd., 2002).

İstilacı türleri önlemek için vektörleri yönetmek hayati öneme sahiptir, Bu ihtiyaçları tanıyan Avrupa Parlamentosu ve Konseyi, istilacı türlerle ilişkili sorunları etkili bir şekilde ele almak için kurallar koyan AB 1143/2014 düzenlemesini kabul etmiştir. Bu düzenleme, istilacı türlerin girişini önlemeyi, Erken Uyarı ve Hızlı Müdahale (EWRR) sistemi kurmayı ve mevcut istilacı türleri yönetmeyi amaçlamaktadır (Genovesi ve diğerleri, 2015). Bununla birlikte AB'nin bu düzenlemesi, ulusal yetkililer tarafından güncellenip uygulanan bir yabancı türler listesini de içermektedir (Avrupa Komisyonu, 2016, 2017, 2019).

Özellikle Avrupa Birliği'nde büyük ölçekli çok dilli ve geniş kapsamlı paydaş çalışmaları, biyoistila ile ilgili yönetimi, farkındalığı ve politikaları geliştirmeye yardımcı olmak için kaçınılmazdır. Bu kapsamlı ortak alışmaların önemi, birçok ülkenin nehir havzalarını, yerli ve yerli olmayan tatlısu türlerini paylaştığı ve ancak farklı yasal düzenlemelere ve sosyoekonomik kültürel arka planlara sahip olduğu düşünüldüğünde daha iyi anlaşılacaktır (Banha ve diğerleri, 2022).

Etkileşim halindeki sosyal ve ekolojik sistemlerin ölçekleri ve işleyişi arasında bir “sosyal-ekolojik uyumsuzluk” bulunmaktadır. Sosyal sistemler, ekosistemlere kıyasla farklı bir hızda biyoistila etkilerine maruz kalabilir. Ekolojik etkiler bir mekansal ölçekte ortaya çıkarken, sosyal etkiler başka bir ölçekte meydana gelebilir. Bununla birlikte bu türlerin etkileri geniş bir şekilde yayılabilirken, yönetim eylemleri, organizasyonel ve/veya siyasi farklılıklarla sınırlıdır. Bu nedenle, bunun üstesinden gelmek için işbirlikçi bilgi oluşturma ve uyumlu yönetim gereklidir (Beever ve diğerleri, 2019). Sonuç olarak dünya genelinde, farkındalık ve biyoistila kontrolüne yönelik talep arasında pozitif bir ilişki olduğunu bilinmektedir (Banha vd., 2022).

Yabancı türlerin etkisinin her zaman istila kavramıyla örtüşmesinin beklenemeyeceğinden daha önce bahsetmiştik. Örneğin sınırlı yüzeyine rağmen, Akdeniz son derece yüksek bir biyoçeşitliliğe ve endemik tür yüzdesine sahiptir, bu da onu biyocoğrafik açıdan özellikle değerli kılar (Coll vd., 2010; Bianchi vd., 2012). Ancak, aşırı avlanma, kirlilik, su sıcaklığında artış eğilimi ve yabancı türlerin yayılması gibi birkaç tehdit Akdeniz’i etkilemektedir. Birçok yabancı türün etkisi hala büyük ölçüde bilinmemekle birlikte (Tsirintanis vd., 2022), yerli türlerin birkaç yabancı tür ile ilişkili faktörler nedeniyle tehdit altında olduğu muhtemeldir.

Akdeniz, dünyanın en fazla istila edilmiş deniz havzasıdır ve yaklaşık 1000 kadar yabancı türü içerdiği düşünüldüğünde bu tehdidin önemi çarpıcı bir şekilde görülmektedir. Bunca türün, rekabetçi etkileşimi artırması, yeni yırtıcıları ortaya çıkarması (Langeneck vd., 2017; Savva vd., 2020), habitat değişiklikleri ve yeni patojenlerin ve yayılması gibi muhtemel faktörlerin biyoçeşitliliği olumsuz etkileyeceği öngörülmektedir. Bu nedenle, yabancı türler şu anda Akdeniz biyoçeşitliliği için önemli bir tehdit olarak kabul edilmekte, birçok çalışmanın konusu olmakta ve AB Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi’ne göre çevresel durumun ana tanımlayıcılarından biri olarak değerlendirilmektedir (Olenin vd., 2010).

Bu bağlamda, Akdeniz Denizi’nde yabancı türlerle ilgili yeni bilgilerin zamanında rapor edilmesi, aynı zamanda varlığı zaten bilinen yabancı türlerin yayılım genişlemelerinin kaydedilmesi, bu türlerin izlenmesi, yerli topluluklar ile insan faaliyetleri üzerinde olası etkileri öngörmek ve önlemek için son derece önemlidir (Langeneck vd., 2023).

Herhangi bir yerli türün soyunun tükendiği gibi bir durum kaydedilmesine rağmen, ani bir bolluk azalması ve bazı yerel tür yok oluşları gibi yabancı türlerin yayılmasıyla aynı zamana denk gelen durumlar kaydedilmiştir (Galil, 2007). Ancak istilacı yabancı türlerin, soy tükenmelerinde genel ve ana bir rol oynadığını destekleyen kanıtlar şimdilik sınırlıdır (Boudouresque, 2004; Gurevitch and Padilla, 2004). Bu bağlamda biyoçeşitlilik; genetik çeşitlilik, tür etkileşimleri ve ekosistem süreçlerini içeren ve bir bölgedeki tür

sayısından çok daha fazlasını içeren ekolojik bir kavram olarak olarak anlaşılmalıdır. (Galil, 2007).

Sucul biyoistila kavramının ciddiyeti üzerinde değerlendirmelerin uzun süre gecikmesinin nedenlerinden birisi “boş niş” hipotezidir. Bu hipotez, Doğu Akdeniz’in ve özellikle Levant Denizi’nin “deniz yaşamı tarafından biyolojik olarak kullanılmamış, bir tür ekolojik boşluk olarak tanımlanabilecek, birçok ekolojik nişin mevcut olduğunu öne süren bir hipotezdir (Oliverio ve Taviani, 2003).

Bazı araştırmacılar istilaların yerel olarak biyoçeşitliliği artırabileceği öngörüsü ile teselli bulabilirler ancak “yeni türleri yerel türleri yok etmekten daha hızlı bir şekilde yayıldığı gibi gittikçe büyüyen bir endişe de söz konusudur (Rosenzweig, 2001). Bu endişeye genetik çeşitliliğin azalması, ekosistem servislerinin, ekolojik süreçlerin ve habitat yapısının kaybıyla gelişebilecek “biyotik homojenizasyon” gibi korkutucu endişeler de eşlik etmektedir (Olden ve LeRoy Poff, 2003).

Ne var ki Akdeniz’deki bazı çalışmalar, istilacı tür hakimiyetini ve bazı bölgelerde yerli biyoçeşitliliğin bozulmasını veya kaybını belgelemiştir. Ancak yabancı tür yayılması ve yerli tür popülasyonlarının azalması rekabet üstünlüğünü gösterse de, sadece bunlar kendiliğinden nedensellik olarak kabul edilmemelidir (Ruiz vd., 1999; Didham vd., 2005).

Aslında, çoğu yabancı türün, ekolojik değişimin sürükleyici gücü olarak hizmet etmediği, yerli türler üzerindeki en büyük kısıtlayıcı etken olan daha temel çevresel değişim mekanizması içinde, “habitat bozulmasının istilacı türlerin etkilerini artırdığı”nı düşünmek eldeki verilerle hiç de mantıksız olmayacaktır (MacDougall ve Turkington, 2005). Kısaca yabancı türleri kesin olarak ekolojik değişimin sürükleyici gücü değil de bu ekolojik karmaşanın ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirmek daha doğru bir yaklaşım olacaktır (Didham vd., 2005).

Aynı gerekçelerle, kirlilik, ötrofikasyon, habitat bozulması ve kaybı, aşırı kullanım ve iklim değişikliği gibi çoklu stres faktörleri, Akdeniz sahil ekosisteminin zenginliğinde ve çeşitliliğinde, halihazırda var olan bir düşüşe neden olan ve bu sayede yabancı türlerin bölgede hakim olmasına sebep olan bir bağlantılar ağına dahil edilmiştir (Bianchi ve Morri, 2000; Occhipinti-Ambrogi ve Savini, 2003; Galil, 2006)

Pek çok etkenin değişmesi ile ilişkilendirilebilen Akdeniz’e yerleşen yabancı türler, sözkonusu etkenler geriye dönmüş olsa dahi (sıcaklık, kirlilik vb.) Akdenizdeki varlıklarını sürdürmeye devam ettikleri görülmektedir (Galil, 2007).

Kesin olan bir gerçek, istilanın etkilerine ilişkin sadece iyimser görüşleri benimsemenin yanlış olacağıdır (Tortonese, 1973). Görünüşe göre, yabancı

tür biyoçeşitliliğinin oluşması ve aynı zamanda yerli topluluklarda meydana gelen olumsuz değişimler, Akdeniz’de bir felaket niteliğindeki antropojenik ekosistem değişikliğinin sadece bir parçasıdır (Galil, 2007).

Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO) ve denizcilik endüstrisi, balast sularının aracılık ettiği biyoinvasyonların önemli ekonomik ve çevresel kayıplara neden olması nedeniyle, balast suyu yönetimini düzenlemek için birleşik bir uluslararası araç sağlama yollarına odaklanmıştır.

Süveyş Kanalı yoluyla Akdenize giren yabancı tür sayısı 30 yılda iki katından fazla arttı ve ana yol olarak hizmet veren Süveyş Kanalı’nın uyguladığı yayılma basıncı nedeniyle Levant’ta Akdeniz’deki diğer havzalara göre önemli ölçüde daha fazla görülmektedir. Lessepsian göç, biyotik toplulukların dramatik bir şekilde yeniden yapılandırılmasına neden olmaktadır. Ekosistem işlevlerini değiştirmekte, biyolojik kaynakların ve ekosistem hizmetlerinin kullanılabilirliğini etkilemektedir (Galil vd., 2019).

Eritre biyotasının (Lessepsiyen göç ile Akdeniz’e giren türler) azalmayan akışı, Süveyş Kanalı’nın sürekli genişlemesinden kaynaklanmaktadır; bu da kanalın hidrografisini ve hidrolojisini değiştirmiş ve daha fazla sayıda organizmanın geçmesine izin veren bir “koridor” olma potansiyelini arttırmıştır. Kilit endüstri grupları, kanun koyucular ve hatta yerel çevre grupları sorunun büyüklüğünü yeterince takdir edemiyor ve sonuç olarak çoğu zaman yanıtlar yetersiz, geç ve etkisiz oluyor (Galil, 2007).

İstenilen amaç, biyolojik çeşitlilik kaybını önlemeyi amaçlayan yeni bir protokolün oluşturulması olacaktır. Çevresel kaygıların yüksek düzeyde olduğu bir çağda, deniz bilimcilerin yabancı biyotanın Akdeniz’e getirilmesinin ana vektörleri konusundaki sessizliği, uluslararası anlaşmaların açıkça göz ardı edilmesine karşı koyacak iradenin eksikliği kadar rahatsız edicidir. (Galil, 2007).

1980’li yıllardan itibaren çok sayıda anlaşma, protokol ve çeşitli yasal düzenlemeler olmasına karşın günümüzde denizel ve/veya tatlısulardaki suçul biyoistilanın ne hızında ne de yerli sistemlere giren tür sayısında maalesef bir azalma görülememektedir.

KAYNAKLAR

- Katsanevakis, S., Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Lasram, F.B.R. *et al.*, 2014. Invading the Mediterranean Sea: biodiversity patterns shaped by human activities. *Frontiers in Marine Science*, 1, 32
- Tortonese, E., 1973. Facts and perspectives related to the spreading of Red Sea organisms into the eastern Mediterranean. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 79, 322–329
- Occhipinti-Ambrogi, A., Savini, D., 2003. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems. *Mar. Poll. Bull.* 46, 542–551.
- Bianchi, C.N., Morri, C., 2000. Marine biodiversity in the Mediterranean Sea: situations, problems and prospects for future research. *Mar. Poll. Bull.* 40, 367–376.
- MacDougall, A.S., Turkington, R., 2005. Are invasive species the drivers or passengers of change in degraded ecosystems? *Ecology* 86, 42–55.
- Didham, R.K., Tylianakis, J.M., Hutchinson, M.A., Ewers, R.M., Gemmill, N.J., 2005. Are invasive species the drivers of ecological change. *Trends Ecol. Evol.* 20, 470–474.
- Olden, J.D., LeRoy Poff, N., 2003. Towards a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. *Am. Nat.* 162, 442–460
- Ruiz, G.M., Fofonoff, P.F., Hines, A.H., Grosholz, E.D., 1999. Nonindigenous species as stressors in estuarine and marine communities: assessing invasion impacts and interactions. *Limnol. Oceanogr.* 44, 950–972.
- Savva, I., Chartosia, N., Antoniou, C., Kleitou, P., Georgiou, A. *et al.*, 2020. They are here to stay: the biology and ecology of lionfish (*Pterois miles*) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology* 97 (1), 148–162.
- Rosenzweig, M., 2001. The four questions: what does the introduction of exotic species do to diversity? *Evol. Ecol. Res.* 3, 361–367.
- Oliverio, M., Taviani, M., 2003. The Eastern Mediterranean Sea: tropical invasions and niche opportunities in a “Godot Basin”. *Biogeographia* 24, 313–327.
- Boudouresque, C.F., 2004. Marine biodiversity in the Mediterranean: status of species, populations, and communities. *Sci. Rep. Port-Cros nat. Park, France* 20, 97–146.
- Akerlof, K., DeBono, R., Berry, P., Leiserowitz, A., Roser-Renouf, C., Clarke, K.L., *et al.*, 2010. Public perceptions of climate change as a human health risk: surveys of the United States, Canada and Malta. *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 7 (6), 2559–2606.
- Caffrey, J.M., Baars, J.R., Barbour, J.H., Boets, P., Boon, P., Davenport, K., *et al.*, 2014. Tackling invasive alien species in Europe: the top 20 issues. *Manag. Biol. Invasions* 5 (1), 1.

- Gozlan, R.E., Burnard, D., Andreou, D., Britton, J.R., 2013a. Understanding the threats posed by non-native species: public vs. Conservation managers. *PLoS One* 8, e53200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0053200>.
- Leung, B., Lodge, D.M., Finnoff, D., Shogren, J.F., Lewis, M.A., Lamberti, G., 2002. An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B Biol. Sci.* 269 (1508), 2407–2413.
- Banha, F., Diniz, A., Anastácio, P.M., 2019. Patterns and drivers of aquarium pet discharge in the wild. *Ecol. Indicat.* 106, 105513.
- Langeneck, J., Marcelli, M., Bariche, M., Azzurro, E., 2017. Social networks allow early detection of non indigenous species: first record of the red drum *Sciaenops ocellatus* (Actinopterygii: Perciformes: Sciaenidae) in Italian waters. *Acta Adriatica*, 58 (2), 365-370.
- Beever, E.A., Simberloff, D., Crowley, S.L., Al-Chokhachy, R., Jackson, H.A., Petersen, S. L., 2019. Social–ecological mismatches create conservation challenges in introduced species management. *Front. Ecol. Environ.* 17 (2), 117–125.
- Olenin, S., Alemany, F., Cardoso, A.C., Gollasch, S., Gouletquer, P. *et al.*, 2010. *Marine Strategy Framework Directive – Task Group 2 Report – Non-indigenous Species*, vol. 10. EC, JRC
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F. *et al.*, 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PLoS One*, 5 (8), e11842
- Bianchi, C.N., Morri, C., Chiantore, M., Montefalcone, M., Parravicini, V. *et al.*, 2012. Mediterranean Sea biodiversity between the legacy from the past and a future of change. p. 1-55. In: *Life in the Mediterranean Sea: A look at habitat changes*. Noga Stambler (Ed). Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Tsirintanis, K., Azzurro, E., Crocetta, F., Dimiza, M., Frogli, C. *et al.*, 2022. Bioinvasion impacts on biodiversity, ecosystem services, and human health in the Mediterranean Sea. *Aquatic Invasions*, 17 (3), 308-352.
- Simberloff, D., 2001. Inadequate solutions for a global problem? *Trends Ecol. Evol.* 16, 323–324.
- Seebens, H., Blackburn, T.M., Dyer, E.E., Genovesi, P., Hulme, P.E., Jeschke, J.M., Pagad, S., Pyšek, P., Winter, M., Arianoutsou, M., Bacher, S., Blasius, B., Brundu, G., Capinha, C., Celesti-Grappow, L., Dawson, W., Dullinger, S., Fuentes, N., Jäger, H., Kartesz, J., Kenis, M., Kreft, H., Kühn, I., Lenzner, B., Liebhold, A., Mosena, A., Moser, D., Nishino, M., Pearman, D., Pergl, J., Rabitsch, W., Rojas-Sandoval, J., Roques, A., Rorke, S., Rossinelli, S., Roy, H.E., Scalera, R., Schindler, S., Štajerová, K., Tokarska-Guzik, B., van Kleunen, M., Walker, K., Weigelt, P., Yamanaka, T., Essl, F., 2017. No saturation in the accumulation of alien species worldwide. *Nat. Commun.* 8, 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms14435>.
- Keller, R.P., zu Ermgassen, P.S.E., Aldridge, D., 2009. Vectors and timing of nonindigenous freshwater species establishment in Great Britain. *Conserv. Biol.* 23,

- 1526–1534. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01249.x>.
- Essl, F., Dullinger, S., Rabitsch, W., Hulme, P.E., Hülber, K., Jarošík, V., et al., 2011. Socioeconomic legacy yields an invasion debt. *Proc. Natl. Acad. Sci. Unit. States Am.* 108 (1), 203–207.
- Anderson, L.G., White, P.C., Stebbing, P.D., Stentiford, G.D., Dunn, A.M., 2014. Biosecurity and vector behaviour: evaluating the potential threat posed by anglers and canoeists as pathways for the spread of invasive non-native species and pathogens. *PLoS One* 9 (4), e92788.
- Hulme, P.E. (Ed.), 2009. *Handbook of Alien Species in Europe*, vol. 569. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Kapitza, K., Zimmermann, H., Martín-López, B., Von Wehrden, H., 2019. Research on the social perception of invasive species: a systematic literature review. *Neobiota* 43.
- Jeschke, J.M., Strayer, D.L., 2005. Invasion success of vertebrates in Europe and North America. *P. Natl. Acad. Sci. USA* 102, 7198–7202. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501271102>.
- Flood, P.J., Duran, A., Barton, M., Mercado-Molina, A.E., Trexler, J.C., 2020. Invasion impacts on functions and services of aquatic ecosystems. *Hydrobiologia* 847, 1571–1586. <https://doi.org/10.1007/s10750-020-04211-3>.
- Vil`a, M., Basnou, C., Pyšek, P., Josefsson, M., Genovesi, P., Gollasch, S., et al., 2010. How well do we understand the impacts of alien species on ecosystem services? A pan-European, cross-taxa assessment. *Front. Ecol. Environ.* 8 (3), 135–144.
- Baruch-Mordo, S., Breck, S.W., Wilson, K.R., Broderick, J., 2011. The carrot or the stick? evaluation of education and enforcement as management tools for human-wildlife conflicts. *PLoS One* 6 (1).
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., De Poorter, M., 2000. 100 of the World's Worst Invasive Alien Species: a Selection from the Global Invasive Species Database, vol. 12. Invasive Species Specialist Group, Auckland.
- Ricciardi, A., MacIsaac, H.J., 2011. Impacts of biological invasions on freshwater ecosystems. *Fifty Years Invasion Ecol.: Legacy Charles Elton* 1, 211–224.
- Sala, O.E., Chapin, F.S., Armesto, J.J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Leemans, R., 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287 (5459), 1770–1774.
- Emery-Butcher, H.E., Beatty, S.J., Robson, B.J., 2020. The impacts of invasive ecosystem engineers in freshwaters: a review. *Freshw. Biol.* 65 (5), 999–1015.
- Zenetos, A., Albano P.G., Pòpez Garcia, Stern, N., Tsiamis, K. *et al.*, 2022. Established non-indigenous species increased by 40% in 11 years in the Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 23 (1), 196–212.
- European Commission, 2016. In: Union, E. (Ed.), *Adopting a List of Invasive Alien Species of Union Concern Pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council*, pp. 5 2016–1141.

- European Commission, 2017. In: Union, E. (Ed.), Commission Implementing Regulation (EU) 2017/1263 of 12 July 2017 Updating the List of Invasive Alien Species of Union Concern Established by Implementing Regulation (EU) 2016/1141 Pursuant to Regulation (EU) No 1143/2014 of the European Parliament and of the Council, 37- 39 2017/4755.
- European Commission, 2019. In: Union, E. (Ed.), Commission Implementing Regulation (EU) 2019/1262 of 25 July 2019 Amending Implementing Regulation (EU) 2016/ 1141 to Update the List of Invasive Alien Species of Union Concern, 1-4 2019/5360.
- Gurevitch, J., Padilla, D.K., 2004. Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends Ecol. Evol.* 19, 470–474
- Oliverio, M., Taviani, M., 2003. The Eastern Mediterranean Sea: tropical invasions and niche opportunities in a “Godot Basin”. *Biogeographia* 24, 313–327.
- Rosenzweig, M., 2001. The four questions: what does the introduction of exotic species do to diversity? *Evol. Ecol. Res.* 3, 361–367.
- Olden, J.D., LeRoy Poff, N., 2003. Towards a mechanistic understanding and prediction of biotic homogenization. *Am. Nat.* 162, 442–460.
- Ruiz, G.M., Fofonoff, P.F., Hines, A.H., Grosholz, E.D., 1999. Nonindigenous species as stressors in estuarine and marine communities: assessing invasion impacts and interactions. *Limnol. Oceanogr.* 44, 950–972.
- Banha, F., Diniz, A. M., Del Amo, R. O., Oliva-Paterna, F. J., & Anastácio, P. M. (2022). Perceptions and risk behaviors regarding biological invasions in inland aquatic ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 308, 114632.
- Didham, R.K., Tylianakis, J.M., Hutchinson, M.A., Ewers, R.M., Gemmill, N.J., 2005. Are invasive species the drivers of ecological change. *Trends Ecol. Evol.* 20, 470–474.
- Bianchi, C.N., Morri, C., 2000. Marine biodiversity in the Mediterranean Sea: situations, problems and prospects for future research. *Mar. Poll. Bull.* 40, 367–376.
- Occhipinti-Ambrogi, A., Savini, D., 2003. Biological invasions as a component of global change in stressed marine ecosystems. *Mar. Poll. Bull.* 46, 542–551.
- Galil, B.S., 2006. The marine caravan – the Suez Canal and the Erythrean invasion. In: Gollasch, S., Galil, B.S., Cohen, A.N. (Eds.), *Bridging Divides: Maritime Canals as Invasion Corridors*. *Monographiae Biologicae* 83. Springer, pp. 207–300.
- Tortonese, E., 1973. Facts and perspectives related to the spreading of Red Sea organisms into the eastern Mediterranean. *Annali del Museo Civico di Storia Naturale di Genova* 79, 322–329.
- Galil, B. S., Danovaro, R., Rothman, S. B. S., Gevili, R., & Goren, M. (2019). Invasive biota in the deep-sea Mediterranean: an emerging issue in marine conservation and management. *Biological Invasions*, 21, 281–288.
- Genovesi, P., Carboneras, C., Vil`a, M., Walton, P., 2015. EU adopts innovative legislation on invasive species: a step towards a global response to biological invasi-

- ons? *Biol. Invasions* 17, 1307–1311. <https://doi.org/10.1007/s10530-014-0817-8>.
- Galil, B. S. (2007). Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 55(7-9), 314-322.
- Heger, T., Saul, W. C., & Trepl, L. (2013). What biological invasions ‘are’ is a matter of perspective. *Journal for Nature Conservation*, 21(2), 93-96.
- Agostinho, A. A., Suzuki, H. I., Fugi, R., Alves, D. C., Tonella, L. H., & Espindola, L. A. (2015). Ecological and life history traits of *Hemiodus orthonops* in the invasion process: looking for clues at home. *Hydrobiologia*, 746, 415-430.
- Richardson, D.M., Pyšek, P. & Carlton, J.T. (2011) A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology. Fifty years of invasion ecology. The legacy of Charles Elton (ed. by D.M. Richardson), pp. 409–420. Wiley-Blackwell, Oxford.
- Minchin D, Gollasch S (2003) Fouling and ships’ hulls: how changing circumstances and spawning events may result in the spread of exotic species. *Biofouling* 19:111–122
- Gollasch S, Galil BS, Cohen AN (eds) (2006) Bridging divides: maritime canals as invasion corridors. *Monogr Biol* 83
- Minchin D (2007) Aquaculture and transport in a changing environment: overlap and links in their spread of alien biota. *Mar Pollut Bull* 55:302–313
- Chapman JW, Miller TW, Coan EV (2003) Live seafood species as recipes for invasion. *Conserv Biol* 17(5):1386–1395
- Callaway JC, Zedler JB (2004) Restoration of urban salt marshes: Lessons from southern California. *Urban Ecosyst* 7:133–150
- Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics*, 52, 273–288.
- Bradshaw, C. J. A., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier A., . . . Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature Communications*, 7, 12986. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/ncomms12986>
- Hiatt, D., Serbesoff-King, K., Lieurance, D., Gordon, D. R., & Flory, S. L. (2019). Allocation of invasive plant management expenditures for conservation: Lessons from Florida, USA. *Conservation Science and Practices*, 1, e51. Retrieved from <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/csp2.51>
- Blackburn, T. M., Pyšek, P., Bacher, S., Carlton, J. T., Duncan, R. P., Jarošík, V., ... & Richardson, D. M. (2011). A proposed unified framework for biological invasions. *Trends in ecology & evolution*, 26(7), 333-339.
- Heger, T., Saul, W. C., & Trepl, L. (2013). What biological invasions ‘are’ is a matter of perspective. *Journal for Nature Conservation*, 21(2), 93-96.

- Ricciardi, A. (2004). Assessing species invasions as a cause of extinction. *Trends in Ecology & Evolution*, 19(12), 619.
- Breithaupt, H. (2003). Aliens on the shores: Biodiversity and national economies are being threatened by the invasion of non-native species. *EMBO reports*, 4(6), 547-550.
- Russell, J.C., Blackburn, T.M., 2017. The rise of invasive species denialism. *Trends Ecol. Evol.* 32 (1), 3–6.
- Carlton, J. T., & Geller, J. B. (1993). Ecological roulette: the global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, 261(5117), 78-82.
- Carlton, J. T. (1989). Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implications for conservation of near-shore environments. *Conservation biology*, 3(3), 265-273.
- Streftaris, N., & Zenetos, A. (2006). Alien marine species in the Mediterranean-the 100 'Worst Invasives' and their impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1), 87-118.
- Agostinho, A. A., Suzuki, H. I., Fugi, R., Alves, D. C., Tonella, L. H., & Espindola, L. A. (2015). Ecological and life history traits of *Hemiodus orthonops* in the invasion process: looking for clues at home. *Hydrobiologia*, 746, 415-430.
- Bašić, T., Copp, G. H., Edmonds-Brown, V. R., Keskin, E., Davison, P. I., & Britton, J. R. (2019). Trophic consequences of an invasive, small-bodied non-native fish, sunbleak *Leucaspis delineatus*, for native pond fishes. *Biological invasions*, 21, 261-275.
- Gallardo, B., Clavero, M., Sánchez, M. I., & Vilà, M. (2016). Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global change biology*, 22(1), 151-163.
- Ruiz, G. M., Carlton, J. T., Grosholz, E. D., & Hines, A. H. (1997). Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences. *American zoologist*, 37(6), 621-632.
- Richardson, D. M., & Ricciardi, A. (2013). *Misleading criticisms of invasion science: a field guide*.
- Hill, J. E. (2008). *Non-native species in aquaculture: terminology, potential impacts, and the invasion process*. Stoneville, Mississippi: Southern Regional Aquaculture Center.
- Leppäkoski, E., Gollasch, S., Gruszka, P., Ojaveer, H., Olenin, S., & Panov, V. (2002). The Baltic a sea of invaders. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(7), 1175-1188.
- Tarkan, A. S. (2013). Yabancı Tatlısu Balıklarının Dünyada Ve Türkiye'de Giriş Yolları, Etkileri Ve Bunlardan Korunma Yöntemleri. *Meriç Albay*, 28, 63-104.
- Minchin D, Gollasch S (2003) Fouling and ships' hulls: how changing circumstances and spawning events may result in the spread of exotic species. *Biofouling* 19:111–122

- Gollasch S, Galil BS, Cohen AN (eds) (2006) Bridging divides: maritime canals as invasion corridors. *Monogr Biol* 83
- Minchin D (2007) Aquaculture and transport in a changing environment: overlap and links in their spread of alien biota. *Mar Pollut Bull* 55:302–313
- Minchin, D., Gollasch, S., Cohen, A. N., Hewitt, C. L., & Olenin, S. (2009). Characterizing vectors of marine invasion. In *Biological invasions in marine ecosystems: Ecological, management, and geographic perspectives* (pp. 109-116). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Chapman, J. W., Miller, T. W., & Coan, E. V. (2003). Live seafood species as recipes for invasion. *Conservation Biology*, 17(5), 1386-1395.
- Piria, M., Simonović, P., Kalogianni, E., Vardakas, L., Koutsikos, N., Zanella, D., ... & Joy, M. K. (2018). Alien freshwater fish species in the Balkans—Vectors and pathways of introduction. *Fish and fisheries*, 19(1), 138-169.
- Iannone III, B. V., Carnevale, S., Main, M. B., Hill, J. E., McConnell, J. B., Johnson, S. A., ... & Baker, S. M. (2020). Invasive species terminology: Standardizing for stakeholder education. *The Journal of Extension*, 58(3), 27.