

SU ÜRÜNLERİ ALANINDA

DİSİPLİNERARASI SEÇİLMİŞ
YENİ BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

EDİTÖR:
PROF. DR. ALİ BİLGİLİ



BİDGE Yayınları

**Su Ürünleri Alanında Disiplinlerarası Seçilmiş Yeni Bilimsel
Çalışmalar**

Editör: ALİ BİLGİLİ

ISBN: 978-625-8821-12-3

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 2026-06-25

BİDGE Yayınları

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

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

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

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

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



İÇİNDEKİLER

YILAN BALIĞI YAŞAM DÖNGÜSÜ	1
<i>MUSTAFA ÜSTÜNDAĞ</i>	
SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE GIDA SAHTECİLİĞİ	19
<i>HASAN BASRİ ORMANCI</i>	
ÖNEMLİ BAZI ALABALIK TÜRLERİ VE ALT TÜRLERİN GENEL BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ	63
<i>MÜCAHİT YÜNGÜL, ZÜHAL KARAMAN, MUSTAFA DÖRÜCÜ</i>	
MORPHOLOGICAL VARIATION OF THE CAPOETA BANARESCUI (TURAN ET AL., 2006) POPULATION IN IYIDERE STREAM, NORTH-EAST ANATOLIA	116
<i>MEHMET KOCABAŞ, FİLİZ KUTLUYER KOCABAŞ, MEHMED YUNUS MENGEN</i>	

BÖLÜM 1

YILAN BALIĞI YAŞAM DÖNGÜSÜ

MUSTAFA ÜSTÜNDAĞ¹

Giriş

Yılan balıkları dünyamızın çok değişik denizlerinde ve bunlara dökülen akarsular ile lagüner göllerde, drenaj ve sulama kanallarında değişik türleri bulunan son derece ekonomik balıklardır. Yılan balıkları ilginç yaşam, davranışları ve şekilleri ile çok uzun yıllardır insanların dikkatlerini üzerlerine toplamışlardır (Küçük & ark., 2018). Yılan balıkları üzerinde birçok konu ele alınmış ise de bu balıkların üremesi ve gerçek hayat hikâyeleri uzun bir süre sır olarak kalmıştır. Ülkemiz açısından önem taşıyan Avrupa yılan balığı, özellikle Ege ve Akdeniz'e dökülen akarsularla bunların bağlantılı olduğu doğal göller ve baraj gölleri, lagünler ile sulama ve drenaj kanallarında bol miktarda bulunur.

Katadrom Göç ve Üreme Alanları

Yılan balıkları yaşamları süresince oldukça uzun süren bir göç eylemleri vardır. Bu göçe daha çok üreme, beslenme ve gelişme yerlerinin farklı oluşu sebep olmaktadır. Yılan balıklarının üremeleri

¹ Dr Öğretim Üyesi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Muradiye Meslek Yüksekokulu, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Orcid: 0000-0002-2990-4981

denizlerde, beslenmeleri ve büyüyüp gelişmeleri ise acı ve tatlı sularda olmaktadır. Bu nedenle yılan balıkları katadrom balıklar olarak bilinirler (Miller, 2016). Yılan balıkları üremek için, denizin orta tabakalarına veya yüksek sıcaklığa ve tuzluluk rejimine sahip okyanuslara ulaşmak için, uygun yılan balıklarının ölümüyle sonuçlanan bir uzun zahmetli göç üstlenirler (Righton & ark., 2016). Yılan balıklar biyolojisinin göze çarpan en önemli özelliği, Avrupa'nın iç sularından yumurtlama alanı olan Sargasso Denizine 7000 km'yi geçen özellikle Danimarkalı biyolog ve okyanus bilimci Ichanes Schmidt tarafından 1992 yılında keşfedilen katadrom göçleridir. Japon yılan balıklarının üreme alanı 20° ve 28° enlemler arasında Kuzey yarım kürede bulundurmaktadır. Japon yılan balıkları bunun yanı sıra Ryukyu'ya ve Ogasawara Adalarına yakın olan deniz çanağına yumurtlamaktadırlar. Bu üreme alanı güney ve kuzey Daito Adaları arasında Ryukyu boğazı ile ayrılan Okivawa'dan doğu Tayvan'a ve Lhasa Adaları'na geçen bölgeyi kapsar (Otake & ark., 2019). Yumurtlama bahar mevsiminin başlaması ile başlar ve yaz ayının ortalarına kadar 5 ay süre ile devam eder. Japon yılan balıklarının yumurtlaması ve kuluçkalaşması 400–500 m derinlikte gerçekleşir (Higuchi & ark., 2020). Suyun sıcaklığı bu derinlikte 16–17° C ve tuzlulukta ‰35'tir. Bu sıcaklık ve tuzluluk değerleri uygun Japon yılan balıkları için söylenen en uygun yumurtlama ve kuluçkalaşma şartıdır (Manabe & ark., 2011). Avrupa yılan balıkları ise Sargasso denizinde yaklaşık 400- 700 m derinlikte, ‰34–35 tuzluluk ile 15–17°C su sıcaklığında ve denizin orta su kesiminde bu özel fizikoşimik ortamda yumurtalarını bırakırlar. Bir dişi yılan balığı 7000000- 13000000 arası planktonik yumurta bırakır. Bu yumurtaların her birinin çapları yaklaşık 1 mm boyundadır. Bu planktonik yumurtalar okyanusun ortasında kuluçkalaşır. Başka bir deyişle yumurtalar hiçbir zaman için denizin dibinde kuluçkalaşmaz. Yumurtadan çıkma oldukça kısa bir sürede gerçekleşir. Avrupa yılan balıklarına döllenmiş yumurtalar (pelajik yumurta) yükselerek yüzeye yakın bir şekilde yüzmeye

başlar. Bu yumurtalardan yaklaşık olarak 24 saat sonra 5 mm Boyunda ön-larvalar çıkar. (Politis, 2018) Japon yılan balıklarında yumurtadan çıkan larvaların boyları yaklaşık olarak 6 mm boyundadır. Yumurtadan çıktıktan hemen sonra, larvalar denizin üst tabakalarına doğru yükselir ve 7- 15 mm'ye kadar büyür. 100- 300 m derinlikte bir araya gelirler. Daha iyi gelişim göstermek için 30 m'ye çıkarlar. Gündüz 30 m'de ve gece ise 0- 30 m arasında kalırlar. Bu dikey göçte, dağınık bir şekilde çeşitli yönlerde yüzeysel akımlara bağlı olarak yumurtlama alanından ayrılırlar (Morgan & ark., 2018). Yumurtlama ve erken gelişim evresinin ardından larvalar, yaşam döngülerinin bir sonraki aşaması olan uzun okyanus göçü sürecine geçmektedir.

Leptocephalus Dönemi ve Okyanus Göçü

Yumurtadan çıkan larvalar kısa bir süre sonra göçe başlamaktadırlar ve gündüzleri 50 m dolaylarında geceleri ise 20- 10 m dolaylarındaki derinliklerde bulunurlar. Yumurtadan çıkan ilk yavru yılan balıkların “leptocephalus” denilmektedir (Righton & ark., 2021). Yılan balıklarının yaşamları boyunca beslenme şekilleri değişse de leptocephaluslar planktonlarla beslenmekte oldukları düşünülmektedir. Bu beslenmenin pasif olarak yapıldığı tahmin edilmektedir. Avrupa yılan balıklarında leptocephaluslar Gulf-Stream akıntıları ile yaklaşık olarak günde 10–16 km hızla kuzeye doğru sürüklenerek göç hareketine başlarlar. Bu göç esnasında ise pasif olarak beslendikleri tahmin edilmektedir. Düzgün çizgi şeklindeki göçte larvalar 7 cm/s hızla yüzmektedirler.

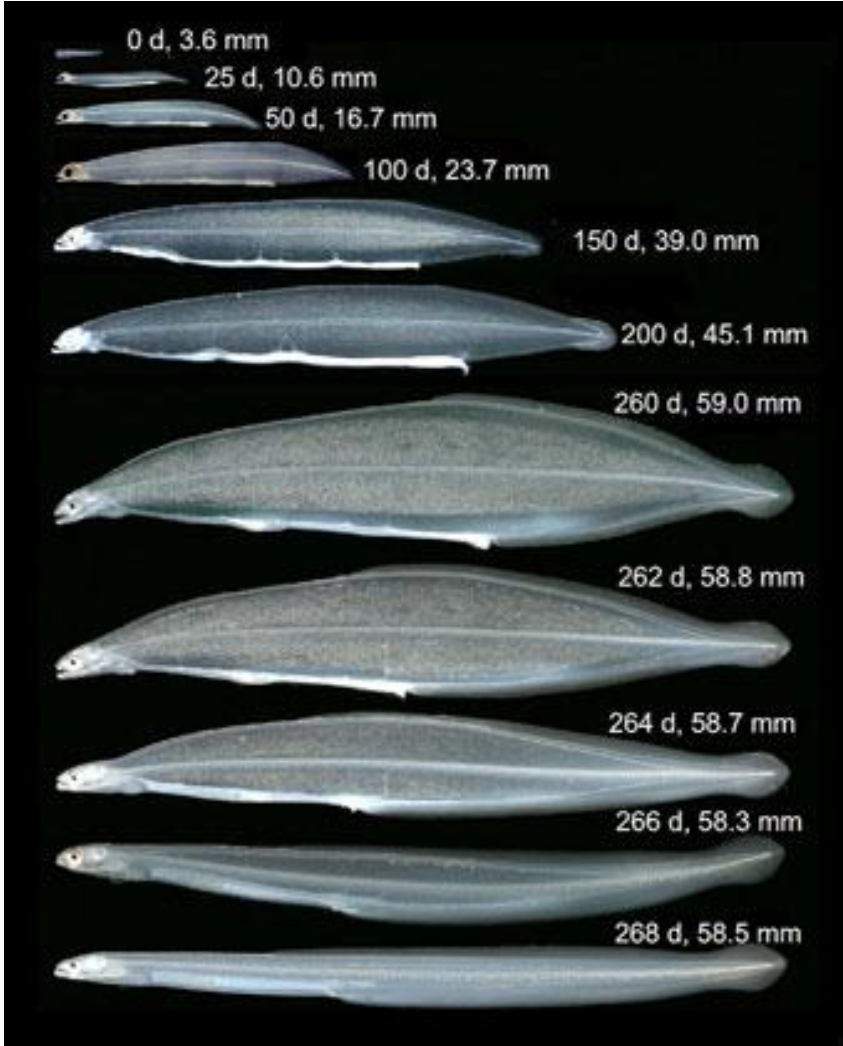
Leptocephaluslar çevresel koşullardaki değişime karşı çok az toleransa sahiptirler ve daha fazlası çok aktif değildirler. Bu nedenle eğer çevre koşulları uygun değilse hızla ölürlar (Bonhommeau & ark., 2009). Avrupa yılan balığı leptocephalusları beşinci aydan itibaren yavaş yavaş defneyaprağı şeklini almaya başlarlar. Özellikle 10.-18. aylar arasında artık larva tam anlamıyla

“defneyaprağı” Şeklini almıŐtır. Larvaları yollarına devam ederken gelişmelerini de tamamlarlar. Bu geliŐmede yuzgeçlerin geliŐmesi ve diŐlerin durumu belirli dđnemlerde oluşur. Bu durum bizlere larvanın yaşını anlamada yardımcı olur. Defneyaprağı Şeklinde olan yılan balıkları metamorfoza uğrayarak “cam yılan balığı” dđnemine geçerler (Righton & ark., 2021). Cam yılan balıkları Őeffaf ve Şekli daha çok olgun yılan balığına benzeyen bir canlıdır. Cam yılan balığında pigmentleŐme olmamıŐtır yani cam yılan balığı henüz renklenme olmamıŐtır. Cam yılan balıkları içi gđrđnen bir yapıdadır, bu yuzden bu balıklara cam yılan balığı denilmiŐtir. Bu larval dđnem boyunca gerçekteŐen geliŐimsel değişimler, bireylerin cam yılan balığı ve ardından elver evresine dđnüşmesinin temelini oluşturmaktadır.

Cam Yılan Balığı ve Elver Dđnemine Geçiş

Avrupa yılan balıkları yumurtadan çıktıktan 3 yıl sonra kıtaya ulaşırlar. Haziran ayında ilk yılda yapılan ölçümdede büyüme 25mm, ikinci yılda 53mm, üçüncü yılda 75mm'dir. İkinci yılın sonlarında leptocephalus iken Avrupa yılan balıkları sonra üçüncü yılda metamorfoz geçirerek “elver” olurlar (Bevacqua, 2009). Avrupa yılan balıklarında larvaların leptocephalus dđneminde elver dđnemine geçiŐleri sonbaharda kıyılara yaklaŐtıklarında orta derin sularda vuku bulur. Bu deđiŐiklikte yaprak Şeklinde olan larvalar silindir Şeklini almaktadırlar ağırlığı azalır ve sindirim organları kısılır. Larva dişleri yerine gerçekte dişlere sahip olurlar (Sudo & ark., 2024). Leptocephalus safhasında normal yılan balığı dđnemine geçişte yılan balıkların da birçok değişiklikler izlenir (Şekil 1). Değişim dđneminde belirgin olarak en dikkati çeken konu pigmentleŐme veya renklenme olayıdır.

Şekil 1 Çeşitli boylardaki Avrupa yılan balıkları



Kaynak: Miller, M. J. (2009). *Ecology of anguilliform leptocephali: remarkable transparent fish larvae of the ocean surface layer. Aqua-BioScience Monographs*, 2(4), 1-94.

Morfolojik değişimlerin en önemlisi leptocephalus safhasında yaprak şeklinde olan larvaların, bildiğimiz yılan balığı şeklini almalarıdır. Larva döneminde vücut yüksekliği çok fazla, eni

ise çok ince olan larva ileride yuvarlağa yakın bir şekil alacaktır. Ayrıca uzunluk ve ağırlık bakımından da önemli değişiklikler izlenir. Özellikle leptocephalus safhasından elver tabir ettiğimiz nehirlere yılan balıklarının girdiği form olan elver haline geçişte ağırlıkta önemli azalmalar izlenmektedir. Şöyle ki leptocephalus safhasında olan (tanesi yaklaşık 1,5 gr) 75 mm'dir. Boyundaki larvaların hemen hemen 700 tanesi 1 kg gelir iken elver haline geçmiş aynı boydaki larvaların hemen hemen 10 misli vücut ağırlıklarından kaybettikleri ve 7000 tanesinin 1 kg geldiği görülür. Bu kaybın nedeni leptocephalus safhasından elver safhasına geçen larvaların su kaybetmeleridir. Metamorfozun tamamlanmasıyla birlikte genç bireyler kıyısız alanlara yönelerek tatlı sulara giriş sürecini başlatmaktadır.

Elverlerin Tatlı Sulara Göçü

Çok uzun ve zahmetli bir yolculuktan sonra iç sulara giren yılan balıkları ulaşmak istedikleri yerlere giderken tatlı su ağızlarında yaklaşık 1 km uzunluğunda, 1 m eninde ve 0,5 m yüksekliğinde milyonlarca yavrudan oluşan çok büyük bir sürü oluştururlar. Canlı ve çevik hareketli olarak kıyıya yaklaşan elverler kıyı boyunca hareketlerine devam ederler. Ekim ayında İspanya kıyılarında görülen larvalar mayıs ayında Baltık Denizi'ne ulaşırlar. Leptocephaluslar kıyıya yaklaşır ve kıyıya yakın yerlerde büyürler (McCleave, 1993). Bu bölümde göze çarpan en önemli özelliklerden biride yüzgeçlerin gelişimidir. Japon yılan balıkları yumurtadan çıktıkları bir sene içerisinde nehirlere girerler. Kıyıya yakın sularda kalırlarken, sonbaharda metamorfoz geçirirler. Vücut şekilleri düz şekilden silindirik bir şekil alır ve bu oluşumda boy ve ağırlık kaybı yaşanır. Bu olay su kaybından kaynaklanır. Bağırsaklar kısılır ve larva dişlerinin yerini gerçek dişler alır. Yılan balıkları metamorfozdan sonra kendilerini denizin kıyıya yakın olan kısmında denizin dibine çamurlu zemine gömerler veya kendilerine çakıl taşları ve kayalardan sığınak yaparlar. Bu durumda nehir sularının

sıcaklığının artmasını beklerler. Su sıcaklığı kış aylarında nehirlerde kıyı su sıcaklığından daha düşüktür. Nehirlerde suyun ısınmasının anlamı kıyı suları ile nehir suları arasındaki sıcaklık farkının kaybolmasıdır. Japonya’da elverlerin en fazla nehirlere giriş yaptığı aylar Şubat- Mart aylarıdır ama Ekim ayının ortalarında itibaren nehirlere girmeye başlarlar ve mayıs ayına kadar devam eder. Çoğunlukla nehirlere gece girerler. Güneş battığında aktif hale gelirler ve tam medcezir zamanında nehirlere girerler. En yüksek nehirlere giriş oranı güneş battıktan sonraki üç saat içerisindeydir. Elverlerin tatlı suya girişinde suyun sıcaklığı, kokusu, konsantrasyonu, tuzluluğu, akış hızı, rüzgâr ve ışık gibi pek çok etmen etkilidir. Genellikle su sıcaklığının 8°C’nin üzerine çıktığı dönemlerde nehir ağızlarından iç sulara giriş yaparlar. Eğer su sıcaklığı düşükse nehir ağızlarında beklerler. Göç yollarında ise bir kokuyu takip ederek yön buldukları tahmin edilmektedir. Elverler nehirlere girdikleri dönemde iken oldukça hassas olmalarına rağmen yollarındaki bütün engellerin üstesinden geldikleri söylenebilir. Sular sığ olsa bile elverler nehirlere hızla giriş yaparlar. Bütün engellerin üstesinden gelerek yollarını bulmayı denerler ve birçok aksamadan sonra son derece başarılı bir şekilde yükselmeyi başarırlar. Yılan balıklarının en dikkate değer dayanıklılığı barajların yüksek engellerini geçerken görülebilir. Avrupa yılan balığı larvalarının denizlerde geçen yolculuğu ve değişik ülke karasularına ulaşma süresi kuşkusuz farklılıklar gösterir (Bonhommeau & ark., 2009). Örneğin; Kuzey İrlanda, İngiltere, İskoçya, Belçika, Danimarka, Almanya ve Norveç gibi Kuzey Avrupa ülkeleri akarsularına ulaşmaları genellikle su sıcaklığının 8°C üzerine çıktığı Nisan- Mayıs aylarında olur (Tablo 1). Bu dönemde balıkların 3500 tanesi 1 kg gelir. Buna karşın Portekiz ve İspanya kıyılarına genellikle Aralık- Ocak aylarında ve 2700 tanesi 1 kg ağırlıkta iken ulaşırlar. Fransa kıyılarına varışları şubat ayını bulur ve 2800 tanesi 1 kg gelir. Ülkemiz sularına ulaşması daha sonraki tarihlerde, daha geç dönemlerde ve daha büyük boylarda olur. Bu dönem genellikle

Mart- Mayıs ayları arasındadır. Nehirlere giriş sürecinin ardından bireyler büyüme ve gelişmelerini sürdürürken türler arasında çeşitli morfolojik farklılıklar da ortaya çıkmaktadır.

Tablo 1 Avrupa yılan balığında (Anguilla anguilla) cam yılan balığı (glass eel) ve sarı yılan balığı (yellow eel) giriş indekslerinin 1960–1979 referans dönemine göre değişimi (1980–2024)

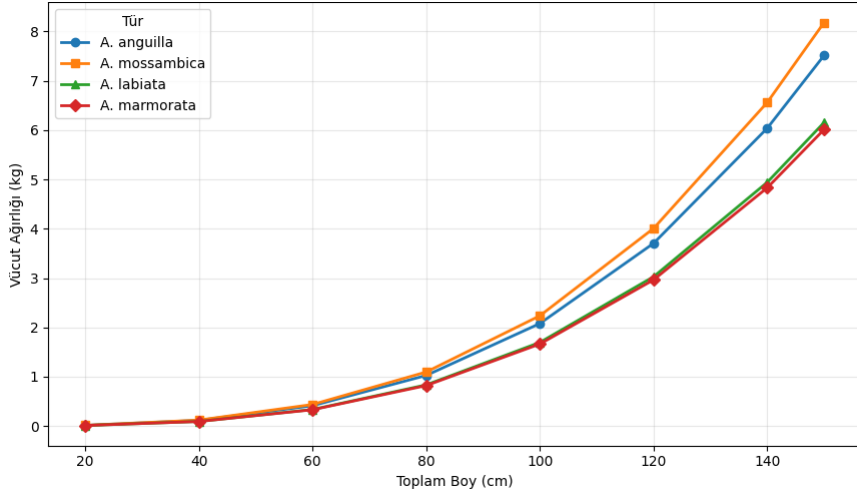
Gösterge	2023	2024
Cam yılan balığı (Glass eel) giriş indeksi – Kuzey Denizi	%0,5	%1,1
Cam yılan balığı (Glass eel) giriş indeksi – Avrupa'nın diğer bölgeleri (Loire ve Fransa dahil)	%7,4	%7,2
Sarı yılan balığı (Yellow eel) giriş indeksi	%11,4	Veri henüz tamamlanmamıştır
Avrupa yılan balığı stok durumu	Kritik	Kritik

Kaynak: Durif, C. M. F., Amilhat, E., Dekker, W., O'Leary, C., Walker, A. M., Wickström, H., & WGEEL Members. (2025). Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL) Report 2025. International Council for the Exploration of the Sea (ICES). <https://doi.org/10.17895/ices.pub.29909945>

Türler Arası Boy ve Ağırlık Farklılıklar

Avrupa'nın en önemli nehirlerinden biri olan Loire'de farklı aylarda yakalanan yılan balıklarının ton olarak dağılım görülmektedir (Grafik 1). Loire nehrinde özellikle mart ve nisan aylarında Avrupa yılan balıklarının ulaştığı görülmektedir. Ayrıca farklı türler uzunluk ve ağırlık bakımından da farklılık gösterir. Bir türün elver olgun dişisi ile diğer bir türün olgun erkeği arasında uzunluk ağırlık farkı olması muhtemeldir. Örneğin; Avrupa yılan balığı yaklaşık 2 kg iken 100 cm civarında bir boya sahiptir. Fakat bir Afrika yılan balığı türü olan *Anguilla mossambica* yaklaşık 4 kg iken 110 cm uzunluğa sahiptir (Righton & ark., 2021). Diğer bir Afrika yılan balığı türü *Anguilla marmorata* ise 135 cm uzunlukta 10 kg'a kadar ulaşabilmektedir. Tatlı sularda geçen büyüme döneminin önemli bir kısmı sarı yılan balığı evresi olarak tanımlanmaktadır.

Grafik 1 Avrupa yılan balığı (Anguilla anguilla) ile bazı Afrika kökenli yılan balığı türlerinde (A. mossambica, A. labiata ve A. marmorata) boy–ağırlık ilişkisinin $W = aL^b$ denklemlerine göre karşılaştırılması.



Kaynak: Froese, R., Thorson, J. T., & Reyes, R. B. (2014). A Bayesian approach for estimating length–weight relationships in fishes. Journal of Applied Ichthyology, 30(1), 78–85.

Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2025). FishBase. World Wide Web electronic publication.

Hesaplamalarda FishBase’te verilen Bayesian length–weight parametreleri kullanılmıştır. Parametreler sırasıyla A. anguilla için $a = 0.00095, b = 3.17$; A. mossambica için $a = 0.00089, b = 3.20$; A. labiata için $a = 0.00074, b = 3.18$; A. marmorata için $a = 0.00076, b = 3.17$ ’dir.

Sarı Yılan Balığı Dönemi ve Tatlı Sulardaki Yaşam

Tatlı sulara giriş dönemlerinde elverlerin renkleri siyahımsı bir renge dönüşür. Bu evrede beslenme, böcek, kurtlar, planktonik organizmalar ve küçük canlılar tarafından sağlanır. Hızla büyüyen elverlerin renkleri önce kahverengi, zeytin yeşili olur. Daha sonra sarımsı bir renk alır. Pimentasyon tamamlandığında ise artık yılan balıkları “sarı yılan balığı” dönemine geçmişlerdir. Genellikle tatlı sularda kaldıkları sürelerin büyük bir bölümünü sarı yılan balığı

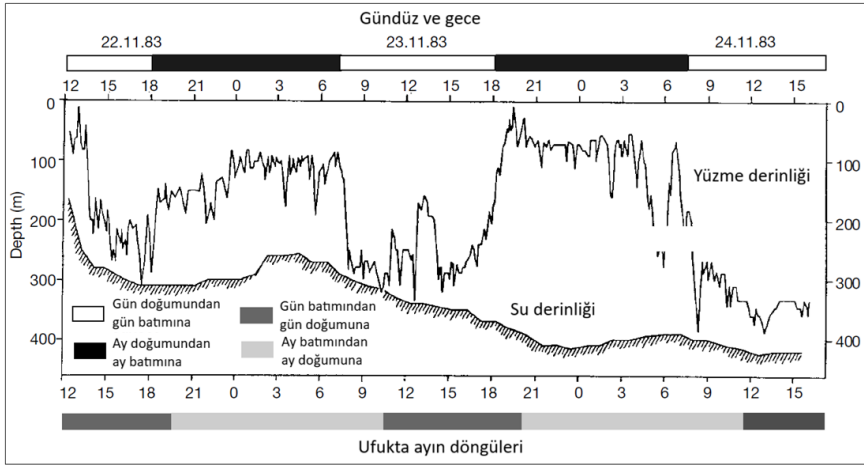
olarak geçirirler. Yılan balıkları gidecekleri son yere ulaştıklarında çamurda sürünme hareketi gösterirler veya yarıkların içinde, taşların altında gündüz yatarlar ve sadece gece beslenmeye çıkarlar (Itakura & ark., 2017). Beslenmeleri yoğun olarak bahardan sonbahara kadar olan dönemde artar ve sonbaharın başlarında hızla büyür. Su sıcaklığı 15°C'nin altına düştüğünde ise beslenmeleri aniden düşer. 10°C'nin altına düştüğünde ise beslenme tamamen durur. 28°C'nin üzerinde ise iştahları yeniden kesilir. Bu aşamada vücutlarındaki yağ oranı %10 -15 arasında değişim gösterir. Nehirlerde ve göllerde yaşayan Japon yılan balıkları bahar mevsiminin sonundan yaz mevsiminin sonuna doğru yüksek kesimlere ve kaynaklara doğru çıkarlar. Sıcaklık eylülün ortalarına doğru düştüğünde bazı Japon yılan balıkları geri çekilerek aşağı hareket eder. Göç yağmurlu zamanlarda hareketlidir. Büyüme ve yağ depolama sürecinin ilerlemesiyle bireyler üreme göçüne hazırlık sağlayan gümüşleşme evresine geçmektedir.

Gümüş Yılan Balığı Dönemi ve Eşeyssel Olgunlaşma

Erkek bireyler 3- 4 yılda dişi bireyler ise bir yıl sonra olgunluğa ulaşır (Rad, 2013). Daha sonra yavaş yavaş vücut rengi parlaklığını kaybederek hızlı bir gelişim meydana gelir. Balıkların özellikle karın bölgesi renkleri de gümüşü bir yapı kazanır ve bu safhaya da “gümüş yılan balığı” denir. Vücuttaki yağ oranı bilindiği gibi %25- 28'lere yükselir ve eşeyssel olgunluk tam olarak kazanılır. Fakat hiçbir zaman tatlı sulardan çıkış anında olgun ovaryum ve testislere rastlanmaz. Testislerin ve ovaryumun oluşumu denize doğru yapılan göç sırasında gerçekleşir. Gümüşü yılan balığı döneminde balıklarda önemli değişimler olur. Örneğin yanal çizgi iyice belirginleşir, gözler büyür ve genişler, burun daralır ve sivrileşir, gonad gelişimi hızlanır ve balıkların sindirim kanalı küçülür. Vücudun üst kısmı genellikle gri, bazen erguvanî bir renk alır. Bu aşamaya balıkları genellikle 8- 13 yaş arasında ulaşırlar. Ama herhangi bir nedenle bir yere hapis olup kalırlarsa 25–30 yıl kadar

yaşayabilirler. Böyle durumda 4–6 kg canlı ağırlığa da ulaşabilirler. Japon yılan balıklarında ventral yan açık turuncu ve pektoral yüzgeçleri altın sarısıdır. Bu rengi aldıktan sonra, denize doğru göçe başlarlar (Kotake & ark., 2005). Yılan balıklarının denize inmesi ve iniş periyodu kuzey bölgelerde güney bölgelerden daha erkendir. Eşeyssel olgunluğun kazanılmasıyla birlikte yaşam döngüsünün son büyük aşaması olan üreme göçü başlamaktadır.

Grafik 2 Üreme göçü sırasında bir Avrupa yılan balığının (Anguilla anguilla) günlük dikey göç davranışı ve yüzme derinliğindeki değişimler.



Kaynak: Tesch, F.-W. "The Eel", Blackwell Science Ltd, a Blackwell Publishing Company, Berlin, 408s., (2003)

Daha sonraki telemetri çalışmaları, Avrupa yılan balıklarının üreme göçü sırasında gündüz daha derin, gece ise daha sığ sularda bulunarak düzenli dikey göç davranışı sergilediklerini doğrulamıştır. Güncel araştırmalarda bireylerin zaman zaman 800–1000 m'nin üzerindeki derinliklere kadar inebildikleri bildirilmiştir.

Üreme Göçü ve Yaşam Döngüsünün Tamamlanması

Yılan balıklarının denizlere üremek üzere yaptığı göçlerde ise en dikkat çekici olan unsur gece daha fazla aktif oldukları ve dolayısıyla daha fazla yol aldıklarıdır. Geceleri daha fazla dağılarak ve daha derinlere giderek daha çok yol kat ettikleri gözlenmiştir (Grafik 2). Denizlere doğru göçte göze çarpan en önemli unsur ise balıkların yağ oranının yaklaşık olarak %30 civarlarında olmasıdır. Bunun sebebi ise bu balıkların göç sırasında beslenmemeleridir. Yani yılan balıkları denizlere tekrar üremek için göç ettikleri dönemde besin almayı keserler ve vücutlarına depolamış oldukları yağlardan faydalanırlar (Belpaire & ark., 2019). Yılan balıkları denizlere göçleri sırasında günde yaklaşık 8–32 knot yol kat edebilirler. Eğer çevre koşulları iyi olursa günde 30- 60 knot yol kat edebilirler. Uzun süren göçten sonra üreme alanlarına gelen yılan balıkları, yumurtalarını bırakırlar ve yumurtalarını bıraktıktan sonra öldükleri tahmin edilmektedir. Böylece yılan balıkları yaşam döngülerini tamamlayarak yeni neslin oluşmasını sağlayan üreme sürecini gerçekleştirmektedir.

Genel Değerlendirme ve Sonuç

Yılan balıkları (Anguillidae), yaşam döngüleri, göç davranışları ve biyolojik özellikleri bakımından sucul canlılar içerisinde en dikkat çekici balık gruplarından birini oluşturmaktadır. Özellikle katadrom yaşam stratejileri, bu türleri diğer birçok balık türünden ayıran temel özelliklerden biridir. Yaşamlarının önemli bir bölümünü tatlı ve acı sularda geçiren yılan balıkları, üremek amacıyla okyanuslara ve denizlerin belirli bölgelerine göç ederek oldukça karmaşık ve uzun bir yaşam döngüsü sergilemektedir.

Yılan balıklarının yaşam döngüsü yumurtlama alanlarında başlayan ve leptocephalus, cam yılan balığı, elver, sarı yılan balığı ve gümüş yılan balığı evreleri ile devam eden çok aşamalı bir süreçtir. Bu süreç boyunca bireyler önemli morfolojik, fizyolojik ve

davranışsal değişimler geçirmektir. Özellikle leptocephalus evresinden itibaren başlayan uzun mesafeli gler, türlerin geniş coğrafi alanlara yayılmasını sağlamakta ve yaşam döngüsünün devamlılığı açısından kritik öneme sahip olmaktadır.

Avrupa ve Japon yılan balıkları arasında yaşam döngüsünün temel aşamaları bakımından büyük benzerlikler bulunmasına rağmen, üreme alanları, g süreleri ve tatlı sulara giriş zamanları açısından önemli farklılıklar görülmektedir. Bununla birlikte her iki türde de çevresel faktörlerin, özellikle su sıcaklığı, akıntılar, tuzluluk ve ışık koşullarının g davranışları üzerinde belirleyici rol oynadığı anlaşılmaktadır. Özellikle elverlerin tatlı sulara giriş dönemleri ve gümüş yılan balıklarının denizlere dönüş gleri çevresel koşullarla yakından ilişkilidir.

Yılan balıkları yaşamları boyunca önemli enerji rezervleri depolamakta ve özellikle üreme gi sırasında bu rezervleri kullanmaktadır. Üreme gi süresince beslenmeyi bırakmaları, bu türlerin enerji kullanım stratejilerinin ne kadar özel olduğunu göstermektedir. Binlerce kilometreyi bulan g yolculuğunun sonunda üreme alanlarına ulaşan bireylerin yumurtladıktan sonra yaşamlarını tamamladıkları kabul edilmektedir. Bu durum, yılan balıklarının tüm yaşam dngsnn tek bir üreme olayı üzerine kurduklarını göstermektedir.

Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde yılan balıkları hem deniz hem de iç su ekosistemleri arasında biyolojik bağ oluşturan önemli türlerdir. Bunun yanında ekonomik değerleri nedeniyle birçok ülkede ticari olarak avlanmakta ve yetiştiricilik çalışmaları kapsamında da araştırılmaktadır. Ancak g yollarının barajlar, su yapıları ve habitat kayıpları nedeniyle kesintiye uğraması, aşırı avcılık baskısı ve çevresel değişimler birçok yılan balığı popülasyonunun azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle yaşam döngülerinin ve g mekanizmalarının ayrıntılı olarak anlaşılması,

türlerin korunması ve sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak yılan balıkları, biyolojik özellikleri ve olağanüstü göç davranışlarıyla su ürünleri biliminde özel bir yere sahiptir. Yaşam döngülerinin her aşamasının ayrıntılı olarak ortaya konulması, hem temel bilimsel araştırmalara katkı sağlayacak hem de bu değerli türlerin gelecekte korunmasına yönelik yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır.

Kaynakça

Belpaire, C., Hodson, P. V., Pierron, F., & Freese, M. (2019). Impact of chemical pollution on Atlantic eels: Facts, research needs, and implications for management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 11, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2019.06.008>

Bevacqua, D. (2009). A modelling approach for conservation of european eel (*anguilla anguilla*) and related fisheries. In *HAL (Le Centre pour la Communication Scientifique Directe)*. Centre National de la Recherche Scientifique. <https://hal.inrae.fr/tel-02813393>

Bonhommeau, S., Blanke, B., Tréguier, A., Grima, N., Rivot, É., Vermard, Y., Greiner, E., & Pape, O. L. (2009). How fast can the European eel (*Anguilla anguilla*) larvae cross the Atlantic Ocean? *Fisheries Oceanography*, 18(6), 371–385. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2419.2009.00517.x>

Bonhommeau, S., Pape, O. L., Gascuel, D., Blanke, B., Tréguier, A., Grima, N., Vermard, Y., Castonguay, M., & Rivot, É. (2009). Estimates of the mortality and the duration of the trans-Atlantic migration of European eel *Anguilla anguilla* *leptocephali* using a particle tracking model. *Journal of Fish Biology*, 74(9), 1891–1914. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02298.x>

Durif, C. M. F., Amilhat, E., Dekker, W., ve diğerleri. (2024). *Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eels (WGEEL) Report 2024*. ICES Scientific Reports, 6(90). International Council for the Exploration of the Sea. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.27178241>

Froese, R., & Pauly, D. (Eds.). (2025). FishBase. World Wide Web electronic publication.

Froese, R., Thorson, J. T., & Reyes, R. B. (2014). A Bayesian approach for estimating length-weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(1), 78–85.

Higuchi, T., Yamada, Y., Watanabe, S., Kojima, T., & Tsukamoto, K. (2020). Estimation of the spawning time of Japanese eels in the open ocean. *Scientific Reports*, 10(1), 4172–4172. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61029-8>

Itakura, H., Miyake, Y., Kitagawa, T., & Kimura, S. (2017). Site fidelity, diel and seasonal activities of yellow-phase Japanese eels (*Anguilla japonica*) in a freshwater habitat as inferred from acoustic telemetry. *Ecology Of Freshwater Fish*, 27(3), 737–751. <https://doi.org/10.1111/eff.12389>

Kotake, A., Okamura, Á., Yamada, Y., Utoh, T., Arai, T., Miller, M. J., Oka, H., & Tsukamoto, K. (2005). Seasonal variation in the migratory history of the Japanese eel *Anguilla japonica* in Mikawa Bay, Japan. *Marine Ecology Progress Series*, 293, 213–221. <https://doi.org/10.3354/meps293213>

Küçük, F., Gülle, İ., & Güçlü, S. S. (2018). Antalya Havzası Akarsularındaki Yılan balığı Göçleri Üzerine Antropojenik Baskılar. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9, 285–296. <https://doi.org/10.29048/makufebd.466673>

Manabe, R., Aoyama, J., WATANABE, K., Kawai, M., Miller, M. J., & Tsukamoto, K. (2011). First observations of the oceanic migration of Japanese eel, from pop-up archival transmitting tags. *Marine Ecology Progress Series*, 437, 229–240. <https://doi.org/10.3354/meps09266>

McCleave, J. D. (1993). Physical and behavioural controls on the oceanic distribution and migration of leptocephali. *Journal of Fish Biology*, 43, 243–273. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01191.x>

Miller, M. J. (2009). Ecology of anguilliform leptocephali: remarkable transparent fish larvae of the ocean surface layer. *Aqua-BioScience Monographs*, 2(4), 1-94.

Miller, M. J. (2016). *Life Histories of Catadromous Fishes* (pp. 86–109). <https://doi.org/10.1201/b21321-10>

Morgan, S. G., Miller, S. H., Robart, M. J., & Largier, J. L. (2018). Nearshore Larval Retention and Cross-Shelf Migration of Benthic Crustaceans at an Upwelling Center. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00161>

Otake, T., Amano, Y., Shirai, K., Mochioka, N., Takahashi, T., Chow, S., Kurogi, H., Dou, S., Yamaguchi, A., & Tsukamoto, K. (2019). Evaluation from otolith Sr stable isotope ratios of possible juvenile growth areas of Japanese eels collected from the West Mariana Ridge spawning area. *Fisheries Science*, 85(3), 483–493. <https://doi.org/10.1007/s12562-019-01304-4>

Politis, S. N. (2018). European eel larval ontogeny and physiology Insights at morphological and molecular level. *Institutional Archive of Ifremer (French Research Institute for Exploitation of the Sea)*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00499/61083/>

Rad, F. (2013). PRELIMINARY INVESTIGATION ON MORPHOMETRIC AND BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF FEMALE SILVER AND YELLOW, *Anguilla anguilla*, FROM EASTERN MEDITERRANEAN (GÖKSU DELTA/TURKEY). *Journal of FisheriesSciences Com.* <https://doi.org/10.3153/jfscm.2013027>

Righton, D., Piper, A. T., Aarestrup, K., Amilhat, E., Belpaire, C., Casselman, J. M., Castonguay, M., Díaz, E., Dörner, H., Faliex, E., Feunteun, É., Fukuda, N., Hanel, R., Hanzen, C., Jellyman, D., Kaifu, K., McCarthy, K., Miller, M. J., Pratt, T. C., ...

Gollock, M. (2021). Important questions to progress science and sustainable management of anguillid eels. *Fish and Fisheries*, 22(4), 762–788. <https://doi.org/10.1111/faf.12549>

Righton, D., Westerberg, H., Feunteun, É., Økland, F., Gargan, P., Amilhat, E., Metcalfe, J. D., Lobón-Cerviá, J., Sjöberg, N., Simon, J., Acou, A., Vedor, M., Walker, A., Trancart, T., Brämick, U., & Aarestrup, K. (2016). Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea. *Science Advances*, 2(10). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1501694>

Sudo, R., Asakura, T., Ishikawa, T., Hatakeyama, R., Fujiwara, A., Inoue, K., Mochida, K., & Nomura, K. (2024). Transcriptome analysis of the Japanese eel (*Anguilla japonica*) during larval metamorphosis. *BMC Genomics*, 25(1), 585–585. <https://doi.org/10.1186/s12864-024-10459-z>

Tesch, F. W., & Thorpe, J. E. (2003). *The Eel*, Blackwell Science.

BÖLÜM 2

SU ÜRÜNLERİ SEKTÖRÜNDE GIDA SAHTECİLİĞİ

HASAN BASRİ ORMANCI¹

Giriş

İnsanlık tarihi boyunca gıda; beslenmenin çok ötesinde ekonomik bir değer, sosyal bir statü göstergesi ve kültürel bir kimlik taşıyıcısı olmuştur. Bu çok boyutlu önem, gıdayı aynı zamanda ekonomik çıkar güdüsüyle manipüle edilmeye en açık ürün kategorilerinden biri haline getirmiştir. Frederick Accum 1820 yılında yayımladığı “A Treatise on Adulteration of Foods and Culinary Poisons (Gıdaların Tağşişi ve Mutfak Zehirleri Üzerine Bir İnceleme))” adlı eserinde dönemin İngiltere’inde yaygınlaşan gıda hilelerini ayrıntılı biçimde belgelemiştir; bu çalışma modern gıda sahteciliği literatürünün ilk kapsamlı örneği olarak kabul görmüştür Kennedy (2021, s. 11). İki yüz yıl geçmesine karşın sorun; küreselleşen tedarik zincirleri, ileri işleme teknolojileri ve tüketici bilgi asimetrisinin bir araya gelmesiyle bugün çok daha karmaşık ve sistematik bir nitelik kazanmıştır.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Gıda Teknolojisi Bölümü, Orcid: 0000-0003-3136-9196

Gıda sahteciliği; ekonomik kazanç amacıyla gerçekleştirilen, ulusal mevzuat veya uluslararası standartlara göre belirlenmiş ürün niteliklerine ilişkin tüketiciyi yanıltmaya yönelik kasıtlı uygulamalar bütünü olarak tanımlanmaktadır (FAO, 2026, s. 13). Bu tanımın temel ölçütü kasıt (intent) unsurudur. J Spink & D. C Moyer (2011, s. R157) tarafından geliştirilen ve bugün geniş kitlelerce kabul gören kavramsal çerçeve; sahteciliği gıda güvenliği ihlallerinden (kazara kontaminasyon, üretim hatası), gıda kalitesi sorunlarından (standart dışı üretim) ve gıda savunması ihlallerinden (toplumsal zarar amacıyla kasıtlı kirletme) açıkça ayırt etmekte ve EMA (Economically Motivated Adulteration (Ekonomik Motivasyonlu Tağşiş)) adıyla ayrı bir kategori olarak konumlandırmaktadır. Bu ayırımın pratikte çok önemli olmakla birlikte; sahtecilik, HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points (Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları)) veya TACCP (Threat Assessment Critical Control Points (Kritik Kontrol Noktalarında Tehdit Değerlendirmesi)) sistemlerinin değil; VACCP (Vulnerability Assessment Critical Control Points (Zafiyet Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları)) çerçevesinin yönetim alanına girmekte ve farklı yasal yaptırım mekanizmalarını gerektirmektedir (J. Spink, 2019, s. 20). Everstine ve ark. (2021, s. 3) ise kavramsal çerçeveyi daha da genişleterek gıda bütünlüğü (food integrity) ve gıda özgünlüğü (food authenticity) kavramlarını ön plana çıkarmakta; sahteciliği bu bütünlüğü sistematik biçimde bozan bir eylem olarak nitelendirmektedir.

Balıkçılık ve su ürünleri sektörü bu tablonun merkezinde özgün bir yerde durmaktadır. Küresel su ürünleri üretimi 2022 yılında 185,4 milyon tona, uluslararası ticareti ise 195 milyar ABD dolarına ulaşmıştır (FAO, 2024, s. 65). Bununla birlikte 230'dan fazla ülkenin taraf olduğu bu ticaretin yaklaşık %70'i gelişmekte olan ülkelere doğru akmakta; bu coğrafik asimetri hem sahtecilik fırsatını hem de denetim kapasitesi

boşluklarını yapısal olarak beslemektedir. Üstelik su ürünleri yalnızca ekonomik değil beslenme güvenliği açısından da kritik bir işlev üstlenmektedir: dünya nüfusunun hayvansal protein ihtiyacının yaklaşık %17'si ile uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin büyük bölümü bu sektörden karşılanmakta; yaklaşık 600 milyon insanın geçim kaynağı doğrudan balıkçılık ve akuakültüre bağlı bulunduğu düşünülmektedir (FAO, 2024, s. 79). Bu tabloda sahteciliğin yarattığı zarar; yalnızca tüketici kaybıyla sınırlı kalmayıp meşru üreticilerin rekabet gücü, kamu denetim maliyetleri ve nihayetinde gıda sistemine duyulan güven üzerinde derin izler bırakmaktadır.

Su ürünleri sektörü, gıda kategorileri arasında sahteciliğe karşı en yüksek yapısal kırılabilirliği taşımaktadır. Marvin ve ark. (2016, s. 463) hesaplamalarına göre su ürünleri sektöründe sahtecilik olasılığı, %20,6 ile kırmızı et (%13,4) ve meyve/sebzenin (%2,1) çok üzerinde seyretmektedir. Bu olağandışı kırılabilirlik birkaç birbirini güçlendiren yapısal etkenin ürünüdür. Her şeyden önce biyolojik çeşitlilik bu konuda baş etkindir çünkü FAO ASFIS (Food and Agriculture Organization of the United Nations Aquatic Sciences and Fisheries Information System (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü Su Bilimleri ve Balıkçılık Bilgi Sistemi)) listesinde yalnızca 12.413 bireysel ticari tür kayıtlıken bilim dünyasında tanımlanmış yüzgeçli balık türü sayısı 36.000'i aşmaktadır. Dolayısıyla, bu çeşitlilik tür tespitini hem uzman hem de denetim otoritesi açısından güçleştirmektedir. Buna ek olarak fileto, tütsüleme, konserveleme veya surimi üretimi gibi işleme metotları ve işlemler ürünün morfolojik kimliğini bütünüyle ortadan kaldırmakta; tür tayini ancak moleküler veya biyokimyasal yöntemlerle mümkün hale gelmektedir. Bir balık ürünü tüketiciye ulaşana kadar çok sayıda aracıdan ve işlem aşamasından geçmekte; her geçiş noktası potansiyel bir sahtecilik fırsatı doğurmaktadır. Bu nedenle tedarik zinciri karmaşıklığı sahtecilik açısından belirleyici bir etken olarak öne çıkmaktadır (FAO, 2026, s. 87). Son olarak var

olan fiyat asimetrisi de konuya yadsınamaz katkı sunmaktadır. Donlan & Luque (2019, s. 261) tarafından hesaplandığı üzere ikame edilen türler arasındaki fiyat farkı -12 ile +25 Avro/kg arasında değişmekte ve bu marj analitik tespit ile yasal yaptırım maliyetlerini katbekat aşan bir ekonomik teşvik oluşturmaktadır.

Sahteciliğin sonuçları salt ekonomik zararın çok ötesine geçmektedir. Sağlık boyutunda en belgelenmiş örnek, insanlar tarafından sindirilemeyen yüksek miktarda mum esteri (gempylotoxin) içeren escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) türünün ABD’de beyaz ton (white tuna) adıyla ya da butterflyfish (*Peprilus triacanthus*) yerine satılmasıdır; tüketimini kısa süre sonra şiddetli gastrointestinal semptomlar izlemektedir (Lowenstein ve ark., 2009, s. e7866). Tetrodotoksin içeren kirpi balığı türlerinin yanlış kimliklendirilmesi, alerjen içeren ürünlerin bildirilmemesi ve cıva düzeyi yüksek türlerin güvenli balık adıyla satılması da halk sağlığını tehdit eden belgelenmiş vaka kategorileri arasındadır. Momtaz ve ark. (2023, s. 205) yaptığı çalışmada su ürünlerinde >5 mg/kg formaldehit ve Sudan kırmızı (red) boyası gibi izinsiz katkıların genotoksik ve karsinojenik potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur. Çevresel boyutta ise sahtecilik, köpek balıkları, mersin balıkları, Atlantik mavi yüzgeçli ton gibi nesli tehlike altındaki türlerin gıda zincirine yasal görünüm kazanarak girmesini kolaylaştırmakta; stok değerlendirme modellerine yanlış veriler aktararak balıkçılık yönetim kararlarını köklü biçimde yanıltmaktadır. Küresel IUU (yasadıışı, bildirilmemiş ve düzensiz) balıkçılık kayıplarının yıllık 9–23 milyar ABD doları düzeyinde olduğu tahmin edilmekte olup bu kayıpların önemli bir bölümünün sahtecilik mekanizmalarıyla tedarik zincirine eklemlendiği bilinmektedir (Sumaila ve ark., 2020, s. eaaz3801).

Türkiye bu tabloda hem stratejik bir üretici hem de tüketici konumundadır. Karadeniz ve Akdeniz havzalarının kesişiminde yer alan Türkiye, 2023 itibarıyla 1 milyon tonun üzerinde üretimiyle

bölgenin önde gelen su ürünleri üreticisi konumunu sürdürmekte; levrek ve çipura başta olmak üzere akuakültür ürünleri ihracatında Avrupa Birliği (AB) pazarında rekabet etmektedir. Bu konum Türkiye'yi hem sahtecilik riski hem de denetim kapasitesi geliştirme gerekliliği açısından bölgede kilit bir aktör olarak tanımlamaktadır. Bununla birlikte sahtecilikle mücadelede AB ile kıyaslandığında belirgin kapasite ve mevzuat boşlukları mevcuttur. Bu bağlamda gıda sahteciliğinin bağımsız bir suç tipi olarak tanımlanmaması, risk bazlı koordineli tarama programlarının yokluğu ve FAO balıkçılık bölgesi kodu sistematığının zorunlu etiket unsuru olarak henüz tam yasalaştırılmamış olması bu boşlukların başında gelmektedir (Artık, 2013, s. 1; Yükselen, 2016, s. 32). Türkmen & Ataseven (2020, s. 65) 2012–2020 yılları arasında Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen gıda denetimlerine ait verileri sistematik biçimde derleyerek bu boşlukları ampirik olarak (somut verilerle) belgelemiştir. Söz konusu çalışma, mevcut yaptırım düzeyinin caydırıcılıktan uzak olduğunu ve bazı firmaların defalarca ifşa edilmelerine rağmen sahtecilik faaliyetlerini sürdürdüklerini ortaya koymaktadır.

Su ürünleri sahteciliği üzerine bugüne kadar üretilen bilgi birikimi; biyoloji, analitik kimya, hukuk ve ekonomi gibi farklı disiplinlerde dağınık biçimde varlığını sürdürmekte, bu da konunun bütüncül olarak kavranmasını güçleştirmektedir. Bu çalışmada söz konusu parçalı yapı bir araya getirilerek; sahteciliğin neden ortaya çıktığını açıklayan ekonomik teşvik mekanizmalarından, bu eylemleri sınıflandıran kavramsal çerçevelere, tespitini mümkün kılan analitik yöntemlerden, önlenmesini hedefleyen yasal düzenlemelere uzanan geniş bir yelpazeyi sunmak amaçlanmaktadır. Bu bütüncül yaklaşımın gerekliliği, sahteciliğin doğasından kaynaklanmaktadır; zira yalnızca güçlü bir analitik laboratuvar kapasitesi ya da yalnızca sıkı bir yasal çerçeve, sorunu tek başına çözmeye yetmemekte, ancak bu unsurların eş zamanlı ve koordineli

işlemesi gerçek bir caydırıcılık yaratabilmektedir. Bu nedenle yalnızca “sahtecilik nasıl tespit edilir” sorusu yerine “sahtecilik neden ortaya çıkar, hangi sonuçları doğurur ve sistemik olarak nasıl önlenabilir” sorularına da yanıt aranmasının önemi yadsınılmazdır. Bu çerçevede ortaya konulan bilgiler, hem akademik araştırmacılara güncel literatürün sentezini sunmakta hem de denetim otoriteleri ve politika yapımcılar için uygulanabilir bir referans niteliği taşımaktadır.

Ekonomik Teşvik ve Sahteciliğin İtici Güçleri

Sahtecilik davranışının temel analitik çerçevesi, üç unsurun eş zamanlı varlığını ön koşul olarak ortaya koyan Sahtecilik Üçgeni (Fraud Triangle) modelidir: (1) baskı/teşvik (maliyet baskısı veya kazanç beklentisi); (2) fırsat (denetimsiz ortam, uzun ve opak tedarik zincirleri); (3) rasyonalizasyon (ahlaki meşrulaştırma mekanizmaları) (Cressey, 1953, s. 19; Giannakas & Yiannaka, 2023, s. 88). Su ürünleri sektörü, bu üç unsurun yapısal olarak bir arada bulunduğu az sayıdaki gıda kategorisi arasındadır.

Spink & Moyer (2011, s. R157) ve J. Spink (2019, s. 20) tarafından geliştirilen Gıda Sahteciliği Risk Matrisi, sahtecilik davranışını gıda kalitesi, gıda güvenliği ve gıda savunmasından ayırıştıran temel kavramsal çerçeveyi sunmaktadır. Bu matrise göre gıda sahteciliği kasıtlı ve ekonomik motivasyonlu olmak bakımından kazara gerçekleşen kontaminasyon olaylarından (gıda güvenliği) ve halkı zarara uğratmayı hedefleyen eylemlerden (gıda savunması) köklü biçimde ayrılmaktadır. Bu ayırım yalnızca kavramsal değil, aynı zamanda pratik açıdan kritiktir ve sahtecilikle mücadele, HACCP veya TACCP sistemlerinden farklı bir yaklaşım olan VACCP çerçevesini gerektirmektedir (J. Spink, 2019, s. 20).

Tüketici boyutunu değerlendiren Consumentenbond (2016, s. 4) araştırması, Hollanda tüketicilerinin üçte ikisinin gıda sahteciliğinden endişe duyduğunu; sahtecilik riskini en yüksek gördükleri kategoriler arasında et, tavuk, hazır yemek ve kabuklu su

ürünlerini sıraladıklarını ortaya koymuştur. Araştırma aynı zamanda tüketicilerin büyük çoğunluğunun “ucuz gıda=daha fazla sahtecilik” önermesine katıldığını belgelemiştir; bu bulgu fiyat–risk algısının tüketici davranışını nasıl şekillendirdiğine dair önemli bir farkındalık sunmaktadır. Söz konusu bulgular yalnızca tüketici psikolojisi açısından değil, risk iletişimi ve denetim stratejilerinin tasarımı açısından da değer taşımaktadır.

Fiyat farklılıkları sahteciliğin ekonomik motoru işlevi görmektedir. Donlan & Luque (2019, s. 261)’un geniş kapsamlı analizine göre ikame edilen türlerin fiyat farkları -12 ile +25 avro/kg arasında değişmekte; mersin balığı havyarı ise incelenen türler arasında en yüksek fiyat primini taşımaktadır. Atlantik somon yerine Pasifik somon satışı ise yüksek oranlarda yanlış etiketlenirken yüksek kâr sağlamaktadır. Bu kâr marjları, analitik tespit ve yasal yaptırım maliyetlerinin çok üzerinde kalmaktadır. Bunun yanında yasadışı biçimde avlanan Atlantik mavi yüzgeçli tonun (Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus*) ticareti kolaylaştırmak amacıyla daha düşük bir fiyata dahi olsa sarıkanat orkinos (Yellowfin tuna, *Thunnus albacares*) veya kocagöz orkinos (Bigeye tuna, *Thunnus obesus*) adıyla satılması hem kota ihlalinin gizlenmesine hem de yanlış tür beyanına örnek oluşturmaktadır. (FAO, 2026, s. 13).

Su ürünleri tedarik zincirindeki satın alma gücü dengesizliği de sahtecilik teşvikini yapısal hale getirmektedir. Ürünlerinin çabuk bozulabilir olması ve sınırlı alternatif alıcı seçeneği nedeniyle pazarlık gücü düşük olan tekne sahipleri, sahte ürün kabul eden alıcılara dönük piyasalarda kayıplarını yanlış etiketleme ile telafi etme baskısıyla karşılaşmaktadır (DePiper & Holzer, 2024, s. 464; FAO, 2026, s. 13). Öte yandan dikey entegrasyon, yani tekne sahipliği ile ilk işleme veya ihracatın aynı elde olması, yanlış raporlama için güçlü fırsatlar yaratmaktadır.

Avrupa pazar verileri bu dinamiği somut biçimde yansıtmaktadır: Akdeniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) örneğinde 400–600 g ağırlık grubunda ithal Yunan ve Türk menşei kültür ürünleri ile yerli İtalyan kültür ürünü arasındaki toptan fiyat farkı kg başına birkaç avro düzeyinde seyretmektedir. Menşei beyanındaki bu fiyat asimetrisi hem köken sahteciliği hem de kültür/yabani statüsü yanlış beyanının ekonomik mantığını doğrudan açıklamaktadır. Zira söz konusu marj, analitik tespit ve yasal yaptırım maliyetlerinin çok üzerinde kalmaktadır (Donlan & Luque, 2019, s. 261; FAO, 2026, s. 13).

Balıkçılık ve Su Ürünleri Sektöründe Sahtecilik Türleri

FAO (2026, s. 13) ve Silva ve ark. (2021, s. 109) tarafından geliştirilen çerçeveler birleştirilerek su ürünleri sahteciliği yedi temel kategoride sınıflandırılmaktadır (Tablo 1). Bu sınıflandırma; eylemin niteliğini, hedef aldığı ürün özelliğini ve beraberinde taşıdığı riskleri bütünleşik biçimde tanımlamaktadır. John Spink & Douglas C. Moyer (2011, s. R157) ise gıda sahteciliği türlerini daha geniş bir şemsiye kategori olan EMA (Economically Motivated Adulteration (Ekonomik Motivasyonlu Tağşiş)) kavramı altında ele almakta; tağşiş maddesi katma (adulterant-substance), kurcalama (tamper), üretim/kota fazlası kayıt dışı satış (overrun), hırsızlık (theft), yönlendirme (diversion), simülasyon (simulation), sahtecilik (counterfeit) ve yanlış etiketleme (mislabeling) olarak sekiz birincil tipi tanımlamaktadır. Bu sınıflandırma, GFSI (Global Food Safety Initiative (Global Gıda Güvenliği Girişimi) standartları tarafından da benimsenmiş ve uluslararası denetim çerçevesinde referans sınıflandırma sistemi olarak konumlandırılmıştır (J. W. Spink, 2023, s. 766). Su ürünleri özelinde Momtaz ve ark. (2023, s. 200) balık ikamesinin en yaygın balıkçılık hilesi türü olduğunu kapsamlı derleme çalışmalarıyla teyit etmektedir.

Tablo 1. Su ürünleri sahteciliğinin sistematik sınıflandırması.

Sahtecilik Türü	Tanım	Sağlık / Ekonomik Risk
Tür İkamesi (Species Substitution)	Yüksek değerli türün düşük değerli türle bilinçli olarak değiştirilmesi; tür adı yanlış beyan edilir	Yüksek: toksin maruziyeti (mum esteri (gempylotoxin), alerjen, parazit, cıva riski)
Tağış / Sulandırma (Adulteration)	İzin verilmemiş madde katılması; bileşimin ya da ağırlığın manipülasyonu (aşırı glaze, CO uygulaması, polifosfat)	Orta: bozulma gizleme; izin verilmemiş katkı maddeleri; ekonomik kayıp
Taklit / Simülasyon (Counterfeit & Simulation)	Premium ürünün taklidi; sertifika, etiket veya ambalaj sahteciliği; surimi gerçek yengeç eti olarak sunma	Orta: gizli katkılar alerjen riski taşıyabilir; tüketici güveni zararı
Etiket / Beyan Sahteciliği (Mislabeling)	Menşei, tür, son kullanma tarihi veya üretim yöntemi bilgisinin yanlış beyanı	Değişken: alerjen gizleme durumunda yüksek; köken yanlış beyanında ekonomik zarar
Köken / Üretim Yöntemi Sahteciliği	Coğrafi menşei veya kültür/yabani statüsünün yanlış beyanı; FAO balıkçılık bölgesi manipülasyonu	Düşük-Orta: dolaylı beslenme yanıltması; ekonomik kayıp; sürdürülebilir balıkçılık zararı
Yasal Sınır Aşımı / Kota İhlali (Overrun)	İzin verilen kota veya üretim sınırlarının aşılması ürünün kayıt dışı satılması; IUU balıkçılık bağlantısı	Orta: sanitasyon denetimi atlatma; stok değerlendirme modellerine yanlış veri
Yönlendirme / Hırsızlık (Diversion & Theft)	Kontrollü kanaldan çekilip denetimsiz dağıtım; bozulmuş ürünün yeniden etiketlenerek satışa sunulması	Yüksek: soğuk zincir ve sanitasyon kontrolü yokluğu; mikrobiyolojik tehlike

Kaynak: (FAO, 2026, s. 13; Silva ve ark., 2021, s. 109)

Tür ikamesi, küresel su ürünleri piyasasında en fazla belgelenen ve en yüksek ekonomik kayba yol açan sahtecilik biçimidir (Tablo 2). Avrupa toplu yemek alanında 23 ülkede 283 örnek üzerinde yürütülen kapsamlı araştırma, her üç üründen birinin yanlış etiketlendiğini ve genel yanlış etiketleme oranının %26

olduğunu ortaya koymuş ve en sık yanlış etiketlenen kategoriler orfoz (groper), levrek ve sarı yüzgeçli ton (yellowfin) olarak saptanmıştır (Pardo ve ark., 2018, s. 7). Kanada'da yürütülen benzer bir araştırmada örneklerin %61'inin ikame içerdiği ya da Kanada Gıda Denetim Ajansı etiketleme gereksinimlerini karşılamadığı belirlenmiştir (Oceana, 2019, s. 4).

Sağlık açısından en kritik ikame vakası escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) türünün ABD'de beyaz ton (white tuna) adıyla ya da butterfish (*Peprilus triacanthus*) yerine satılmasıdır. Escolar, insanlar tarafından sindirilemeyen yüksek miktarda mum esteri (gempylotoxin) içermekte ve tüketimini kısa süre sonra şiddetli gastrointestinal semptomlara yol açmaktadır. Bu nedenle Kanada, Japonya, Singapur ve AB bu türün gıda olarak satışını yasaklamıştır (Lowenstein ve ark., 2009, s. e7866). Asya pazarlarında yürütülen araştırmalar ise benzer kaygı verici bulgular içermekte olup Tayvan'da incelenen ithal balık örneklerinin (uskumru, hamsi, kara marlin) %70'inin yanlış etiketli olduğu, Çin'de sablefish (karamorina) adıyla satılan örneklerin neredeyse %86'sının Patagonya/Antarktika dişlibalığı (toothfish) türleri olduğu tespit edilmiştir (Chang ve ark., 2016, s. 38; Xiong ve ark., 2016, s. 382).

Tablo 2. Küresel literatürde belgelenmiş yaygın tür ikameleri

Etiket Türü	İkame Edilen Türler	Tespit Edilen Bölge	Referans
Kırmızı Levrek (Red Snapper)	Tilapia, diğer levrekler (<i>Lutjanus</i> spp.), kayabalığı (<i>Sebastes</i> spp.), kod (<i>Gadus</i> spp.)	Kuzey Amerika, Afrika	Hanner ve ark. (2011, s. 106); Warner ve ark. (2013, s. 70)
Ton Balığı (Tuna)	Escolar (<i>L. flavobrunneum</i>), Mozambik tilapyası, diğer <i>Thunnus</i> türleri	Fransa, Brezilya, Kuzey Amerika, Avrupa	Sotelo ve ark. (2018, s. e0196641); Pardo ve ark. (2018, s. 7)
Somon (Salmon)	Gökkuşluğu alabalığı (<i>O. mykiss</i>), Pasifik somon türleri, albacore ton	Brezilya, İtalya, Kuzey Amerika	Carvalho ve ark. (2017, s. 30); Hanner ve ark. (2011, s. 106)
Dil Balığı (Sole / Flounder)	<i>Pangasius</i> spp. (swai), Alaska mezgiti (<i>P. chalcogrammus</i>)	Brezilya, Kuzey Amerika, Avrupa	Carvalho ve ark. (2017, s. 30); Warner ve ark. (2019, s. 4)
Groper / Orfoz	Çipura (<i>S. aurata</i>), <i>Lates</i> spp., <i>Pangasius</i> spp.	Brezilya, Kuzey Amerika	Staffen ve ark. (2017, s. e4006); Warner ve ark. (2013, s. 70)
Mezgit / Hake	Baraküda (<i>Sphyræna</i> spp.), Asya kedi balığı (<i>P. hypophthalmus</i>), Avrupa levreği (<i>D. labrax</i>)	Brezilya, Akdeniz, İspanya, Afrika	Pardo ve ark. (2018, s. 7); Garcia-Vazquez ve ark. (2011, s. 475)
Havyar (Caviar)	Turna (<i>E. lucius</i>), kalkancık (<i>C. lumpus</i>), diğer mersin türleri	Kuzey Amerika, Avrupa	Fain ve ark. (2013, s. 857)

Kaynak: Silva ve ark. (2021, s. 112)

Dondurulmuş balığın çözülerek taze ürün olarak satılması, Avrupa'da en sık bildirilen ve gıda denetim ağlarının en öncelikli hedefleri arasında yer alan bir sahtecilik kategorisidir. Taze balık dondurulmuş ürüne kıyasla daha yüksek fiyata satılmakta; bu fiyat farkı, özellikle levrek, çipura, somon ve ton gibi değerli türlerde

sahtecilik için ekonomik teşvik oluşturmaktadır (FAO, 2026, s. 54). Tespiti güçleştiren başlıca etken, kısa süreli dondurma ve doğru yönetilen çözme sürecinin kalite kayıplarını görsel düzeyde minimuma indirmesidir. Hassoun ve ark. (2020, s. 4472), taze ve dondurulmuş/çözülmüş su ürünlerini ayırt etmeye yönelik analitik yöntemleri kapsamlı biçimde derleyerek floresans spektroskopisi, metabolomik ve spektroskopik yaklaşımların bu alanda güçlü potansiyel taşıdığını vurgulamıştır.

Su ürünlerinde tağşiş; aşırı glaze (buz kaplama) ile yapay ağırlık artırımı, karbonmonoksit (CO) ile renk manipülasyonu ve polifosfat uygulamalarıyla suya doyurma olmak üzere üç temel biçimde karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizde ki firmalar genellikle glaze oranını net ağırlığın %20'siyle sınırlandırırken; AB ülkelerinde genel olarak %5–10 aralığında dondurulmuş karides ve ahtapot için uygulanmaktadır. Piyasada bazı ürünlerde bu sınırların çok üzerinde, %40'a veya %50'ye varan glaze oranları bulunmaktadır. CO uygulaması; balık filetosunun tüm özelliklerini gizleyen bir “kırmızılık” görüntüsü yaratması nedeniyle AB, Kanada, Japonya ve Singapur'da yasaklanmıştır (Marrone ve ark., 2015, s. 4528).

Mersin balığı havyarı, birim fiyat açısından dünyanın en yüksek primli gıda ürünlerinden biridir. CITES (Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme) kapsamındaki Acipenser (mersin balığı) türlerinin havyarının sahte belge ve ambalajlarla uluslararası ticarete sokulması, gıda sahteciliğini yaban hayatı suçuyla birleştiren özel bir kategori oluşturmaktadır. Fain ve ark. (2013, s. 855) Avrupa gümrük analizinde havyar ürünlerinin %30'a varan oranında yanlış tür beyanı içerdiğini saptamıştır. DNA barkodlama bu kategoride tür tespitinin tek güvenilir yöntemidir.

Kota ihlali kapsamında yakalanan balıkların kayıtlı sistemin dışında satılması, hem su ürünleri sahteciliğinin hem de yasadışı, bildirilmemiş ve düzensiz (IUU) balıkçılığın kesişim noktasını

oluşturmaktadır. ABD ithal edilen yabancı yakalanmış su ürünlerinin %20–32’sinin yasadışı veya bildirilmemiş kaynaklı olduğu tahmin edilmektedir (Pramod ve ark., 2014, s. 102). Atlantik mavi yüzgeçli ton (*Thunnus thynnus*) üzerindeki ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas (Uluslararası Atlantik Ton Balıklarının Koruma Komisyonu)) kotaları çerçevesinde yakalanan fazla balığın daha ucuz yellowfin (*T. albacares*) olarak pazarlanması; hem kota ihlaline hem de bilinçli tür yanlış beyanına örnek teşkil etmektedir (FAO, 2026, s. 13). Yıllık küresel yasadışı balıkçılık kayıpları 9–23 milyar ABD doları arasında tahmin edilmektedir (Sumaila ve ark., 2020, s. eaaz3801).

Taksonomi ve Terminoloji (Nomenclature): Sahteciliği Kolaylaştıran Yapısal Güçlükler

Dünya genelinde 36.000’den fazla yüzgeçli balık türü tanımlanmış olup bu türlerin tamamının birbirinden ayırt edilmesini sağlayan güncel taksonomik rehberler tüm ülkelerde mevcut değildir. Bu bilgi asimetrisi, sahtecilik için bir fırsat penceresi oluşturmaktadır. Kullanıcıların türleri yanlışlıkla karıştırması ile bilinçli yanlış etiketleme arasındaki sınırın tespiti güçleşmektedir (FAO, 2026, s. 79).

Ticari isimlendirme çeşitliliği bu güçlüğü daha da derinleştirmektedir. Aynı tür birden fazla ülkede farklı ticari adlarla bilinebilirken; aynı ticari isim farklı biyolojik türleri kapsayabilmektedir. FAO’nun ASFIS listesi yalnızca 12.413 bireysel türü içermekte olup bu sayı gerçek ticari çeşitliliğin çok gerisinde kalmaktadır. Çözüm ise ticari ad ile bilimsel (binomial Latin) adın her ikisinin birlikte zorunlu etiket bilgisi olarak belirlenmesi ve FAO balıkçılık bölgesi kodlamasının standart olarak uygulanmasıdır (FAO, 2026, s. 15).

Hibridizasyon ve takson ayrışımı da analitik güçlük katmaktadır. Bazı ticari türlerin melez bireyleri doğal

popülasyonlarda mevcuttur ve bunların DNA markörleri bazen birden fazla türle eşleşebilmekte dolayısıyla yüksek çözünürlüklü SNP (Single Nucleotide Polymorphism (Tek nükleotit polimorfizmi)) analizini kaçınılmaz kılmaktadır. Tropik ve subtropikal bölgelerdeki yüksek biyoçeşitlilik ise tür atamasında başvurulan referans dizileme veri tabanlarının eksikliklerini büyütmektedir.

Tespit Yöntemleri

Su ürünleri sahteciliğinin tespiti; hedef sahtecilik kategorisine, ürünün işlenme derecesine ve gerektirdiği yasal geçerlilik düzeyine göre farklılaşan çok platformlu bir analitik yaklaşım gerektirmektedir. FAO (2026, s. 33) bu yöntemleri protein bazlı, DNA bazlı ve kimyasal parmak izi yöntemleri olarak üç ana grupta sınıflandırmaktadır. Rutin denetimde yürütülen sistematik bir meta-analizde mevcut araştırmaların %94'ünün DNA bazlı yöntemlere dayandığı belirlenmiştir (Luque & Donlan, 2019, s. 559).

DNA Bazlı Yöntemler

DNA bazlı yöntemler, su ürünleri sahteciliğinin tespitinde bugüne kadar en yaygın uygulanan analitik platformu oluşturmaktadır; mevcut araştırmaların %94'ü bu yöntem grubuna dayanmaktadır (Luque & Donlan, 2019, s. 559). Bu yöntemlerin temel avantajı, canlı organizmalara ait genetik bilginin türe özgü ve evrensel nitelik taşımasıdır; dolayısıyla morfolojik kimliğin bütünüyle ortadan kalktığı fileto, surimi ve konserve gibi yoğun işlem görmüş ürünlerde dahi tür tayini yapılabilmektedir. Bununla birlikte yüksek ısı işlemin DNA'yı parçalaması, referans veri tabanlarının kapsamı ve tropik türlerdeki biyoinformatik boşluklar bu yöntemlerin başlıca kısıtlamalarını oluşturmaktadır (FAO, 2026, s. 36). Tablo 3'te başlıca DNA bazlı yöntemler hedef gen, avantaj ve kısıtlamaları açısından karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır.

Tablo 3. Su ürünleri sahteciliğinin tespitinde kullanılan DNA bazlı yöntemlerin karşılaştırması

Yöntem	Hedef / Gen	Avantajlar	Kısıtlamalar	Kaynak
Sanger Dizileme / DNA Barkodlama	COI (≈650 bp); Cyt-b (FINS)	BOLD/GenBank veri tabanı entegrasyonu; tür düzeyinde yüksek ayırım gücü; geniş literatür kapsamı	Yüksek ısıda işlemde DNA fragmentasyonu; tam uzunluk amplifikasyon başarısız olabilir	Hebert ve ark. (2003, s. 33); FAO (2026, s. 33)
Mini DNA Barkod	COI (100–200 bp)	İşlenmiş ve konserve ürünlerde uygulanabilir; degradasyona dayanıklı kısa fragment	Standart barkoda göre daha düşük tür ayırım gücü	Meusnier ve ark. (2008, s. 214)
Singleplex / Multiplex PCR	Tür spesifik bölgeler	Hızlı, ekonomik; tarama amaçlı ideal; multiplex ile eş zamanlı çoklu tür	Primer tasarımı zor; multiplexte özgüllük sorunu; veri tabanına gerek	Armani ve ark. (2014, s. 12134); FAO (2026, s. 33)
Gerçek Zamanlı PCR (qPCR / TaqMan)	TaqMan problemleri; SYBR Green	Kantitatif (%1 altı tespiti); hızlı; kapalı sistem; kontaminasyon riski düşük	Her tür için özel prob tasarımı gerekir; kompleks matrislerde verimlilik düşebilir	Sotelo ve ark. (2018, s. e0196641); Silva ve ark. (2021, s. 109)
PCR-RFLP	Restriksiyon bölgesi içeren mtDNA	Ekipman gerektirmez; ekonomik; rutin denetimde köklü kullanım	Yakın akraba türlerde özgüllük sorunu; DNA kalitesine duyarlı	Dooley ve ark. (2005, s. 3348); FAO (2026, s. 33)

Yöntem	Hedef / Gen	Avantajlar	Kısıtlamalar	Kaynak
HRMA (Yüksek Çözünürlüklü Erime Analizi)	PCR amplicon erime eğrisi	Hızlı post-PCR analizi; küçük sekans farklılıklarını ayırt eder; kapalı sistem	qPCR cihazı ve özel yazılım gerektirir	Fernandes ve ark. (2017, s. 49); FAO (2026, s. 33)
LAMP (İzotermal Amplifikasyon)	6 primer; tür spesifik bölge	Termal döngüleyici gerekmez; saha uyumlu; kolorimetrik okuma; hızlı (30–60 dk)	Tek tür taraması; yanlış pozitif riski; veri tabanı entegrasyonu yok	Savan ve ark. (2005, s. 573); FAO (2026, s. 33)
NGS Metabarkodlama	COI / 16S rRNA / 12S rRNA	Tek koşulda çoklu tür; karışık ürünler için ideal; yarı-kantitatif bileşim	Biyoinformatik uzmanlık; standardizasyon eksikliği; yüksek maliyet	Giusti ve ark. (2024, s. e13256); FAO (2026, s. 33)
SNP / Mikrosatellit Analizi	Nükleer markörler; Pan I lokus	Populasyon düzeyinde köken ve kültür/yabani ayrımı; yüksek çözünürlük	Kapsamlı referans koleksiyonu gerektirir; birey bazlı; yüksek maliyet	Karlsson ve ark. (2011, s. 247); Glover ve ark. (2011, s. 901)

Kaynak: FAO (2026, s. 33).

DNA barkodlama, Hebert ve ark. (2003, s. S96) tarafından önerilen ve Cytochrome c Oxidase subunit I (COI) geninin ~650 bp standardize bölgesinin dizilemesine dayanan tür tanımlama yaklaşımıdır. BOLD Systems (Barcode of Life Data System) 2024 itibarıyla 300.000'i aşkın balık COI dizisi barındırmakta; GenBank ise daha geniş ancak daha az kuratörlü bir referans kaynağı sunmaktadır (FAO, 2026, s. 105). ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), 2011 yılında Handy ve ark. (2011, s. 201) geliştirdiği tek laboratuvarda doğrulanmış DNA barkodlama protokolünü balık türü tespitinde yasal uyum (regulatory compliance) amaçlı resmi yöntem olarak kabul etmiştir. Yani FDA artık bu yöntemi mahkemede ve denetimde geçerli kanıt olarak tanımaktadır. FINS (Forensically Informative Nucleotide Sequencing) ise alternatif mitokondriyal hedef olarak Cyt-b genini kullanmakta ve özellikle Avrupa referans laboratuvarlarında yaygın biçimde uygulanmaktadır.

Yöntemin birincil kısıtlaması, 121°C otoklav sterilizasyonu ve asit içeriği yüksek konserve ortamlarında DNA'nın 200 bp altına parçalanmasıdır. Bu durumlarda mini-barkod stratejileri (100–200 bp COI fragmentları) veya mitokondriyal 16S rRNA'nın kısa bölgelerini hedefleyen primer tasarımları devreye girmektedir (Armani ve ark., 2015, s. 206; Meusnier ve ark., 2008, s. 214). Neotropik bölgelerden elde edilen türler için referans veri tabanlarındaki boşluklar da önemli bir sınırlama oluşturmaktadır; Brezilya'daki akademik ve devlet programları bu boşluğu BOLD'a yeni sekanslar yükleyerek gidermektedir (FAO, 2026, s. 67).

Yeni nesil dizileme (NGS) ile DNA barkodlamanın birleşimi olan metabarkodlama, tek bir analiz koşulunda karmaşık karışımlardaki onlarca ila yüzlerce türü eş zamanlı olarak tespit etmeye olanak tanımaktadır. Bu yaklaşım özellikle balık burgeri, surimi ve balık unu gibi yüksek oranda işlenmiş ve karışık içerikli matrislerde benzersiz bir analitik kapasite sunmaktadır (FAO, 2026, s. 41). Giusti ve ark. (2024, s. e13256) tarafından gerçekleştirilen

sistematik derleme, gıda doğrulamasında metabarkodlamanın standardize protokollerinin henüz olgunlaşmadığını; ancak metot validasyon çalışmalarının hızla ilerlediğini ortaya koymaktadır. Temel güçlükler şunlardır: evrensel primer biyası, biyoinformatik iş akışının standardizasyonu ve referans veri tabanı kapsamı. MinION (Oxford Nanopore) gibi taşınabilir nanopor cihazları, gerçek zamanlı saha dizileme kapasitesini somut kılmaya başlamıştır.

Bireyler arasındaki genetik farklılığa dayanan mikrosatellit ve SNP (tek nükleotid polimorfizm) analizleri, aynı türün kültür ve yabani popülasyonları arasındaki ayrımı popülasyon düzeyinde yapabilmektedir. Karlsson ve ark. (2011, s. 247), 60 SNP kullanarak Atlantik somununun bireysel düzeyde akuakültür veya yabani olarak doğru sınıflandırmış; Glover ve ark. (2011, s. 901) ise 10 mikrosatellit lokus ve Pan I lokusunu kodla (*Gadus morhua*) kültür/yabani ayrımında başarıyla uygulamıştır. Bu yaklaşımın yaygınlaşması kapsamlı popülasyon referans koleksiyonlarının oluşturulmasına bağlıdır; Türkiye için Karadeniz ve Ege balık popülasyonlarına yönelik bu tür koleksiyonların henüz yeterli düzeyde geliştirilmediği görülmektedir.

Protein Bazlı ve Kimyasal Yöntemler

DNA yöntemlerinin tamamlayıcısı olan protein bazlı ve kimyasal yöntemler; özellikle yüksek ısı işlem nedeniyle DNA'nın kullanılamaz hale geldiği konserve, pastörize ve sterilize ürünlerde kritik bir analitik boşluğu doldurmaktadır. Bu yöntem grubunun temel mantığı, ısı işlemine karşı DNA'ya oranla daha dirençli olan belirli protein yapılarından ve ürünün kimyasal parmak izinden yararlanmaktır. İzoelektrik odaklama (IEF) taze ve dondurulmuş ürünlerde AB'nin geleneksel referans yöntemi olma konumunu korurken; LC-MS/MS proteomik konserve ürünlerde termostabil imza peptitleri hedef alarak yüksek özgüllük sağlamaktadır. İzotop oran analizi (IRMS) ve element profili (ICP-MS) ise coğrafi köken

ve yetiştiricilik/yabani ayırımında kimyasal parmak izi yaklaşımının en gcl araçları arasında yer almaktadır (FAO, 2026, s. 56). Tablo 4'te bu yöntemlerin tespit hedefleri, avantajları ve kısıtlamaları karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Tablo 4. Su ürünleri sahteciliğinin tespitinde kullanılan protein bazlı ve kimyasal yöntemlerin karşılaştırması.

Yöntem	Tespit Hedefi	Avantajlar	Kısıtlamalar	Kaynak
İzoelektrik Odaklama (IEF)	Sarkoplazmik protein pI profili	Resmi AB referans yöntemi; ekonomik; taze/dondurulmuş ürünler için köklü kullanım	Isıl işlem sonrası protein denatürasyonuna duyarlı	FAO (2026, s. 34); Tokur & Korkmaz (2023, s. 61)
LC-MS/MS Proteomik	Termostabil imza peptitler; alerjenler	Konserve ve sterilizasyon sonrası yüksek özgüllük; alerjen tespiti; AB referans protokolü (ton)	Kapsamlı peptit kütüphanesi şart; pahalı ekipman	Carrera ve ark. (2012, s. 4983); FAO (2026, s. 33)
ELISA	Tür spesifik antijen; alerjen proteini	Ucuz; hızlı; saha uyumlu kit; sterilize ürünlerde kullanılabilir	Çapraz reaktivite; antikor özgüllüğüne bağımlı; kantitatif sınırlı	Lago ve ark. (2014, s. 419); FAO (2026, s. 33)
GC-FID / GC-MS (Yağ Asidi Profili)	Yağ asidi bileşimi; $n-3/n-6$; EPA/DHA	Tür, köken ve kültür/yabani ayrımı; ekonomik; FAME türevleme yaygın	Yem değişkenliği örtüşme yaratır; mevsimsel varyasyon	Simopoulos (2002, s. 495); FAO (2026, s. 33)
IRMS ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$, δD , $\delta^{18}O$)	Coğrafi köken; kültür/yabani; organik doğrulama	Coğrafi parmak izi; manipülasyona dirençli; kültür/yabani somon ayrımında güvenilir	Kapsamlı referans veri tabanı şart; iklimsel değişkenlik; pahalı	Thomas ve ark. (2008, s. 989); FAO (2026, s. 33)
NIR / FTIR / Raman Spektroskopisi	Bileşim taraması; glazür; tazelik	Tahribatsız; hızlı; saha uyumlu; kemometri ile yüksek doğruluk	Kesin tür tespiti yapamaz; referans koleksiyonu ve kemometri modeli şart	FAO (2026, s. 33); Grassi ve ark. (2018, s. 382)
ICP-MS (Element Profili)	Eser element ve ağır metal içeriği; coğrafi köken	Coğrafi tanımlama için IRMS ile güçlü tamamlayıcı; karideste köken tayini	Referans veri tabanı şart; element biyobirikiminde tür farkları	Gopi ve ark. (2019, s. 242); FAO (2026, s. 33)

IEF (isoelectric focusing (izoelektrik odaklama)), sarkoplazmik proteinlerin izoelektrik nokta (pI) değerlerine göre ayrılmasına dayanan ve taze ile dondurulmuş ürünlerde tür tayininde köklü bir AB referans yöntemi olarak kullanılagelen bir elektroforetik tekniktir. Ekonomikliği ve basit yorum gerektirişi nedeniyle özellikle rutin denetim amaçlı tercih edilmektedir. Temel kısıtlaması, konserve ve yüksek ısıl işlem gören ürünlerde sarkoplazmik protein denatürasyonunun güvenilir bant profili oluşturmayı engellemesidir (FAO, 2026, s. 34; Tokur & Korkmaz, 2023, s. 61). Bu durumlarda 2-DE (iki boyutlu elektroforez) tamamlayıcı çözüm sunarken LC-MS/MS proteomik yüksek ısıl işlem senaryolarının referans yaklaşımı haline gelmektedir.

Stabil izotop analizi karbon-13 izotopu ($\delta^{13}\text{C}$), azot-15 izotopu ($\delta^{15}\text{N}$), döteryum (hidrojen-2) izotopu (δD) ve oksijen-18 izotopu ($\delta^{18}\text{O}$) oranlarının iklim kuşağı, toprak bileşimi ve su kaynağına bağlı coğrafi değişimlere duyarlılığından yararlanmaktadır. Kültür balıklarındaki bitkisel yem kullanımı (C3 bitkileri: soya, buğday) onları düşük $\delta^{13}\text{C}$ değerleriyle işaretlerken; deniz omurgasızlarıyla beslenen yabani bireyler yüksek $\delta^{15}\text{N}$ değerleri taşımaktadır. Thomas ve ark. (2008, s. 989) $\delta^{18}\text{O}/\delta^{16}\text{O}$ ve $\delta^{15}\text{N}/\delta^{14}\text{N}$ oranlarını kullanarak yabani ve kültür somonunu coğrafi bilgi dahilinde başarıyla ayırt etmiştir. Buna ilaveten karideslerde IRMS + ICP-MS çok elementli yaklaşımın tropikal türlerin coğrafi köken tayininde güçlü bir çözüm sağladığı belgelenmiştir (FAO, 2026, s. 58). Karbon ve azot izotoplarının yağ asidi profili ile kombinasyonu, tek başına kullanıma kıyasla kültür/yabani ayırımında önemli ölçüde daha yüksek sınıflandırma doğruluğu sağlamaktadır.

Gıda sahteciliği tespitindeki analitik stratejiler iki temel yaklaşım üzerine inşa edilmiştir: hedefli (targeted) analizler, önceden bilinen tağiş maddelerini ararken; hedefsiz (nontargeted)

analizler referans ürünle karşılaştırma yoluyla sapmaları tespit etmektedir (DLG, 2018, s. 11; Everstine ve ark., 2021, s. 3). DLG (2018, s. 11) uzman raporu bu ayrımı özellikle vurgulamakta ve laboratuvar analizinin yalnızca reaktif bir araç olmadığını; ancak analiz devreye girdiğinde hileli ürünün çoktan üretildiğini hatırlatmaktadır. Bu nedenle risk önleme yaklaşımı, tedarik zincirinin başından itibaren zafiyet değerlendirmesini ve potansiyel sahtecilik senaryolarının tanımlanmasını önceleyen bir yapıya dayanmalıdır. DLG (2018, s. 11), ¹H-NMR metodunu zeytinyağı doğrulaması için Eurofins akredite veri tabanı (~1.000 otantik yağ) üzerinden standart bir uygulama olarak sunmakta; %10–20 yabancı yağ katımını dahi güvenilir biçimde saptayabildiğini bildirmektedir. Bu metodolojik çerçeve su ürünleri analizine de uygulanabilir niteliktedir.

Dondurulmuş balığın çözülerek taze ürün olarak satılması; tür ikamesinden sonra en sık karşılaşılan sahtecilik kategorileri arasında yer almakta ve tüketiciye hem ekonomik hem de gıda güvenliği açısından doğrudan zarar vermektedir. Bu ayrımı güçleştiren başlıca etken, kısa süreli dondurma ve kontrollü çözme koşullarının görsel kalite kayıplarını minimuma indirmesidir; dolayısıyla duyu ve görsel yöntemler bu sahtecilik biçimini tespit etmekte yetersiz kalmaktadır. Hassoun ve ark. (2020, s. 4472), bu alanda kullanılan analitik yaklaşımları kapsamlı biçimde derleyerek enzimatik belirteçler, metabolomik profil, spektroskopik yöntemler ve görüntü analizinin taze/dondurulmuş ayrımında güçlü potansiyel taşıdığını ortaya koymuştur. Tablo 5, bu yöntemlerin biyobelirteç ve ölçüm prensipleri bakımından karşılaştırmalı özetini sunmaktadır.

Tablo 5. Taze ve dondurulmuş/çözölmüş balığı ayırt etmede kullanılan analitik yöntemlerin özeti

Yöntem Kategorisi	Spesifik Teknik	Biyobelirteç / Ölçüm	Kaynak
Enzimatik	α -glukozidaz, N-asetil- β -glukozaminidaz aktivitesi	Lizozom enzim aktivitesi dondurma/çözme döngüsüyle değişir; cod, sazan, kefal türlerinde doğrulandı	Hartmut Rehbein ve ark. (1978, s. 1076); H. Rehbein (1979, s. 263); FAO (2026, s. 33)
Metabolomik (GC-MS/HPLC)	SPME-GC/MS ile uçucu profil; HPLC ile nükleotid	1-okten-3-ol, Z-4-heptenal, 1-penten-3-ol gibi donma markörleri; levrek, uskumru, ton türlerinde	Leduc ve ark. (2012, s. 2560); Chiesa ve ark. (2020, s. 1896)
Spektroskopik (Tahribatsız)	NIR, FTIR, Raman; X-ışını difraksiyon	Buz kristal yapısı ve protein konformasyonu değişiklikleri; kemometri ile otomatik sınıflama	FAO (2026, s. 33); Grassi ve ark. (2018, s. 382)
Mikrobiyolojik	Toplam canlı sayısı; psikrotrofik bakteri; <i>Pseudomonas</i> spp.	Depolama süresine ve donma/çözme döngüsüne bağlı değişim; çevre koşullarından etkilenir	Marlard ve ark. (2019, s. 253); Popelka ve ark. (2014, s. 157)
Görüntü Analizi / YZ	Bilgisayarlı görme; CNN tabanlı derin öğrenme	Et rengi, doku bütünlüğü ve göz berraklığı değerlendirilmesi; saha uyumlu mobil uygulamalar	FAO (2026, s. 33)

Kaynak: FAO (2026, s. 71)

FAO (2026, s. 71) teknik raporu, farklı ülke ve ürün kategorilerinde yürütölen analitik doğrulama çalışmalarını vaka bazında derleyerek analitik yöntemlerin gerçek denetim koşullarındaki etkinliğini somut verilerle ortaya koymaktadır. Bu

vakalar; hangi yöntemin hangi matris ve sahtecilik türü için uygun olduğunu belgelemesi bakımından büyük metodolojik değer taşımaktadır.

İtalya’da midye (*Mytilus* spp.) ürünleri üzerinde yürütülen çalışmada DNA barkodlama ve singleplex PCR, yerel türlerle yanlış etiketlenen ya da etiket dışı bileşenler içeren ürünleri başarıyla tespit etmiştir. Çalışma, deniz ürünleri sahteciliğinin liman denetimi yetersizliğiyle birleştiğinde nasıl sistemik bir sorun haline geldiğini ortaya koymuş; karmaşık karışım içeren ürünler için gelecekte metabarkodlamanın öncelikli araç konumuna geleceğini vurgulamıştır (FAO, 2026, s. 71). Benzer biçimde balık burgeri, surimi ve hazır karışık ürünler gibi yoğun işlem görmüş matrislerde tek tür bazlı DNA barkodlama yetersiz kalmakta; NGS metabarkodlama ise Illumina platformu üzerinden çoklu tür içeriğinin eş zamanlı tespitine olanak tanımaktadır. Bu bulgu, karmaşık matris doğrulamasında geleneksel tek-tür analizinin ötesine geçilmesi gerektiğini metodolojik düzeyde kanıtlamıştır (FAO, 2026, s. 71).

Ton konserveleri AB’de en fazla sahtecilik bildiri alan kategoriler arasında yer almaktadır. Sotelo ve ark. (2018, s. e0196641) Avrupa genelinde ton konservelerinde qPCR ve Sanger dizileme yöntemlerini kullanarak albacore (beyaz ton balığı), yellowfin (sarıkanat orkinos), bigeye (kocagöz orkinos) ve skipjack (yazılı orkinos) arasındaki yanlış etiketleme oranını %7,84 olarak saptamıştır. Bu çalışma, AB düzenleyici ajanslarının ton konserveleri için LC-MS/MS destekli proteomik protokolü referans yöntem olarak benimsemesine zemin hazırlamıştır (FAO, 2026, s. 85). Coğrafi köken doğrulaması açısından ise *Gadus morhua* (kod balığı) üzerinde yürütülen çalışmada DNA bazlı popülasyon genetiği ve izotop alanı modellemesi (isoscape) kombinasyonu kullanılmış; Avrupalı perakendecilerde “İzlanda” veya “Norveç” menşeli olarak satılan ürünlerin gerçek yakalama lokasyonunun beyan edilen

menşeiyle önemli ölçüde uyuşmadığı ortaya konulmuştur. Bu sonuç, IRMS ve popülasyon genetiği kombinasyonunun coğrafi doğrulamada güçlü ve bağımsız bir araç sunduğunu göstermektedir (FAO, 2026, s. 85).

Yasal ve Düzenleyici Çerçeve

Codex Alimentarius Balıklar ve Balıkçılık Ürünleri Komitesi (CCFFP) uluslararası etiketleme standartlarını belirlemekte; CAC/GL 63-2007 gıda sahteciliğinin önlenmesine ilişkin ilke ve kılavuzları içermektedir. FAO Liman Devleti Önlemleri Anlaşması (2016) IUU balıkçılığı önlemek amacıyla oluşturulmuş ve liman denetimini uluslararası bağlayıcı bir mekanizmaya dönüştürmüştür. ABD ve Japonya dahil çok sayıda taraf ülke bulunan bu anlaşma; IUU kaynaklı ürünlerin limanlar aracılığıyla ticaret sistemine girişini kısıtlamayı hedeflemektedir (FAO, 2016, s. 28). FAO'nun ASFIS türleri listesi ve FishFinder programı, sahtecilikle mücadelenin teknik omurgasını oluşturan uluslararası taksonomik ve terminoloji referans sistemini sağlamaktadır.

Avrupa Birliği, su ürünleri sahteciliğine karşı dünya üzerindeki en kapsamlı mevzuat çerçevesini barındırmaktadır. Tüzük 1169/2011, su ürünlerinde ticari ad, bilimsel ad, üretim yöntemi (avlanmış/kültür) ve avlanma bölgesi (FAO kodu düzeyinde) bilgilerinin zorunlu etiket unsurları olarak beyanını zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2011; Fransvea ve ark., 2014, s. 1703). Kontrol Tüzüğü 1224/2009 tekne kimliği, avlanma tarihi ve parti numarasına dayalı izlenebilirliği tedarik zincirinin tamamında zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2009). IUU Tüzüğü 1005/2008, avlanma belgesi (catch certificate) sistemi aracılığıyla yasadışı balıkçılık kaynaklı ürünlerin AB pazarına girişini engelleyen çok taraflı bir mekanizma oluşturmaktadır (European Commission, 2008). Hijyen Tüzüğü 853/2004 ise histamin sınırlarını, parazit kontrol prosedürlerini ve soğuk zincir

yönetimini içermektedir (European Commission, 2004). Avrupa Birliği ülkelerinde 2013 yılında yaşanan at eti skandalının ardından kurulan AB Gıda Sahteciliği Ağı (Food Fraud Network) ve koordineli denetim programları (Coordinated Control Plans), su ürünleri de dahil olmak üzere üye devletleri kapsayan hedefli sahteciliğe karşı tarama kampanyaları yürütmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde su ürünleri sahteciliğiyle mücadele çok başlı bir düzenleyici yapı içinde yürütülmektedir (Spiegel & Beyranvand, 2022, s. 25). FDA (Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (FFDCA)), gıda etiketlemede yanıltıcı uygulamaları yasaklamakta ve balık türleri için resmi piyasa adı listesini yönetmektedir. NOAA Deniz Ürünleri İthalat İzleme Programı (SIMP, 2016), yüksek risk taşıyan 13 tür için hasat noktasından ABD limanına kadar kapsamlı kayıt tutma yükümlülüğü getirmektedir. ABD Tarım Bakanlığı'nın (USDA) Menşei Ülke Etiketleme düzenlemesi (Country of Origin Labeling (COOL)) ise ithalatçı ve satıcıların son tüketiciye kadar menşe ve üretim verilerini saklamasını zorunlu kılmaktadır. Spiegel & Beyranvand (2022, s. 24), bu çerçevedeki örtüşme, boşluk ve koordinasyon zafiyetlerini ayrıntılı biçimde belgelemiştir.

Türkiye'de su ürünleri sahteciliğine karşı yasal çerçeve, 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu (Anonim, 2010) ve 1380 Sayılı Su Ürünleri Kanunu üzerine inşa edilmiştir (Anonim, 1971). Tebliğ; zorunlu tür adı beyanı, depolama sıcaklıkları ve katkı madde sınırlarını düzenlemektedir. Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesindeki Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü ile İl Müdürlükleri resmi denetimleri yürütmektedir. Bunun yanında e-Balıkçı sistemi elektronik avlanma bildirimleri ve tekne izleme kapasitesi sunmakla birlikte, AB'nin AIS entegrasyonu ile kıyaslandığında geliştirilme ihtiyacı mevcuttur.

Türk mevzuatının AB ile karşılaştırıldığında başlıca uyum boşlukları şunlardır: sahteciliğin gıda güvenliği ihlalden bağımsız bir suç tipi olarak tanımlanmaması; AB Food Fraud Network'e eşdeğer koordineli sahteciliğe karşı tarama programlarının bulunmaması; FAO balıkçılık bölgesi kodu sistematığının zorunlu etiket unsuru olarak henüz tam anlamıyla kodifiye edilmemesi ve AB'nin avlanma belgesi sistemine (catch certificate) paralel bir mekanizmanın kurulmamış olması. Bu boşlukların giderilmesi hem AB uyum süreci hem de Türk ihracat ürünlerinin dış pazarlarda rekabet gücü açısından stratejik öneme sahiptir.

İzlenebilirlik Sistemleri ve Yeni Teknolojiler

Su ürünleri izlenebilirliği; ürünün avlanma veya üretim anından son satış noktasına kadar tüm aşamalarının belgelenmesi ve doğrulanmasını kapsamakta olup hem gıda güvenliği hem de sahteciliğe karşı savunmanın temel altyapısını oluşturmaktadır. Kapsamlı bir izlenebilirlik sistemi asgari olarak şu unsurları kayıt altında tutmalıdır: gemi/çiftlik kimliği ve lisans bilgisi, avlanma/yetiştirme tarihi ve FAO bölgesi, tür ve ticaret formu, soğuk zincir sıcaklık verileri, lot/parti numarası ve tedarik zincirinin her kademesindeki aktör kimliği (Tablo 6).

Tablo 6. Su ürünleri tedarik zincirinde kullanılan izlenebilirlik sistemlerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi.

Sistem	Teknoloji Temeli	Kapsam Düzeyi	Avantaj	Zorluk
GS1 Barkod / RFID	Optik okuma; radyo tanımlama	Lot / parti	Yaygın; ucuz; AB ve ABD standart altyapısı	Merkezi; veri manipülasyonu mümkün
Blockchain (IBM Food Trust vb.)	Dağıtık defter; şifreli blok	Tüm tedarik zinciri	Değiştirilemez kayıt; şeffaflık; gerçek zamanlı doğrulama	Küçük ölçekli üretici entegrasyonu; platform birlikte çalışabilirliği
e-İzleme / AIS / VMS	Uydu takip; elektronik avlanma günlüğü	Tekne / av	Gerçek zamanlı konum; IUU tespiti; e-Balıkçı (Türkiye)	Açık denizde kapsama sorunları
DNA Parmak İzi İzlenebilirlik	Genetik kimlik; popülasyon ataması	Bireysel balık / sürü	Sahteciliğe karşı en güçlü kanıt; SNP/mikrosatellit tabanlı	Referans koleksiyonu şart; yüksek maliyet
QR Kod + Bulut Veri Tabanı	Mobil okuma; API entegrasyonu	Tüketici arayüzü	Düşük maliyet; tüketici katılımı; kara kutu şeffaflık	Veri doğrulama güvencesi; içerik güvenilirliği
İzotop / Element Provenance	IRMS + ICP-MS	Yığın / seri	Kimyasal parmak izi; bağımsız; manipülasyon imkânsız	Referans veri tabanı ve pahalı ekipman

Blockchain, veri bloklarının şifrelenmiş zincirleme kayıtlarla merkezsiz bir ağda saklandığı dağıtık defter teknolojisidir. Su ürünleri tedarik zincirinde avlanma belgesi, soğuk zincir izleme, menşei beyanı ve sertifika bilgilerini değiştirilmez biçimde kayıt altına alma kapasitesi, onu sahtecilikle mücadelede yapısal bir araç olarak öne çıkarmaktadır. IBM Food Trust platformu üzerinden yürütülen pilot çalışmalar, somon ve ton tedarikinde kayıt doğrulama

süresini günlerden saniyelere indirmeyi başarmıştır. Online gıda satışında sahteciliği önlemeye yönelik bir strateji olarak “gizli müşteri” (mystery shopper) denetim yöntemiyle kombinasyonu da önerilmektedir (FAO, 2026, s. 30). Teknolojinin temel kısıtlaması, blok zincirinin yalnızca ona giren verinin kalitesi kadar güvenilir olması ve küçük ölçekli balıkçıların dijital altyapıya erişim eşitsizliğidir.

Evrişimsel sinir ağı (Convolutional Neural Network (CNN)) bazlı görüntü analizi sistemleri; balık türünü, tazelik durumunu ve işlenme derecesini morfolojik özelliklerden tahmin etmede %90'nın üzerinde sınıflandırma doğruluğu rapor etmektedir (Hanifa ve ark., 2023, s. 67; Tupan ve ark., 2025, s. 17; Xun ve ark., 2024, s. 100784). LAMP bazlı lateral flow tarama kitleri ve MinION gibi taşınabilir NGS cihazları; elektrik ve laboratuvar altyapısı gerektirmeyen saha koşullarında hızlı tarama kapasitesi sağlamaktadır. Tüm bu teknolojiler mevcut durumda referans yöntem statüsü taşımamakla birlikte tarama aşamasında kaynak verimliliğini artıran ve önceliklendirilmiş numunelerin akredite analize yönlendirilmesini sağlayan kritik bir işlev üstlenmektedir.

Sağlık ve Çevre Üzerindeki Etkiler

Su ürünleri sahteciliğinin sonuçları; tüketicinin finansal zararıyla sınırlı kalmayıp doğrudan klinik sağlık riskleri, biyoçeşitlilik kaybı ve sürdürülebilir balıkçılık yönetiminin zedelenmesi gibi çok boyutlu etkiler doğurmaktadır. Bu etkilerin tamamı birbirinden bağımsız değil; aksine sahtecilik zincirinin farklı halkalarında ortaya çıkan ve birbirini besleyen sonuçlardır.

Biyotoksin maruziyeti, su ürünleri sahteciliğinin en doğrudan sağlık riskini oluşturmaktadır. Kirpi balığı (Fugu) türlerinin yanlış kimliklendirilmesi tetrodotoksin (TTX) zehirlenmesine yol açmaktadır. ABD’de 2007 yılında yaşanan pufferfish (balon balığı) zehirlenmesi vakası doğrudan etiket sahteciliğiyle ilişkilendirilmiştir

(Cohen ve ark., 2009, s. 810). Benzer biçimde escolar (*Lepidocybium flavobrunneum*) türünün ABD’de beyaz ton (white tuna) adıyla ya da butterfly (*Peprilus triacanthus*) yerine satılması ve tüketimini kısa süre sonra şiddetli gastrointestinal semptomlara yol açmaktadır (Lowenstein ve ark., 2009, s. e7866). Bu tür biyotoksin riskleri; alerjik reaksiyonları ya da ilaç kinetiğini değiştiren maddeler içeren ürünlerin yanlış satılması durumunda da ortaya çıkmaktadır.

Alerjen gizleme, özellikle hassas tüketici grupları için yaşamı tehdit eden boyutlar taşımaktadır. Karides, ıstakoz ve diğer kabuklu deniz ürünleri dünyada en yaygın besin alerjenleri arasında yer almaktadır. Surimi gibi işlenmiş ürünlerde gizlenen soya, buğday gluteni veya yumurta akı; çölyak hastaları ve besin alerjisi olan bireyler için anafilaktik şok riskine zemin hazırlayabilmektedir (FAO, 2026, s. 65; Khora, 2016, s. 504). Kiremit balığının (tilefish) yüksek cıva içeriğine karşın kırmızı levrek olarak satılması ise hamile kadınlar ve çocuklar gibi hassas gruplar için nörotoksikolojik risk oluşturmaktadır (Warner ve ark., 2013, s. 70).

Parazit ve mikrobiyolojik tehlikeler de göz ardı edilemeyecek bir risk kategorisi oluşturmaktadır. Soğuk zincir denetimini atlatan ya da bozulması gizlenen ürünler; *Anisakis* türleri, *Listeria monocytogenes* ve *Vibrio* türleri kaynaklı enfeksiyonlara zemin hazırlamaktadır. Momtaz ve ark. (2023, s. 205) yaptıkları çalışmada balık ve deniz ürünlerinde formaldehit düzeyinin güvenlik sınırını aştığı vakaları ve Sudan kırmızı (red) gibi izin verilmemiş sentetik boya renklerinin genotoksik ve karsinogenik potansiyel taşıdığını belgelemiştir. DLG (2018, s. 10)’de bu tür taşıyıcı maddelerinin standart yöntemlerle değil; yalnızca LC-MS/MS gibi ileri analitik tekniklerle tespit edilebildiğini vurgulamaktadır.

Su ürünleri sahteciliği, sürdürülebilir balıkçılık yönetimini hem doğrudan hem de dolaylı biçimde zedelemektedir. En kritik

boyut; nesli tehlike altındaki türlerin yasadışı yollarla gıda zincirine sokulmasıdır. Birleşik Arap Emirlikleri'nde yürütülen araştırmada köpekbalığı ticaretine konu olan türlerin %45,3'ünün IUCN Kırmızı Listesi'ndeki tehdit altındaki kategorilerde yer aldığı saptanmıştır (Jabado ve ark., 2015, s. 190). Brezilya Atlantik kıyılarında ise serbest yüzgeçli ton yerine satılan köpekbalığı türlerinin büyük çoğunluğunun “kritik derecede tehlikede” statüsünde bulunduğu belgelenmiştir (FAO, 2026, s. 80).

Kota ihlalleri ve IUU balıkçılık kaynaklı sahtecilik ise daha sinsi bir çevresel tehdit oluşturmaktadır. Kayıt dışı avlanan balıklar yasal tedarik zincirine karıştığında stok değerlendirme modellerine yanlış veriler aktarılmakta; bu durum balıkçılık yönetim kararlarını temelden yanıltmaktadır. Yanlış hesaplanan stok büyüklükleri aşırı avlanmaya zemin hazırlamakta ve uzun vadede balık popülasyonlarının çöküşünü hızlandırmaktadır. Sahtecilik böylece yalnızca anlık bir ekonomik suç olmaktan çıkıp ekosistem sağlığını ve gıda güvenliğini tehdit eden yapısal bir sorun niteliği kazanmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada ele alınan kavramsal çerçeve, sınıflandırma sistemi, analitik yöntemler, yasal düzenlemeler ve vaka çalışmaları bir arada değerlendirildiğinde, su ürünleri sahteciliğinin salt ekonomik bir suç kategorisinin çok ötesinde; halk sağlığını, biyoçeşitlilik yönetimini ve gıda sistemi bütünlüğünü tehdit eden yapısal ve çok boyutlu bir sorun olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır. Frederick Accum'un 1820'de yayımladığı “A Treatise on Adulteration of Foods and Culinary Poisons” adlı eserden iki yüz yıl geçmesine rağmen sorun çözüme kavuşturulamamış, aksine küreselleşen tedarik zincirleri ve gelişen işleme teknolojileriyle birlikte daha karmaşık bir boyut kazanmıştır (Kennedy, 2021, s. 11).

Sahtecilikle mücadelede analitik bilim son iki on yılda köklü bir dönüşüm geçirmiştir. DNA barkodlama ve NGS metabarkodlamanın rutin denetim platformlarına entegrasyonu; izotop oran analizinin coğrafi köken doğrulamasındaki artan rolü ve LC-MS/MS proteomiğin konserve ürünlerde tür tayinine olanak tanınması, bu dönüşümün en belirgin yansımalarıdır. Bununla birlikte analitik kapasite tek başına yeterli değildir. Luque & Donlan (2019, s. 559)'un küresel meta-analizin ve Pardo ve ark. (2018, s. 7)'in Avrupa çapındaki araştırmasının ortaya koyduğu gibi, mevcut denetim sistemleri analitik yetkinliğe sahip olduğunda bile piyasadaki yanlış etiketleme oranları %20'nin üzerinde seyretmeye devam etmektedir. Bu durum, sahtecilikle mücadelenin yalnızca bir tespit sorunu değil; aynı zamanda ekonomik teşvik yapısını, yasal çerçeveyi ve kurumsal kapasiteyi kapsayan bütünlük bir sistem sorunu olduğunu göstermektedir.

Yasal çerçeve açısından AB, kapsamlı etiketleme yükümlülükleri, izlenebilirlik gereklilikleri ve koordineli denetim programlarıyla küresel ölçekte en güçlü mevzuat altyapısını oluşturmuş olmakla birlikte; yaptırımların üye devletler arasında tutarsızlığı bu çerçevenin etkinliğini sınırlandırmaktadır. ABD'de SIMP ve COOL gibi programlar belirli kategorilerde anlamlı ilerleme sağlamış; ancak Spiegel & Beyranevand (2022, s. 24)'nin kapsamlı hukuki analizi koordinasyon boşluklarının sürdüğünü belgelemiştir. Türkiye'de ise Türkmen & Ataseven (2020, s. 65)'in ortaya koyduğu üzere, 2012'den bu yana uygulanan kamuoyu ifşa mekanizması olumlu bir adım olmakla birlikte; caydırıcılıktan uzak yaptırım düzeyi ve sahteciliğe özgü bağımsız suç kategorisinin yokluğu temel yapısal eksiklikler olarak öne çıkmaktadır.

Taksonomik boyut da göz ardı edilemez. FAO (2026, s. 15)'nın dikkat çektiği gibi, 12.413 ticari tür içeren bu sektörde terminolojik belirsizlik ve taksonomik bilgi asimetrisi sahtecilik fırsatı yaratmaya devam etmektedir. Ticari isim

standardizasyonunun sağlanması ve bilimsel adın zorunlu etiket unsuru haline getirilmesi; hem tüketicinin bilinçli tercih yapmasını hem de yanlışlıkla tür karıştırma ile kasıtlı sahteciliği birbirinden ayırt etmeyi kolaylaştıracaktır. John Spink & Douglas C. Moyer (2011, s. R157) ve J. Spink (2019, s. 20)'in çerçevesinde ifade edildiği biçimiyle; sahteciliğin ortadan kaldırılması için fırsat penceresinin daraltılması şarttır. Buda ancak izlenebilirlik, analitik kapasite ve yasal yaptırımın eş zamanlı güçlendirilmesiyle mümkündür.

Küresel ölçekte bakıldığında, gıda bütünlüğü ile sürdürülebilir balıkçılık yönetiminin birbirinden ayrılamaz olduğu açıktır. Jabado ve ark. (2015, s. 190)'in Birleşik Arap Emirlikleri köpekbalığı ticareti üzerine yaptığı çalışma ve Brezilya'daki ton/köpekbalığı ikamesi vakaları, sahteciliğin yalnızca tüketiciyi yanıltmakla kalmayıp Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN)'nin Kırmızı Listesi'ndeki türlerin ticari akışına zemin hazırladığını somut olarak belgelemektedir. Bu tabloda balıkçılık sahteciliğiyle mücadele; çevre politikası, ticaret hukuku ve gıda güvenliği politikalarının kesiştiği çok disiplinli bir sorumluluk alanı olarak konumlanmaktadır. Tüm bu gerçekler göz önüne alındığında, etkin bir mücadelenin yalnızca reaktif denetimle değil; zafiyet değerlendirmesi, erken uyarı sistemleri ve paydaşlar arası koordinasyona dayanan proaktif bir yaklaşımla mümkün olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Kaynakça

Anonim. (1971). *1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu*. (13799). Ankara: Resmi Gazete

Anonim. (2010). *5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu*. Ankara: Resmî Gazete (Sayı: 27610)

Armani, A., Giusti, A., Castigliego, L., Rossi, A., Tinacci, L., Gianfaldoni, D., & Guidi, A. (2014). Pentaplex PCR as screening assay for jellyfish species identification in food products. *J Agric Food Chem*, 62(50), 12134-12143. <https://doi.org/10.1021/jf504654b>

Armani, A., Guardone, L., La Castellana, R., Gianfaldoni, D., Guidi, A., & Castigliego, L. (2015). DNA barcoding reveals commercial and health issues on seafood sold in the Italian market in ethnic stores. *Food Control*, 55, 206–214.

Artık, N. (2013). Gıdalarda taklit ve tağşiş. In *Ankara Üniversitesi Gıda Güvenliği Enstitüsü Yayınları*. Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Carrera, M., Cañas, B., & Vázquez, J. A. (2012). Extensive de novo sequencing of new parvalbumin isoforms using a novel combination of bottom-up proteomics, accurate molecular mass measurement by FTICR-MS and selected MS/MS ion monitoring *Journal of Proteome Research*, 11(8), 4983–4994.

Carvalho, D. C., Guedes, D., da Gloria Trindade, M., Coelho, R. M. S., & de Lima Araujo, P. H. (2017). Nationwide Brazilian governmental forensic programme reveals seafood mislabelling trends and rates using DNA barcoding. *Fisheries Research*, 191, 30-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.02.021>

Chang, C.-H., Lin, H.-Y., Ren, Q., Lin, Y.-S., & Shao, K.-T. (2016). DNA barcode identification of fish products in Taiwan:

Government-commissioned authentication cases. *Food Control*, 66, 38-43.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.034>

Chiesa, L. M., Pavlovic, R., Nobile, M., Di Cesare, F., Malandra, R., Pessina, D., & Panseri, S. (2020). Discrimination between Fresh and Frozen-Thawed Fish Involved in Food Safety and Fraud Protection. *Foods*, 9(12), 1896.

Cohen, N. J., Deeds, J. R., Wong, E. S., Hanner, R. H., Yancy, H. F., White, K. D.,...Gerber, S. I. (2009). Public health response to puffer fish (Tetrodotoxin) poisoning from mislabeled product. *J Food Prot*, 72(4), 810-817. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-72.4.810>

Consumentenbond. (2016). *Food Fraud: Consumer Trust & Food Integrity*.

Cressey, D. (1953). *Other People's Money: A Study in the Social Psychology of Embezzlement*. Free Press, Glencoe, IL.

DePiper, G., & Holzer, J. (2024). Food and fraud: On the Codfather and harvest mislabeling. *The RAND Journal of Economics*, 55(3), 463-498. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1756-2171.12476>

DLG, D. L.-G. (2018). *Food Fraud: Possibilities and Opportunities for Risk Minimisation in Complex Networked Value-Added Chains. DLG Expert Report 11/2018*. https://www.dlg.org/fileadmin/downloads/Expertenwissen/lebensmittelsensorik/e_2018_11_Expertenwissen_FoodFraud_EN.pdf

Donlan, C. J., & Luque, G. M. (2019). Exploring the causes of seafood fraud: A meta-analysis on mislabeling and price. *Marine Policy*, 100, 258-264. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.11.022>

Dooley, J. J., Sage, H. D., Clarke, M. A., Brown, H. M., & Garrett, S. D. (2005). Fish species identification using PCR-RFLP analysis and lab-on-a-chip capillary electrophoresis: application to detect white fish species in food products and an interlaboratory study. *J Agric Food Chem*, 53(9), 3348-3357. <https://doi.org/10.1021/jf047917s>

European Commission. (2004). *Regulation of laying down specific hygiene rules for food of animal origin*. (Regulation No 853/2004). Official Journal of the European Union

European Commission. (2008). *A community system to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing, amending*. (Regulation No 1005/2008). Official Journal of the European Union Retrieved from <https://www.legislation.gov.uk/eur/2008/1005/introduction>

European Commission. (2009). *Establishing a Community control system for ensuring compliance with the rules of the common fisheries policy*. (Regulation No 1224/2009). Official Journal of the European Union Retrieved from <https://www.legislation.gov.uk/eur/2009/1224/2009-11-20#>

European Commission. (2011). *Regulation on the provision of food information to consumers*. (Regulation No 1169/2011). Official Journal of the European Union Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:en:PDF>

Everstine, K., Hellberg, R. S., & Sklare, S. A. (2021). Introduction to food fraud. In R. S. Hellberg, K. Everstine, & S. A. Sklare (Eds.), *Food Fraud: A Global Threat with Public Health and Economic Consequences* (pp. 1-7). Academic Press / Elsevier, Cambridge, MA.

Fain, S. R., Straughan, D. J., Hamlin, B. C., Hoesch, R. M., & LeMay, J. P. (2013). Forensic genetic identification of sturgeon caviars traveling in world trade. *Conservation Genetics*, 14(4), 855-874. <https://doi.org/10.1007/s10592-013-0481-z>

FAO. (2016). *Agreement on Port State Measures to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing*.

FAO. (2024). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2024*. FAO, Rome.

FAO. (2026). *Food fraud in the fisheries and aquaculture sector. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 742*. <https://doi.org/10.4060/cd8244en>

Fernandes, T. J. R., Costa, J., Oliveira, M., & Mafra, I. (2017). DNA barcoding coupled to HRM analysis as a new and simple tool for the authentication of Gadidae fish species. *Food Chem*, 230, 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.015>

Fransvea, A., Celano, G., Pagliarone, C. N., Disanto, C., Balzaretto, C., Celano, G. V., & Bonerba, E. (2014). Food Labelling: A Brief Analysis of European Regulation 1169/2011. *Ital J Food Saf*, 3(3), 1703. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2014.1703>

Garcia-Vazquez, E., Perez, J., Martinez, J. L., Pardiñas, A. F., Lopez, B., Karaïskou, N.,... Triantafyllidis, A. (2011). High Level of Mislabeling in Spanish and Greek Hake Markets Suggests the Fraudulent Introduction of African Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(2), 475-480. <https://doi.org/10.1021/jf103754r>

Giannakas, K., & Yiannaka, A. (2023). Food Fraud: Causes, Consequences, and Deterrence Strategies. *Annual Review of Resource Economics*, 15, 85-104. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-101422-013027>

Giusti, A., Malloggi, C., Magagna, G., Filipello, V., & Armani, A. (2024). Is the metabarcoding ripe enough to be applied to the authentication of foodstuff of animal origin? A systematic review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 23(1), e13256. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13256>

Glover, K. A., Dahle, G., & Jørstad, K. E. (2011). Genetic identification of farmed and wild Atlantic cod, *Gadus morhua*, in coastal Norway. *ICES Journal of Marine Science*, 68(5), 901-910. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr048> %J ICES Journal of Marine Science

Gopi, K., Mazumder, D., Sammut, J., Saintilan, N., Crawford, J., & Gadd, P. (2019). Combined use of stable isotope analysis and elemental profiling to determine provenance of black tiger prawns (*Penaeus monodon*). *Food Control*, 95, 242-248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.08.012>

Grassi, S., Casiraghi, E., & Alamprese, C. (2018). Handheld NIR device: A non-targeted approach to assess authenticity of fish fillets and patties. *Food Chem*, 243, 382-388. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.145>

Handy, S. M., Deeds, J. R., Ivanova, N. V., Hebert, P. D., Hanner, R. H., Ormos, A.,... Yancy, H. F. (2011). A single-laboratory validated method for the generation of DNA barcodes for the identification of fish for regulatory compliance. *JAOAC Int*, 94(1), 201-210.

Hanifa, M., Ramadhan, A., Husna, N. M., Widiyono, N., Mubarak, R., Putri, A., & Priyanta, S. (2023). Fishku Apps: Fishes Freshness Detection Using CNN With MobilenetV2. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 17, 67. <https://doi.org/10.22146/ijccs.80049>

Hanner, R., Becker, S., Ivanova, N. V., & Steinke, D. (2011). FISH-BOL and seafood identification: geographically dispersed case studies reveal systemic market substitution across Canada. *Mitochondrial DNA*, 22 Suppl 1, 106-122. <https://doi.org/10.3109/19401736.2011.588217>

Hassoun, A., Shumilina, E., Di Donato, F., Foschi, M., Simal-Gandara, J., & Biancolillo, A. (2020). Emerging Techniques for Differentiation of Fresh and Frozen–Thawed Seafoods: Highlighting the Potential of Spectroscopic Techniques. *Molecules*, 25(19), 4472.

Hebert, P. D., Ratnasingham, S., & deWaard, J. R. (2003). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proc Biol Sci*, 270 Suppl 1(Suppl 1), S96-99. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2003.0025>

Jabado, R. W., Al Ghais, S. M., Hamza, W., Henderson, A. C., Spaet, J. L. Y., Shivji, M. S., & Hanner, R. H. (2015). The trade in sharks and their products in the United Arab Emirates. *Biological Conservation*, 181, 190-198. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.032>

Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K. A., & Hindar, K. (2011). Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Mol Ecol Resour*, 11 Suppl 1, 247-253. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2010.02959.x>

Kennedy, S. P. (2021). History of food fraud and development of mitigation requirements and standards. In *Food Fraud: A Global Threat with Public Health and Economic Consequences* (pp. 9–28). Academic Press / Elsevier.

Khora, S. S. (2016). Seafood-Associated Shellfish Allergy: A Comprehensive Review. *Immunol Invest*, 45(6), 504-530. <https://doi.org/10.1080/08820139.2016.1180301>

Lago, F. C., Alonso, M., Vieites, J. M., & Espiñeira, M. (2014). Fish and Seafood Authenticity—Species Identification. In *Seafood Processing* (pp. 419-452). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118346174.ch16>

Leduc, F., Krzewinski, F., Le Fur, B., N'Guessan, A., Malle, P., Kol, O., & Duflos, G. (2012). Differentiation of fresh and frozen/thawed fish, European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*), cod (*Gadus morhua*) and salmon (*Salmo salar*), using volatile compounds by SPME/GC/MS. *J Sci Food Agric*, 92(12), 2560-2568. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5673>

Lowenstein, J. H., Amato, G., & Kolokotronis, S.-O. (2009). The Real *maccoyii*: Identifying Tuna Sushi with DNA Barcodes – Contrasting Characteristic Attributes and Genetic Distances. *PLoS One*, 4(11), e7866. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007866>

Luque, G. M., & Donlan, C. J. (2019). The characterization of seafood mislabeling: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 236, 556-570. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.04.006>

Marlard, S., Doyen, P., & Grard, T. (2019). Rapid Multiparameters Approach to Differentiate Fresh Skinless Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fillets from Frozen-Thawed Ones. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(2), 253-262. <https://doi.org/10.1080/10498850.2019.1572257>

Marrone, R., Mascolo, C., Palma, G., Smaldone, G., Girasole, M., & Anastasio, A. (2015). Carbon Monoxide Residues in Vacuum-Packed Yellowfin Tuna Loins (*Thunnus albacares*). *Ital J Food Saf*, 4(3), 4528. <https://doi.org/10.4081/ijfs.2015.4528>

Marvin, H. J. P., Bouzembrak, Y., Janssen, E. M., van der Fels-Klerx, H. J., van Asselt, E. D., & Kleter, G. A. (2016). A holistic approach to food safety risks: Food fraud as an example. *Food*

Research International, 89, 463-470.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.08.028>

Meusnier, I., Singer, G. A., Landry, J. F., Hickey, D. A., Hebert, P. D., & Hajibabaei, M. (2008). A universal DNA mini-barcode for biodiversity analysis. *BMC Genomics*, 9, 214.
<https://doi.org/10.1186/1471-2164-9-214>

Momtaz, M., Bubli, S. Y., & Khan, M. S. (2023). Mechanisms and Health Aspects of Food Adulteration: A Comprehensive Review. *Foods*, 12(1), 199.
<https://doi.org/10.3390/foods12010199>

Oceana. (2019). *Mislabelled: Montreal investigation results and how to fix Canada's seafood fraud problem*. Oceana Canada. Retrieved 10.06.2026 from <https://oceana.ca/en/reports/mislabelled-montreal-investigation-results-and-how-fix-canadas-seafood-fraud/>

Pardo, M. Á., Jiménez, E., Viðarsson, J. R., Ólafsson, K., Ólafsdóttir, G., Daniélsdóttir, A. K., & Pérez-Villareal, B. (2018). DNA barcoding revealing mislabeling of seafood in European mass caterings. *Food Control*, 92, 7-16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.044>

Popelka, P., Nagy, J., Pipová, M., Marcincak, S., & Lenhardt, E. (2014). Comparison of chemical, microbiological and histological changes in fresh, frozen and double frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Veterinaria Brno*, 83, 157-161.
<https://doi.org/10.2754/avb201483020157>

Pramod, G., Nakamura, K., Pitcher, T. J., & Delagran, L. (2014). Estimates of illegal and unreported fish in seafood imports to the USA. *Marine Policy*, 48, 102-113.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.03.019>

Rehbein, H. (1979). Development of an enzymatic method to differentiate fresh and sea-frozen and thawed fish fillets. I.

Comparison of the applicability of some enzymes of fish muscle. *Z Lebensm Unters Forsch*, 169(4), 263-265.
<https://doi.org/10.1007/bf01193791>

Rehbein, H., Kress, G., & Schreiber, W. (1978). An enzymic method for differentiating thawed and fresh fish fillets. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29(12), 1076-1082.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2740291213>

Savan, R., Kono, T., Itami, T., & Sakai, M. (2005). Loop-mediated isothermal amplification: an emerging technology for detection of fish and shellfish pathogens. *Journal of Fish Diseases*, 28(10), 573-581. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2005.00670.x>

Silva, A. J., Hellberg, R. S., & Hanner, R. H. (2021). Seafood fraud. In *Food Fraud* (pp. 109–137). Academic Press / Elsevier.

Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *J Am Coll Nutr*, 21(6), 495-505. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719248>

Sotelo, C. G., Velasco, A., Perez-Martin, R. I., Kappel, K., Schröder, U., Verrez-Bagnis, V.,...Griffiths, A. (2018). Tuna labels matter in Europe: Mislabelling rates in different tuna products. *PLoS One*, 13(5), e0196641.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196641>

Spiegel, E. J., & Beyranevand, L. J. (2022). *Seafood Fraud: Analysis of Legal Approaches in the United States*.

Spink, J. (2019). *Food Fraud Prevention: Introduction, Implementation, and Management*. Springer Nature, New York.

Spink, J., & Moyer, D. C. (2011). Defining the Public Health Threat of Food Fraud. *J Food Sci*, 76(9), R157-R163.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02417.x>

Spink, J., & Moyer, D. C. (2011). Defining the public health threat of food fraud %J *Journal of Food Science*. 76(9), R157–R163.

Spink, J. W. (2023). The GFSI food fraud prevention compliance development & requirements: A ten-year review. *Trends in Food Science & Technology*, 138, 766-773. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.07.014>

Staffen, C. F., Staffen, M. D., Becker, M. L., Löfgren, S. E., Muniz, Y. C. N., de Freitas, R. H. A., & Marrero, A. R. (2017). DNA barcoding reveals the mislabeling of fish in a popular tourist destination in Brazil. *PeerJ*, 5, e4006. <https://doi.org/10.7717/peerj.4006>

Sumaila, U. R., Zeller, D., Hood, L., Palomares, M. L. D., Li, Y., & Pauly, D. (2020). Illicit trade in marine fish catch and its effects on ecosystems and people worldwide. *Science Advances*, 6(9), eaaz3801. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz3801>

Thomas, F., Jamin, E., Wietzerbin, K., Guérin, R., Lees, M., Morvan, E.,...Robins, R. J. (2008). Determination of origin of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the use of multiprobe and multielement isotopic analyses in combination with fatty acid composition to assess wild or farmed origin. *J Agric Food Chem*, 56(3), 989-997. <https://doi.org/10.1021/jf072370d>

Tokur, B., & Korkmaz, K. (2023). Electrophoretic Methods for Identifying the Species of Seafood and Its

Derivatives. *Food Bulletin*, 2(2), 61-70. <https://doi.org/https://doi.org/10.61326/foodb.v2i2.121>

Tupan, J. M., Rieuwpassa, F., Setha, B., Latuny, W., & Goesniady, S. (2025). A Deep Learning Approach to Automated Treatment Classification in Tuna Processing: Enhancing Quality Control in Indonesian Fisheries. *Fishes*, 10(2), 75.

Türkmen, S., & Ataseven, Y. (2020). Türkiye’de Taklit ve Tağşiş Yapılan Gıdalara İlişkin Yasal Düzenlemelerin ve Uygulamaların Değerlendirilmesi [Evaluation of Legislation and Practices Related to Counterfeit and Adulterated Food in Turkey]. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 65-75.

Warner, K., Roberts, W., Mustain, P., Lowell, B., & Swain, M. (2019). *Casting a wider net: more action needed to stop seafood fraud in the United States*. https://usa.oceana.org/wp-content/uploads/sites/4/march_2019_oceana_seafood_fraud_report_final.pdf

Warner, K., Timms, W., Lowell, B., & Hirshfield, M. (2013). *Oceana study reveals seafood fraud nationwide*. Retrieved 10.06.2026 from https://oceana.org/sites/default/files/reports/National_Seafood_Fraud_Testing_Results_FINAL.pdf

Xiong, X., Guardone, L., Cornax, M. J., Tinacci, L., Guidi, A., Gianfaldoni, D., & Armani, A. (2016). DNA barcoding reveals substitution of Sablefish (*Anoplopoma fimbria*) with Patagonian and Antarctic Toothfish (*Dissostichus eleginoides* and *Dissostichus mawsoni*) in online market in China: How mislabeling opens door to IUU fishing. *Food Control*, 70, 380-391. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.06.010>

Xun, Z., Wang, X., Xue, H., Zhang, Q., Yang, W., Zhang, H.,...Wang, X. (2024). Deep machine learning identified fish flesh using multispectral imaging. *Curr Res Food Sci*, 9, 100784. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100784>

Yükselen, U. G. (2016). Taklit ve tağşiş. *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 49, 32–39.

BÖLÜM 3

ÖNEMLİ BAZI ALABALIK TÜRLERİ VE ALT TÜRLERİN GENEL BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Mücahit YÜNGÜL¹
Zühal KARAMAN²
Mustafa DÖRÜCÜ³

1. Giriş

Dünya nüfusunun sürekli artışı ve değişen beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak hayvansal ürünlere olan talebin yükselmesi, su ürünleri sektörünün gelişmesinde ana unsur olarak kabul edilir. Dolayısıyla insanların protein ihtiyaçlarının karşılanmasında kaliteli bir protein kaynağı olan balık etinin önemli bir yeri vardır. Her geçen gün artan nüfusa dengeli bir beslenme alışkanlığı kazandırmak ise ülkelerin hedefleri arasına girmiştir. Özellikle hayvansal protein temininde hem sağlıklı, hem de besleyici olan beyaz ete rağbet artmaktadır. Kanatlı hayvanlar hariç tutulduğunda beyaz et kaynağı bakımından su ürünleri en önemli grubu oluşturur. Ancak su ürünlerinin önemi artmasına rağmen sular

¹ Su Ürünleri Yüksek Mühendisi, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, ORCID: 0000-0003-4226-0225

² Dr., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-2499-7752

³ Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, ORCID: 0000-0002-1330-4965

kirletilmekte ve yasal düzenlemelere uyulmaksızın bilinçsizce kullanılmaktadır. Doğal su kaynaklarının tahrip edilmesi ve balıkların çeşitli teknolojik gelişmelerle açık denizlerde avlanmaya başlanması nedeniyle denizlerde ve iç sularda kültür balıkçılığının önemi hızlı bir şekilde artış göstermektedir (Sağlam, Özdemir & Sarıeyyüpoğlu, 2008: 1; Yüngül, Harlıoğlu & Bağcı, 2012: 91).

Su ürünleri yetiştiriciliği kapsamında özellikle kültür balıkçılığında alabalıklar ayrı bir önem arz eder. Alabalıklar, Salmonidae familyası içerisinde yer alan, kuzey yarımkürede doğal olarak yaşayan ve doğal dağılım alanlarının içinde ve dışında yaygın olarak bulunan ışın yüzgeçli balıklardır (Brand & ark., 2024: 882). Dolayısıyla Salmonidae familyası oldukça geniş bir balık grubunu kapsar. Bu gruba ait balıklar 11 cinse ayrılmış olup, 241 türden oluşur. Bu türler morfolojik ve ekolojik farklılıklardan kaynaklanan yaşam tarzları nedeniyle günümüze kadar bir çok araştırmacı tarafından çok farklı isimler altında tanımlanmışlardır. Ayrıca kahverengi alabalıklar olarak nitelendirilen *Salmo trutta*'lar ise yaşadıkları ortamlara göre isimlendirilmişlerdir (McDonald, Danzmann & Ferguson, 2004: 65; Kavuk, 2019: 5; URL 1, 2025).

Salmonidae familyasında ekonomik yetiştiricilik ve doğal suların balıklandırılması için önem arz eden bazı cinslerin türleri kullanılır. Bu bağlamda kullanılan *Salmo* cinsi, Salmonidae familyasının ülkemizde doğal olarak bulunan tek cinsi olup, 52 tür ihtiva eder. *Salvelinus* cinsi ise 51 türden oluşurken, *Oncorhynchus* cinsi de 17 tür içermektedir (URL 1, 2025).

Bu balık türleri, üreme göçleri sırasında okyanus veya göllerden elde edilen besinleri akarsu ve kıyı ekosistemlerine aktararak ve birçok büyük sucul ve karasal avcılar için önemli bir besin kaynağı sağlayarak, buldukları ortamlarda genellikle ekolojik kilit bir rol üstlenirler. Ayrıca morfolojik bakımdan sırt ve kuyruk yüzgeci arasında yer alan yağ yüzgeci ile karakterizedirler. Dolayısıyla alabalıklar; hem ekolojik hem de ekonomik açıdan

büyük bir öneme sahip balık gruplarından biri olup su ürünleri sektöründe yüksek istihdam, ihracat potansiyeli ve iç piyasa tüketimiyle önemli ekonomik girdi sağlayan bir faaliyet alanı olarak ticari yetiştiricilikte yaygın olarak kullanılır (Brand & ark., 2024: 882).

Soğuk, berrak ve temiz tatlı su ekosistemlerinin karakteristik türleri arasında yer alan alabalıklar; yüksek çözünmüş oksijen ihtiyacı ve çevresel değişimlere karşı duyarlılıkları nedeniyle sucul habitatların biyolojik kalite göstergeleri olarak da değerlendirilirler. Bu yönleriyle alabalık türleri sadece doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından değil aynı zamanda su ürünleri yetiştiriciliği ve rekreasyonel balıkçılık faaliyetleri bakımından da önemli bir araştırma konusu oluşturmaktadır (Brand & ark., 2024: 882). Dolayısıyla dünya genelinde en çok tanınan salmon (*Salmo salar*) ve alabalık (*Salmo trutta fario*, *S. trutta trutta*, *Salvelinus fontinalis*, *S. alpinus*, *S. namaycush*, *Oncorhynchus mykiss*) türleri ile ülkemizin yerel alabalık alt türleri (*Salmo labrax*, *S. macrostigma*, *S. abanticus*, *S. caspius*, *S. trutta lacustris*) içinde geniş çevresel koşullar altında yoğun ve yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli türün Kuzey Amerika kökenli gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) olduğu bildirilmiştir (Çelikkale, 2002: 1; Anonim, 2015: 3; Çavdar & Elp, 2025: 934). Ayrıca ülkemizdeki doğal sularda bulunmayan, fakat kültür şartlarında yetiştiriciliği yapılan bir diğer türün ise kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) olduğu belirtilmiştir (Önder, 2013: 6).

Gökkuşağı alabalığı, kaynak alabalığı ile birlikte hemen hemen aynı yıllarda Kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilmesine karşın; kültür koşullarına uygun niteliklerinden dolayı gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği daha hızlı bir artış göstermiş ve günümüzde bir endüstri haline gelmiştir (Yurtman, 2006: 20; Yüngül, Karaman & Dörücü, 2016: 1). Bu türlerin dışında Türkiye'de özellikle Karadeniz Bölgesi'nde üretilen ve salmon balıklarına ait önemli bir

tür olan Atlantik salmonu (*Salmo salar*) da mevcuttur (URL 2, 2026).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2023 yılı dünya su ürünleri toplam üretimi 189 milyon tona ulaşırken; bunun 90 milyon tonu (% 47,85) avcılık ile 99 milyon tonu da (% 52,15) yetiştiricilik ile elde edilmiştir. Dolayısıyla elde edilen 189 milyon ton toplam üretimin 5,4 milyon tonunu alabalıklar oluşturmaktadır. Mevcut üretimin 1,1 milyon tonu avcılık yoluyla elde edilmiş olup, 4,3 milyon tonu ise yetiştiricilikle (Tablo 1) üretilmiştir. 2023 verilerine göre Türkiye, 221.046 ton üretimiyle hem Avrupa'nın hem de dünyanın en büyük gökkuşığı alabalığı üreticisi konumundadır (FAO, 2024: 26; 2025: 83).

Tablo 1. Dünya'daki salmon ve alabalık üretim miktarları (10³ ton)

Yıl	Avcılık	Yetiştiricilik	Toplam
2014	955	3 418	4 373
2015	1 107	3 397	4 504
2016	931	3 332	4 263
2017	994	3 497	4 491
2018	1 143	3 552	4 695
2019	1 065	3 855	4 920
2020	716	4 026	4 742
2021	1 070	4 225	5 295
2022	760	4 303	5 063
2023	1 152	4 272	5 424

Kaynak: (FAO, 2021: 10; 2024: 26; 2025: 83)

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de su ürünleri yetiştiriciliği büyük bir hızla artış göstermektedir. Dolayısıyla Türkiye'de yetiştiriciliği yapılan türler arasında gökkuşığı alabalığı ilk sıralarda yer almaktadır. Gökkuşığı alabalığının ülkemizdeki iç sularda ve denizlerde yetiştiricilikle elde edilen toplam üretim miktarlarına bakıldığında, her geçen yılın bir önceki yıla göre artış gösterdiği saptanmıştır (Tablo 2). Diğer alabalık türlerine (*Salmo*

sp.) ait yetiştiricilik miktarlarına bakıldığında ise iç sulardan elde edilen üretim miktarlarının denizlerden elde edilen üretim miktarlarına göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Buna göre 2024 yılında deniz ve iç sularda yetiştirilen 577.124 ton kültür balığının 231.591 tonunu alabalıklar oluşturmaktadır. Mevcut alabalık üretiminin 60.686 tonu denizlerde, 170.905 tonu ise iç sularda (Tablo 2) yetiştirilmiştir (TÜİK, 2024; 2025).

Tablo 2. Türkiye'deki alabalık üretim miktarları (Yetiştiricilik) (ton)

YIL	Deniz			İçsu			Toplam (ton)
	Gökkuşuğu	<i>Salmo sp.</i>	Toplam	Gökkuşuğu	<i>Salmo sp.</i>	Toplam	
2015	6 178	685	6 863	100 411	755	101 166	108 029
2016	4 643	1 073	5 716	99 712	1 585	101 297	107 013
2017	4 972	980	5 952	101 761	1 944	103 705	109 657
2018	9 235	375	9 610	103 192	1 695	104 887	114 497
2019	9 411	281	9 692	113 678	2 375	116 053	125745
2020	18 182	507	18 689	126 101	1 804	127 905	146 594
2021	31 509	45	31 554	134 174	1 558	135 732	167 286
2022	45 454	.	45 454	144 347	1 302	145 649	191 103
2023	66 055	.	66 055	154 991	1 440	156 431	222 486
2024	60 686	.	60 686	169 473	1 432	170 905	231 591

Kaynak: Anonim, 2024: 31; BSGM, 2024; TÜİK, 2024; TÜİK, 2025

Yukarıda belirtilen tüm faktörler ve alabalık üretim miktarları dikkate alındığında, özellikle entansif ve yarı entansif balık yetiştiriciliğinde alabalık türlerinin ekolojik kilit bir rol üstlendiği bir kez daha ön plana çıkmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada yer alan; yaşam alanı tercihleri, tanımsal morfolojik özellikleri ve filogenetik incelemelere göre ayırt edilebilen önemli bazı alabalık türlerinin genel biyolojik özellikleri incelenmiş olup, ön bilgi niteliğinde olan bilgiler sunulmaya çalışılmıştır. Böylece hem bilimsel literatüre katkı sağlanması, hem de uygulamaya yönelik balıkçılık çalışmalarına temel bir bilgi alt yapısı oluşturulması hedeflenmektedir.

2. Alabalıkların Biyolojik Özellikleri

2.1. Alabalıkların Sistematikteki Yeri

Salmonidae familyasına ait olan alabalıkların sistematikteki yerinin belirlenmesinde Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Whiteley & ark., 2019: 95'ten yararlanılmıştır.

Alem	: Animalia
Alt Alem	: Metazoa
Şube	: Chordata
Alt Şube	: Vertebrata
Üst Sınıf	: Pisces
Grup	: Gnathostomata
Sınıf	: Osteichthyes
Alt Sınıf	: Actinopterygii
Üst Takım	: Teleostei
Takım	: Salmoniformes
Aile	: Salmonidae
Cins	: <i>Salmo</i>
Tür	: <i>Salmo salar</i>
Tür	: <i>Salmo labrax</i>
Tür	: <i>Salmo macrostigma</i>
Tür	: <i>Salmo abanticus</i>
Tür	: <i>Salmo caspius</i>
Tür	: <i>Salmo trutta</i>
Alt Tür	: <i>Salmo trutta fario</i>
Alt Tür	: <i>Salmo trutta trutta</i>
Alt Tür	: <i>Salmo trutta lacustris</i>
Cins	: <i>Salvelinus</i>
Tür	: <i>Salvelinus fontinalis</i>
Tür	: <i>Salvelinus alpinus</i>
Tür	: <i>Salvelinus namaycush</i>
Cins	: <i>Oncorhynchus</i>
Tür	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>

2.2. Alabalıkların Genel Özellikleri

2.2.1. *Salmo salar*, LINNAEUS, 1758

Yayılış Alanları: Atlantik salmonu; Kuzey Amerika ve Kanada kıyıları, Kuzey Denizi, Rusya'nın kuzeybatısında bulunan Beyazdeniz, Arktik Okyanusu (Barents ve Kuzey Buz Denizi), Atlas Okyanusu'nun bir kolu olan Baltık Denizi havzaları, Portekiz'in kuzeybatı sahilleri (Minho ve Douro nehirleri), Kuzey İspanya'daki sahiller, İzlanda, Büyük Britanya ve İskandinav ülkelerinde (Danimarka, Norveç, İsveç) doğal olarak bulunup, geniş bir alana yayılmışlardır (Demirsoy, 1998: 361; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Kottelat & Freyhof, 2007: 395; Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2).

Tanımsal Özellikleri: Atlantik salmonu popülasyonları arasında dış görünüş bakımından farklılıklar vardır. Ancak pul düzeni ve görünüşü bu türe özgü bir özelliktir. Dolayısıyla bu balık türü D (Dorsal/Sırt yüzgeci) III-IV, 9-15; A (Anal/Anüs yüzgeci) III-IV, 7-11; V (Ventral/Karın yüzgeci) 9-10 ve P (Pektoral/Göğüs yüzgeci) 12-15 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yağ (adipoz) yüzgecinin ön kısmı ile yanal çizgi arasında 10-13 pul ihtiva eder. Ayrıca yanal çizgi üzerinde 150 adetten daha az sayıda pul bulunur. Omur sayıları 58-61 arasındadır. Sırt ve anüs dikenleri sayıları 3-4, solungaç tarakları sayısı ise 17-24 arasındadır (Çakır & Mater, 1993: 14; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Bu balıkların vücudu mekik şeklinde olup, vücuduna göre baş kısmı küçüktür. Kuyruk (Kaudal) yüzgeci ise hafif çatallı ve düz yapıdadır. Ancak 20 cm standart boy uzunluğundan daha küçük olan bireylerde kuyruk yüzgeci derin çatallıdır. Vomerin (sapan kemiği) arka kısmında diş yoktur. Bu balık türü, yukarıda belirtilen benzersiz özellikleri nedeniyle diğer balık türlerinden ayırt edilir. Ayrıca yumurtlama döneminde erkek bireyler, sivri uçlarında birleşen uzun kanca şeklinde çeneleri, daha kalın yüzgeçleri ve vücutlarını

kaplayan mukus tabakasıyla karakterize edilirler. Erkeklerin sivri çeneleri üreme sonrasında ise küçülür (Muus & Nielsen, 1999). Bu balıklarda vücut küçük sikloid pullarla kaplı olup, kuyruk sapı kısadır. Gonad gelişimi ile balığın, özellikle erkek bireylerin dış görünüşleri değişir ve alt çenede kıvrımlar oluşur (Şekil 1). Ağız gözün alt kısmına kadar uzanır (Çakır & Mater, 1993: 14; Kottelat & Freyhof, 2007: 395; URL 3, 2025).

Şekil 1. Salmo salar (Atlantik salmonu)



Kaynak: URL 4, 2021

Renk Özellikleri: Tatlı sularda yaşayan yavru balıkların yan kısmında koyu renkli 8-12 adet mavi-mor ya da siyah benekler ve bu beneklerin arasında küçük kırmızı lekeler bulunur. Karın kısımları ise sarımsı renktedir (Rochard & Elie, 1994: 1; Demirsoy, 1998; 361). Denizdeki erişkin balıkların sırt kısımları mavimsi yeşil, yanları gümüşü ve karınları da beyaz renkte olup, yan kısımlarında “x” şeklinde siyah noktalı benekler (Şekil 1) bulunur (Emre & Kürüm, 2007: 4). Bu balıkların kuyruk yüzgeci genellikle beneksizdir ve yağ yüzgeci de siyah kenarlı değildir. Yumurtlama

döneminde balıklar, gümüşü parlaklığını kaybeder ve soluk kahverengi veya sarımsı bir renk alırlar. Erkek bireyler kırmızı benekli olabilir veya büyük siyah lekelere sahip olabilir (Rochard & Elie, 1994: 1; Narberhaus, Krause & Bernitt, 2012: 384). Hayatta kalan bireyler üreme renklerini kaybeder ve genellikle koyu renkli olurlar (Schultz, 1999; URL 3, 2025).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Atlantik salmonu karnivor beslenme özelliği gösterir. Bu balıklara ait doğal popülasyonların bir kısmı tatlı sularda yaşarken, bir kısım popülasyonları da tatlı su ve tuzlu sular arasında gidip gelmektedir. Bu balıklar bentopelajik ve anadrom balıklar olduğu için (Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2) yumurtlama ve yavru dönemlerini tatlı sularda, beslenme ve büyüme dönemlerini ise denizlerde geçirerek hayatları boyunca iki önemli göç gerçekleştirmiş olurlar (Alpbaz, 2005: 45; Geldiay & Balık, 2009: 253; Çimacıl, 2016: 6).

Dolayısıyla bu balıklar hayatının ilk 1-2 yılını tatlı sularda geçirdikten sonra denizlere göç eder ve burada da 1-2 yıl yaşadktan sonra cinsi olgunluğa erişip, tekrar tatlı sulara dönüş yaparlar. Buna göre yavru balıkların tatlı sularda kalan bireyelerine “Parr”, denizlere göç etme düzeyine gelen ve gerekli fizyolojik değişimleri (smoltifikasyon) geçiren bireyelerine ise “Smolt” adı verilir. Parr halinden smolt haline geçiş yaşları su sıcaklığına bağlı olarak değişir. Buna göre denizlerde bir yıl geçirip olgunlaşarak dönen ve uzunlukları 50-65 cm, ağırlıkları 1,5-3,5 kg olan bireyelere “Grilse” denir. Denizlerde iki yıl kalıp dönen ve uzunlukları 70-90 cm, ağırlıkları 4-6 kg olan bireyelere de “normal salmon” denilir (Çakır & Mater, 1993: 14; Atay, 2000: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4). İki yıldan daha fazla sürelerde yaşamını denizlerde beslenerek geçiren balıkların boyları ve ağırlıklarında belirgin bir artış gözlenmiştir. Buna göre rapor edilen maksimum boy uzunluğunun 160 cm, ağırlığın ise 50 kg olduğu belirtilmiştir (URL 5, 2026). Bu balıklar, *Salmo* cinsinin en büyük türü olup en fazla 10 yıl kadar yaşarlar.

Ancak, çoğu bireyin yalnızca 4-6 yıl kadar yaşadıkları bildirilmiştir (Muus & Nielsen, 1999; URL 3, 2025).

Tatlı sulardaki yavru balıklar; çoğunlukla karasinekler, taş sinekleri ve sivrisinekler gibi sucul böceklerin larvalarını yiyerek beslenir. Denizlerdeki balıklar ise çok çeşitli deniz organizmalarıyla beslenirler. Örneğin; krill gibi küçük kabuklu canlılar, cinsi olgunluğa henüz erişmemiş salmonlar için önemli bir besin kaynağıdır. Ancak amfipod ve dekapod gibi kabuklular da bu balıklar tarafından tüketilmektedir. Daha büyük olan erişkin balıklar ise ringa balığı, tirsi balığı, kum balığı, küçük uskumru ve morinalar, yemlik balıklar, kalamar ve karides ile beslenirler (URL 6, 2025).

Cinsi olgunluğa erişen balıklar yumurtlama öncesinde beslenmeyi bırakır ve tüm enerjilerini üremeye yönlendirirler. Dolayısıyla bu balıklar yumurtalarını temiz, bol oksijenli ve akışı hızlı olan akarsu kaynaklarına yakın yerlerdeki kumsal ve çakıllı kısımlarda açılan yuvalara bırakır. Ekim-Ocak ayları arasında yumurtlama gerçekleşir ve 2-3 saat içinde de tamamlanır. Bazı nehirlerde ise şubat-mart aylarında yumurtlayan popülasyonlar da mevcuttur. Buna göre bu yuvalara bir dişi 1 kg canlı ağırlık başına 5 mm çapında olan 1200-2000 adet yumurta bırakır. Larvaların yumurtadan çıkış süresi 440 gün-derecedir (Çakır & Mater, 1993: 14; Aras, Bircan & Aras, 1995; Alpbaz, 2005: 45; Emre & Kürüm, 2007: 4; Anonim, 2009: 2; Çimagil, 2016: 6).

Ekonomik Önemleri: Doğal stokların zenginleştirilmesi amacıyla bu türün yavru yetiştiriciliği yaygın şekilde yapılmaktadır (Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Türkiye’de Atlantik salmonu üretimi, özellikle Karadeniz Bölgesi’nde, Rize, Trabzon ve Artvin gibi illerde HDPE (yüksek yoğunluklu poli etilen) kafeslerde yoğunlaşmıştır. Soğuk su koşulları sayesinde bu bölgede yetişen salmonlar, kuluçkahane aşamasından sonra denize aktarılarak büyümeleri sağlanır. Ayrıca

Ege bölgesi (Muğla, İzmir) ve Akdeniz bölgesi (Antalya)'nde de yetiştiricilikleri yapılmaktadır. Atlantik salmonlarının yavru üretimleri ve ilk gelişim aşamaları ise Doğu Anadolu ve Marmara bölgelerindeki tatlı su tesislerinde gerçekleştirilir (URL 2, 2026).

Bu türün yumurtaları Japon havyarı olarak; etleri ise taze, kurutulmuş veya tuzlanmış, tütsülenmiş, dondurulmuş olarak ve konserve halinde pazarlanır (Demirsoy, 1998: 361; URL 3, 2025). Güçlü pazar talebi nedeniyle, kafes yetiştiriciliği, kuluçkahaneler ve bazı deniz çiftliklerini de içeren aktif bir su ürünleri yetiştiriciliği sektörü tüm dünyada gelişim göstermiştir (URL 6, 2025).

2.2.2. *Salmo labrax*, PALLAS, 1811

Yayılış Alanları: Karadeniz alabalığı, ömürlerinin çoğunu göl ve akarsularda geçirir. Yurdumuzda tek tür olan alabalığın önemli bir alt türü olup; Kuzey ve Kuzeydoğu Anadolu'daki akarsular (Çıldır Gölü ve Çoruh Nehri havzaları), Karadeniz'e dökülen akarsularda, özellikle Doğu Karadeniz civarında bulunurlar. Ayrıca Munzur Çayı, Azak Denizi, Uludağ, Sapanca, Abant Gölü, Aras Havzası, Tortum Çayı, İkizdere (Rize), Balık Gölü (Ağrı) ve Arhavi (Artvin)'de bulunurlar. Karadeniz alabalıklarının ilk bulunuş yeri Sivastopol olup, diğer yayılış alanları ise şunlardır: Kırım, Kafkasya, Bulgaristan ve Tuna Nehri'dir (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Yurtman, 2006: 20; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Çağıltay, 2011: 1).

Tanımsal Özellikleri: Karadeniz alabalığı D III-IV, 9-11; P 13-14; A III-IV, 8-9 ve V 9 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerinde 112-125 pul ihtiva eder (Geldiay & Balık, 2009: 253).

Pilorik kese sayıları 47-48, omur sayıları ise 58-60 arasındadır. Solungaç dikenleri sayısı 10-12, solungaç filamentleri sayısı ise 16-19'dur. Vücut yanlardan yassılaşmış olup mekik şeklindedir. Demersal balıklardır. Kuyruk yüzgeçlerinin arka kenarları düz veya hafif kavislidir (Şekil 2). Vomerde tek veya çift

sıra halinde 8-10 adet arasında diş bulunur (Atay, 2000: 1; Çelikkale, 2002: 1; Arıman & Kocaman, 2003: 193; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark., 2011: 143).

Şekil 2. Salmo labrax (Karadeniz Alabalığı)



Kaynak: URL 7, 2026

Renk Özellikleri: Vücutta esas renk zeytin yeşili, üst kısımları kahverengi veya sarımtırak, yanlar daha açık, karın kısmı ise beyazdır. Karadeniz alabalığına ait ergin balıklar gümüşü renkli vücutları üzerindeki düzensiz siyah beneklerin olması ve kırmızı beneklerin etrafındaki belirgin beyaz halkaların olması ile diğer alt türlerden ayrılır (Şekil 2). Buna göre sırt (dorsal) yüzgecinde sıralanmış siyah benekler ve yüzgeç kaidesinde ise kırmızı benekler bulunur. Bu benekler genellikle vücudun ön ve üst yarımına kadar dağılmıştır (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Çağiltay, 2011: 1).

Bu alabalıklarda vücudun yan taraflarında, özellikle gençlik (yavru balık) evresindeyken, çok sayıda beyaz halkalarla çevrili kırmızı benekler bulunur. Ancak yavru balıkların tatlı su nehirlerinde büyüyüp daha sonraki zamanlarda denizlere geçiş süreci olan smolt evresinde bu kırmızı benekler kaybolur (Demirsoy,

1998: 361; Emre & Kürüm, 2007: 4; Geldiay & Balık, 2009: 253, URL 8, 2022).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Karadeniz alabalığı, karnivor beslenme özelliği gösterir. Bu balıklar anadrom balıklar olduğu için, 1-5 yıl süreyle denizlerde beslenip büyümeye devam ederek eşeyssel olgunluğa erişirler. Maksimum ömürleri 10-12 yıl olan bu alt türe ait yavru balıklar küçük kabuklu canlılar ve böceklerle beslenirken; ergin balıklar ise genellikle diğer balıklarla beslenirler. Ortalama 5-7 kg ağırlığında olan bu balıklar, 26 kg canlı ağırlığa ve 100 cm boy uzunluğuna ulaşırlar. Dolayısıyla üremelerini gerçekleştirmek için denizlerden tatlı sulara göç ederler. Tatlı sulara bırakılan yumurtalardan çıkan larvalar, 1-2 yıl süreyle tatlı sularda kaldıktan sonra 15-25 cm boy uzunluğuna erişince, beslenmek üzere tekrar denizlere göç ederler (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Yurtman, 2006: 20; Emre & Kürüm, 2007: 4; Bat & ark., 2011: 143; Anonim, 2016: 5).

Karadeniz alabalığı cinsi olgunluğa 2-4 yaşında erişir. Dolayısıyla bu balıklar yumurtalarını berrak, temiz ve bol oksijenli akarsuların kaynak kısımlarına yakın yerlerdeki kumsal ve çakıllı kısımlarda açılan yuvalara bırakır. Yumurtlama dönemi kasım-aralık aylarında başlayıp, şubat ayının sonuna kadar devam eder. Buna göre yumurta verimleri, 1 kg canlı ağırlık başına 1000-2000 adettir. Larvaların su sıcaklığına bağlı olarak yumurtadan çıkış süreleri ise 2-3 ay arasında ve 410 gün-derecede gerçekleşir (Atay, 2000: 1; Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Özdemir, 2018: 6).

Ekonomik Önemleri: Diğer Avrupa ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de önemli bir yerli alabalık alt türü olan Karadeniz alabalığı, yüksek ekonomik değeri nedeniyle hem yetiştiricilik ve hem de balıklandırmada tercih edilmektedir. Ancak bu balıkların Avrupa ülkelerinde ticari olarak yetiştiriciliği yaygın olarak yapılırken, üretim miktarları da diğer salmonidlere göre düşük

kapasitededir. Dolayısıyla bu alt türün, balıklandırmada iyi sonuçlar alınması nedeniyle özellikle balık stoklama faaliyetlerinde kullanılmak üzere yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı belirtilmiştir (Firidin, Çakmak & Aksungur, 2012: 7).

2.2.3. *Salmo macrostigma*, DUMERIL, 1858

Yayılış Alanları: Anadolu alabalığı, bütün yaşamlarını akarsularda geçirir. Türkiye’de Güney, Güneybatı ve Doğu Anadolu’nun birçok akarsuyunda bulunan bir alt türdür. Ayrıca Kuzeybatı ve Trakya’da ki birçok akarsuda bulunup, Çoruh Nehri’nde de avlanmaktadır. Uludağ akarsularında, Pülümür suyu, Munzur suyu ve Tortum Gölü’nde de bulunurlar. Anadolu alabalıklarının ilk bulunduğu yer Cezayir olup, başlıca yayılış alanları şunlardır: Kaz Dağları’ndan Dicle’ye akan Çatak Çayı, Çoruh Nehir Sistemi, Istranca Dağları’ndan Akdeniz’e akan Köprü Çayı, Toroslardaki Beşkonak, Zindan Deresi, Aykırı Çay, Alara Çayı ve Eşen Çayı, Seyhan Nehri’nin yukarı havzaları, Sapanca Gölü ve Tortum Şelalesi’dir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143).

Tanımsal Özellikleri: Anadolu alabalığı D III-IV, 10-11 ve A III-IV, 8-10 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerinde 110-118 pul ihtiva eder. Pilorik kese sayıları 28-32, omur sayıları ise 56-57 arasındadır. Solungaç dikenleri sayısı 10-12, solungaç tarakları (çıkıntıları) sayısı ise 98-128 arasındadır. Vücut yanlardan yassılaştırmış olup mekik şeklinde ve küçük sikloid pullarla kaplıdır. Kuyruk yüzgeci çatallıdır ve lopların ucu yuvarlaktır. Sırt yüzgecinin serbest kenarı da düz veya çok hafif girintilidir. Anüs yüzgeci ise sırt yüzgecinden daha küçüktür. Yağ yüzgecinin uzunluğu ise göz çapının 1,5 katı kadardır (Şekil 3). Ağız terminal konumlu olup, ağız içinde iki sıra halinde zikzak şeklinde dizilmiş vomer dişleri vardır. Ayrıca vomer dişlerinden başka çene ve damaklarda da dişler bulunur (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale,

2002: 1; Arıman & Kocaman, 2003: 193; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Çağiltay, 2011: 1; Anonim, 2016: 5).

Renk Özellikleri: Genel olarak balığın vücut rengi gri-siyah olup, sırt ve yanlar esmer gri, karın bölgesi ise kirli beyazdır (Demirsoy, 1998: 361). Morfolojik ve sistematik incelemelere göre Anadolu alabalığının en belirgin özellikleri; post-orbital beneklerin büyükçe ve belirgin olmaları, omur sayılarının diğer alt türlere göre daha az oluşu ile çevresi beyaz harelerle çevrili kırmızı beneklerle karakterize olmalarıdır. Ayrıca diğer alt türlerde belirtilen gümüşü ve uniform vücut rengi ile keskin kenarlı benekler anadolu alabalığında görülmemektedir (Arıman & Kocaman, 2003: 193). Buna göre bu alabalıklarda vücudun yan tarafında, yanal çizgi üzerinde 9-12 adet koyu ve siyah renkte olan ve düzensiz bir dağılım gösteren benekler bulunur (Şekil 3). Yine yan taraflarda ve sırt bölgesine yakın yerde kırmızı renkte benekler bulunur. Bu beneklerin etrafı beyaz renkle çevrelidir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253; Çağiltay, 2011: 1; Anonim, 2016: 5).

Şekil 3. *Salmo macrostigma* (Anadolu Alabalığı)



Kaynak: URL 9, 2020

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Anadolu alabalığı, karnivor beslenme özelliği gösterir. Bu alt türe ait yavru balıklar küçük kabuklu canlılar, böcekler ve sularındaki sinek larvalarıyla beslenirken; ergin balıklar ise yine kabuklu canlılar ve diğer balıklara ait larva ve yavrularla beslenirler (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark., 2011: 143).

Anadolu alabalıklarında erkek bireyler 2-3, dişi bireyler ise 3-4 yaşında cinsi olgunluğa erişip; 60 cm boy uzunluğuna ve 0,5-1,0 kg ağırlığa kadar ulaşabilirler. Ekseriya yakalananlar da 100-250 gr civarındadır. Ülkemizde yaşayanları ise 35-40 cm boy uzunluğuna ve 3 kg ağırlığa sahiptirler (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark., 2011: 143; Kocabaş, 2011:9; Kocabaş & ark., 2013: 132).

Dolayısıyla bu balıklar üremelerini gerçekleştirmek için yaşadıkları ortamlara göre değişkenlik gösteren su kaynaklarına doğru kısa ya da uzun süreli göç edebilirler. Daha sonra soğuk, berrak, bol oksijenli suların kaynak kısımlarına yakın ve 5-7 °C'deki sularında, sonbahar aylarında (ekim ayının ortasından, aralık ayına kadar) yumurtalarını bırakırlar. Ülkemizde ise yumurtlama dönemi normalde eylül ayında başlar, ocak ayı sonuna kadar devam eder. Yumurtlama şekli, alabalıkların genel yumurtlama özelliklerinde olduğu gibi, kumsal ve çakıllı kısımlarda açılan yuvalarda olmaktadır. Buna göre bu yuvalara bir dişi 1 kg canlı ağırlık başına 3.5-4.0 mm çapında olan 300-500 adet yumurta bırakır. Larvaların yumurtadan çıkış süresi ise 400 gün- derece civarındadır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Çağıltay, 2011: 1; Kocabaş & ark., 2012: 1982; Kocabaş & ark., 2013: 132).

2.2.4. *Salmo abanticus*, TORTONESE, 1954

Yayılış Alanları: Abant alabalığı, ülkemizde sadece Abant Gölü, Yedigöller ve bu göllerin çevresindeki su kaynaklarında bulunan ve genel özellikleri bakımından da dere alabalığına benzeyen bir alt türdür. Bu alt tür, Abant Gölü'ne özgü endemik bir form olarak bildirilmiştir. Dolayısıyla Abant alabalığı, dere alabalığının söz konusu yörede yerleşmiş bir coğrafik ırkı olarak kabul edilir (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Çağıltay, 2011: 1).

Tanımsal Özellikleri: Abant alabalığı D IV, 9-11 ve A III, 7-8 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerinde 110-112 pul ihtiva eder. Pilorik kese sayıları 38-40, omur sayıları ise 58-59 arasındadır. Bu balıkların vücutları yanlardan basık ve mekik şeklindedir. Kuyruk yüzgeci diğer yerli alabalıklara nazaran daha bariz çatallıdır. Sırt profili, burun ucundan sırt yüzgeci başlangıcına kadar dışbükey bir görünümündedir. Çeneler de genellikle birbirlerine eşit olmasına rağmen, bazen alt çene hafifçe öne doğru çıkıntılı bir görünüm alabilmektedir (Şekil 4). Abant alabalığının vücut yüksekliği standart boy uzunluğunun 1/4 ü kadardır. Baş boyu ise vücut yüksekliği ile aşağı yukarı eşit sayılır. Göz çapı da baş boyunun ancak 1/5 i kadar olabilmektedir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143; Kavuk, 2019: 5).

Şekil 4. Salmo abanticus (Abant alabalığı)



Kaynak: URL 10, 2021

Renk Özellikleri: Bu balıkların vücutları üzerinde kahverengi halkalarla çevrili ve açık sarı zemin üzerinde düzensiz olarak dağılmış siyah renkli benekler (Şekil 4) bulunur (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Geldiay & Balık, 2009: 253). Bu

alt türde yağ yüzgecinin kırmızı olması ve vücudun yan taraflarında kırmızı beneklerin hiç bulunmaması ya da çok nadir olarak kuyruk yüzgecine yakın yerlerde bulunması ile yurdumuzdaki diğer kahverengi alabalıklardan kolaylıkla ayırt edilebilirler (Geldiay & Balık, 2009: 253; Başçınar, 2010: 116; Kavuk, 2019: 5).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Abant alabalığının beslenmesi karnivor tarzda olup, buldukları su kaynağındaki balıklar ve diğer hayvansal canlılarla beslenirler. Abant alabalığı cinsi olgunluğa 3 yaşında erişip; çoğunlukla 30-58 cm boy uzunluğu ve 1 kg ağırlığa kadar ulaşabilirler. Genellikle avlananlar ise 150-250 gr arasında olup, maksimum ömürleri de 7 yıl kadardır (Çelikkale, 2002: 1; Seçer, 2006: 57; Geldiay & Balık, 2009: 253; Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2).

Dolayısıyla bu balıklar yumurtalarını su kalitesi yüksek ve oksijen bakımından zengin duru sulara kumlu ve çakıllı kısımlarda açılan yuvalara bırakır ve kasım-aralık ayında da yumurtlama gerçekleşir. Buna göre bu alt tür, çapı yaşa ve balığın büyüklüğüne bağlı olarak 4,4-5,4 mm arasında değişen, ortalama 1000 adet yumurta vermektedir. Bu yumurtalarda ilk 30 günlük periyotta göz oluşumu meydana gelir. 6-7 yaş aralığındaki büyük balıklarda da yumurtalar büyük olmasına rağmen döl tutma oranı düşüktür. Buna göre yumurtalardan larvalar, 7 °C’de 58-65 günde çıkmaktadır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark.,2011: 143).

Ekonomik Önemleri: İç su balıkları içinde en lezzetli balıklardan biri olup, bulunduğu bölgelerde avlanan ekonomik bir balıktır (Çelikkale, 2002: 1). Dolayısıyla endemik olduğu bölgede, doğal yumurtlama yanında balıklandırma amacıyla yapay üretimi de yapıp, doğal popülasyon zenginleştirilmektedir (Emre & Kürüm, 2007: 4; Bat & ark., 2011: 143). Ayrıca bu balık alt türünden insanlar sportif balıkçılık amacıyla faydalanmaktadır (Tekelioğlu, 2005: 1).

2.2.5. *Salmo caspius*, KESSLER, 1877

Yayılış Alanları: Hazar alabalığı veya ülkemizde “Aras alabalığı” adıyla bilinen bu alt türün ilk bulunduğu yer Hazar Denizi’dir. Hazar Denizi; Güneydoğu Avrupa ve Güneybatı Asya’da bulunan ve dünyanın kara ile çevrili en büyük kapalı su havzası konumundadır. Bu havzanın batısında Azerbaycan ve Rusya, doğusunda Türkmenistan, kuzeydoğusunda Kazakistan ve güneyinde ise İran yer almaktadır. Hazar alabalığı; dünya genelinde en çok tanınan kahverengi alabalık (*Salmo trutta*) alt türlerinden biri olup, Hazar Denizi havzasındaki İran karasularında bulunan en değerli balıklardan biridir. Dolayısıyla tüm kahverengi alabalıklar arasında en büyük boy, ağırlık ve büyüme oranına ulaşır (Sedgwick, 1995: 67; Abdoli, Niksirat & Patimar, 2011: 69; Zorriehzahra & ark., 2015: 463).

Bu alt türün Hazar Denizi havzası dışında ülkemizin kuzey doğu (Kars çayı-Damal suyu, Çifte köprü suyu) ve Doğu Anadolu (Kura ve Aras nehri havzaları) Bölgesindeki nehir ve akarsularında ise bol miktarda bulunduğu rapor edilmiştir (Aras, 1974: 36; Kuru, 1975: 21; Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253).

Tanımsal Özellikleri: Hazar alabalığı D III-IV, 9-10 ve A III, 7-8 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerindeki pul sayısı 120-126, omur sayısı 58-59 ve pilorik kese sayıları ise 21-41 arasında değişmektedir. Vücut yanlardan yassılaştırmış olup, mekik biçimindedir. Kuyruk yüzgeci düze yakın ve hafif girintilidir. Bu balıkların gözleri oldukça iridir. Ağız açıklığı ise gözün önünden indirilen dikmeye kadar ulaşır (Şekil 5). Dil, damaklar ve vomer üzerinde de sıra sıra dişler bulunur (Aras, 1974: 36; Kuru, 1975: 21; Çelikkale, 2002: 1; Çelikkale, 2003: 81; Arıman & Kocaman, 2003: 193; Emre & Kürüm, 2007: 4; Geldiay & Balık, 2009: 253; Bat & ark., 2011: 143).

Şekil 5. *Salmo caspius* (Hazar alabalığı)



Kaynak: Jouladeh-Roudbar vd., 2020: 1

Renk Özellikleri: Balığın vücut rengi genelde siyah-gri renkte olup, yanlar ve karın bölgesi gümüşü parlak renktedir. Vücudun yan tarafında ve sırta doğru, etrafı açık kahverenkli olan ve ortasında siyahımsı gri noktali benekler bulunmaktadır. Bu benekler vücudun ön tarafında daha yoğun olup, yan çizginin alt kısımlarında da bulunmaktadır (Şekil 5). Sırt yüzgeci koyu yeşil olup, yanaktaki siyah benek pek bariz değildir. Kırmızı benekler ise daha çok yanal çizginin altında kalan bölgede (vücudun anteriöründe) görülür (Geldiay & Balık, 2009: 253; Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Arıman & Kocaman, 2003: 193; Bat & ark., 2011: 143; Çağiltay, 2011: 1).

Hazar alabalığı; solungaç kapağının lekesiz oluşu, siyah beneklerin yanal çizginin alt kısmına inmeyişi ve omur sayısının 58'in üzerinde oluşu ile diğer alt türlerden kolaylıkla ayırt edilir (Atay, 2000: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Anonim, 2016: 5).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Hazar alabalığı, karnivor beslenme özelliği gösterip sinek larvaları, kabuklu canlılar ve diğer balıkların larva ve yavrularıyla beslenir. Ortalama 5-6 kg ağırlığında olan bu balıkların ekseriya yakalananları 350-500 gr civarındadır (Çelikkale, 2002: 1; Çelikkale, 2003: 81; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark., 2011: 143; Çimagil, 2016: 6).

Anadrom balıklardır. Dolayısıyla bu balıklar denizde yaşamını sürdürüp, sadece yumurtlamak için İran'ın kuzeyindeki nehirler ile (özellikle Karganrud, Navrud, Tonekabon ve Sardabrud

nehirlerine) Kura Nehri Havzası'na göç ederler (Sedgwick, 1995: 67). Kura Nehri'ndeki yumurtlama göçü kasım ayından şubat ayına kadar devam eder. Yumurtlama dönemi su sıcaklığının 8,2-12,8 °C olduğu nehirlerde sonbahar aylarında gerçekleşir. Buna göre yumurtlama ekim ayında başlar ve ocak ayı başında tamamlanır. Hazar alabalığı, yumurtlamak için sert kumlu ve çakıllı zeminleri tercih eder. Kuluçka süreleri 30-50 gündür. Yumurtlayan bu balıklar daha sonra ya ölür ya da denize geri dönerler (Zorriehzahra & ark., 2015: 463).

Ülkemizde ise yumurtlama dönemi su sıcaklığının 5-7 °C olduğu içsulara sonbahar aylarında gerçekleşir. Balıkların kuluçka süreleri ise yaklaşık 400 gün-derece civarındadır (Tekelioğlu, 2005: 1; Bat vd., 2011: 143). Buna göre doğal ortamda yaşayan bu alt türe ait bir dişi damızlık, 1 kg canlı ağırlık başına ortalama 3230 adet yumurta bırakır (Yanar, Akyurt & Bircan, 1987:3; Çimagil, 2016:6).

Ekonomik Önemi: Bu alabalıklar, Hazar Denizi'nin güneyindeki ve batısındaki su havzalarında yerel balıkçılar tarafından nispeten ticari miktarlarda avlanmaktadır. Ancak günümüzde çok küçük popülasyonlarla varlığını sürdürmektedir (Zorriehzahra & ark., 2015: 463). Ülkemizdeki nehir ve akarsularda ise bol miktarlarda bulunup, hayvansal protein ihtiyacının karşılanmasında bölgesel olarak önemli bir rol oynadığı belirtilmiştir (Çelikkale, 2002: 1; Geldiay & Balık, 2009: 253). Ancak ülkemizdeki sularda bu alabalık alt türünün gökkuşağı alabalığına göre yapay üretiminin ve dolayısıyla ticari üretiminin çok düşük olduğu da bildirilmiştir (URL 11, 2013).

2.2.6. *Salmo trutta fario*, LINNAEUS, 1758

Yayılış Alanları: Dere alabalığının yayılış alanı genel olarak Avrupa'nın kuzeyi (Norveç, İzlanda, İrlanda Man adası, Letonya, Estonya, Litvanya, Grönland Adası), güneyde Korsika ve Sardunya Adaları ile Cezayir, doğuda ise İran ve Himalaya Dağları'nın kuzey

eteklerine kadar uzanır (Geldiay & Balık, 2009: 253). Türkiye’de ise Doğu Anadolu, Karadeniz ve İç Anadolu başta olmak üzere pek çok su kaynağımızda bu alt tür bulunur. Dolayısıyla bu balıklar soğuk, berrak, bol oksijenli, kaynak ve derelerde yaşayan içsu balıkları içerisinde en lezzetli olan bir balıktır (Çelikkale, 2002: 1).

Tanımsal Özellikleri: Dere alabalığı D III-IV, 9-11; P I, 12; V I, 12; A III-IV, 7-10 ve C (Kaudal/Kuyruk yüzgeci) 18-21 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yan hat boyunca 110-120 pul ihtiva eder (Geldiay & Balık, 2009: 253). Pilorik kese sayıları 38-40, omur sayıları ise 56-59 arasındadır. Vücut tıknaz ve torpido şeklinde, yan taraflar ise biraz basıktır. Kuyruk yüzgeci düze yakın ve çatallıdır. Burun küt, ağız açıklığı ise gözün arkasına kadar uzanır (Şekil 6). Ağızda çok sayıda kolay eğilebilir, sivri ve koni şeklinde, alt ve üst çenede, damak kemiğinde, dil üzerinde ve sapan kemiği üzerinde dişler bulunur. Buna göre sapan kemiği üzerinde 2-6, uzantısı üzerinde de 9-18 adet diş vardır (Rochard & Elie, 1994: 1; Yurtman, 2006: 20; Emre & Kürüm, 2007: 4; Anonim, 2016: 5).

Şekil 6. *Salmo trutta fario* (Dere alabalığı)



Kaynak: URL 12, 2017

Renk Özellikleri: Bu balıklarda renk yaşadığı ortama göre çok değişkenlik arz edip, genellikle sırt yeşilimsiden kahverengine kadar değişen renkte olup, yanlar daha açık, karın ise en açık renktedir. Baş ve yanlarda da sarıdan altın rengine kadar değişen bir renk tonu vardır. Vücudun yan tarafında siyah ve kırmızı noktalar bulunur ve bu noktalar kahve veya beyaz renkli halkalarla çevrelenmiştir (Şekil 6). Genç bireylerde 6-9 koyu ve enine bant bulunur (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Anonim, 2016: 5).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Tüm alabalıklarda olduğu gibi, dere alabalığı da karnivor bir beslenme özelliği gösterir. Dolayısıyla yavru balıklar zooplankton, dip canlıları ve çeşitli kurtçuklarla beslenirken; ergin balıklar ise bu gıdalara ilaveten küçük yavru balıklar ve böcek larvaları ile beslenirler. Bu balıklar 2500 metrenin üzerindeki soğuk kaynak sularında dahi bulunup, doğal üremesini de akarsuyun kaynağına yakın kumlu ve çakıllı bir zeminde dişi tarafından hazırlanan 20-25 cm enindeki oval bir çukurda gerçekleştirir. Üremesini ise ekim-ocak ayları arasında su sıcaklığının 4-8 °C’de olduğu zamanlarda gerçekleştirir. Larvalar su sıcaklığına bağlı olarak 2.5-4 ay arasında (200-250 gün-derecede) çıkar. Bir dişi 1 kg canlı ağırlık başına 1000-1500 yumurta bırakır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Bu balıklar cinsi olgunluğa ise 3-4 yaşında erişip, 40-50 cm boy ve 0.5-1.0 kg ağırlığa kadar ulaşabilirler. Ekseriya yakalananlar 20-25 cm ve 100-200 gr. civarındadır ve en fazla 5 yıl kadar yaşarlar (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Bat & ark., 2011: 143).

Ekonomik Önemleri: Dere alabalığı, yetiştiricilikte az bir öneme sahiptir. Bunun nedenlerini şöyle özetleyebiliriz:

- Dere alabalığının adaptasyon yeteneğinin zayıf olması ve çevre koşulları yönünden yüksek ihtiyaçlar göstermesi,

- Yetiştirmede havuz koşullarında yem alımının kötü olması ve bunun sonucu olarak gelişmenin arzu edilen seviyede olmaması,
- Uzun bir kuluçka evresine sahip olması, kuluçka veriminin düşük olması ve buna bağlı olarak da birim yavru maliyetinin yüksek olmasıdır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1).

2.2.7. *Salmo trutta trutta*, LINNAEUS, 1758

Yayılış Alanları: Deniz alabalığı; Avrupa’da Atlantik Denizi, Kuzey Denizi, Beyaz Deniz ve Baltık Denizi kıyıları, Birleşik Krallık (Büyük Britanya) ve İzlanda kıyıları boyunca yaygın olarak bulunur. Ayrıca Karadeniz ve Hazar Denizi’nde, Arktik Okyanusu’nun Norveç ve Rusya kıyılarında yer alan Barents Denizi’nde ve İskandinavya’nın en kuzeyindeki nehirlerde de bulunurlar (Baglinière, 1999: 1; Çelikkale, 2002: 1; URL 13, 2025; URL 14, 2026).

Tasmania (Avustralya), Victoria (Kanada), Yeni Zelanda, Falkland Adaları, Kerguelen Adaları, Şili ve Arjantin’deki tatlı su habitatlarına getirilen deniz alabalığı, tuzlu suya uygun erişim olduğunda anadrom popülasyonları oluşturmuştur. Kolumbiya Nehri’nde ve nehrin ABD’deki kollarında ve hem Pasifik, hem de Atlantik kıyılarındaki Kanada nehirlerinde de anadrom davranışlar rapor edilmiştir (Bisson & ark.,1986: 290; URL 13, 2025; URL 14, 2026).

Tanımsal Özellikleri: Deniz alabalığı D III-IV, 10-15; A III-IV, 9-14; P I, 13; V I, 8 ve C 18-21 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, omur sayıları da 57-59 arasındadır. Fusiform şeklinde bir vücut yapısına sahip olan bu balıklar yanlardan yassılaştırmış olup mekik şeklindedir. Baş küçük ve sivri uçludur. Ağız büyük olup, genellikle gözün arka kısmına kadar uzanır ve iyi gelişmiş dişlere sahiptir (Şekil 7). Vomer üzerinde çok sayıda ve güçlü olan dişler bulunur. Kuyruk sapı, kalın ve yuvarlaktır. Vücut yüzeyindeki pullar çok

küçüktür. Üreme dönemindeki erkek bireylerde, alt çenede “kype” adı verilen, kanca şeklinde ve yukarı doğru uzanan bir çıkıntı oluşur. (Rochard & Elie, 1994: 1; Çelikkale, 2002: 1; URL 13, 2025).

Renk Özellikleri: Genel olarak deniz alabalığının vücut rengi gümüşü-gri renkte olup, üzerinde çok sayıda soluk siyah benekler bulunur. Balıkların sırt kısmı siyahımsı ve gri-yeşil, yan kısımları ise genellikle turuncu renkte olup etrafı soluk ve renksiz halkalarla çevrilidir (Şekil 7). Karın kısmı beyaz, yağ yüzgecinin kenarları da kırmızıdır (Rochard & Elie, 1994: 1; Çelikkale, 2002: 1). Bu balıklar tatlı sularda üremelerini gerçekleştirdikten sonra tuzlu sulara geri döndüklerinde, turuncu renkte olan yan kısımları tekrar gümüşü renklere dönüşür (URL 14, 2026; URL 15, 2016).

Şekil 7. Salmo trutta trutta (Deniz alabalığı)



Kaynak: URL 16, 2024

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Karnivor beslenme özelliği gösteren deniz alabalıkları, anadrom balıklar grubuna girer. Bu balıkların yavru bireyleri, 1-1,5 yıl kadar tatlı sularda zaman geçirip 15-25 cm boya ulaştıktan sonra denizlere göç eder. Denizlere göç ettikten bir yıl sonra 30-40 cm; iki yıl sonra 40-50 cm; üç yıl

sonra 50-60 cm boya ulaşırlar (Çelikkale, 2002: 1). Deniz alabalıkları hızlı büyür. Dolayısıyla bu balıkların maksimum uzunlukları 140 cm ve ağırlıkları ise 50 kg kadardır. Ortalama uzunlukları 60 cm ve ağırlıkları ise 20 kg olarak bildirilmiştir. Maksimum ömürleri 38 yıl olarak belirtilen bu alt türe ait yavru balıklar su ve kara böcekleri ile beslenirken, erişkin balıklar ise genellikle yumuşakçalar, kabuklular (yengeç, karides ve deniz karidesleri) ve küçük balıklarla beslenirler (URL 13, 2025; URL 14, 2026).

Deniz alabalığı cinsi olgunluğa 3-4 yaşında erişir. Yaşam döngüsü ve üreme davranışı ise Atlantik salmonuyla benzerlik gösterir. Dolayısıyla bu balıklar yumurtlamak için soğuk, berrak, temiz ve bol oksijenli yüksek rakımlı soğuksu kollarına ve göl çıkışlarına doğru göç ederler. Genellikle hızlı akıntılı nehirlerde ve derelerde görülürler (Rochard & Elie, 1994: 1; Kottelat & Freyhof, 2007: 395). Ancak tolerans sınırları gökkuşağı alabalığından daha düşük olan deniz alabalığı; sualtı kayalıkları, aşınmış kıyıları ve sarkık bitki örtüsü şeklinde yeterli barınma imkânı bulunan dağlık bölgelerdeki büyük akarsuları tercih eder. Dişi bireyler yumurtalarını bu akarsuların kaynak kısımlarına yakın yerlerdeki kumlu ve çakıllı kısımlarda açılan yuvalara bırakır ve ekim-aralık ayında da yumurtlama gerçekleşir. Buna göre her dişi yaklaşık 10.000 adet yumurta üretir. Larvaların su sıcaklığına bağlı olarak yumurtadan çıkış süreleri ise 320-360 gün-derecede gerçekleşir (Rochard & Elie, 1994: 1; Muus & Nielsen, 1999). Yumurtadan çıkan 12 mm boyutundaki larvalar, yaklaşık 25 mm uzunluğa ulaşıncaya kadar 2-3 hafta boyunca kumlu ve çakıllı yuvalarda kalır (URL 13, 2025).

Ekonomik Önemleri: Balıkçılıkta, akuakültür'de ticari bir öneme sahiptir. Ayrıca show akvaryum balıkçılığında da önemlidir. Ayrıca bu balıkların etleri taze ve tütülenmiş olarak ve konserve halinde pazarlanır (URL 13, 2025).

2.2.8. *Salmo trutta lacustris*, LINNAEUS, 1758

Yayılış Alanları: Göl alabalığı bütün yaşamlarını soğuk, berrak, temiz ve bol oksijenli yüksek rakımlı derin dağ göllerinde ve orman içi göllerde geçirir. Bu balıklar deniz ve dere alabalıklarının ulaşabildikleri, akarsu bağlantılı göllerde de bulunurlar. Ülkemizde sadece Çıldır Gölü'nde ve bu gölü besleyen su kaynaklarında bulunan demersal bir alt türdür (Çelikkale, 2002: 1).

Tanımsal Özellikleri: Göl alabalığı D III, 9-10; A II-III, 8-11; P I-II, 9-11 ve V I, 8-9 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, pilorik kese sayıları 55-64, omur sayıları ise 55-60 arasındadır (Ural, 1997: 11). Bu balıkların vücudu tıknaz, torpido şeklinde ve yanlardan ise biraz basıktır. Sırt kısmı yüksektir. Kuyruk yüzgeci genç bireylerde çatallı, erişkin bireylerde ise düze yakındır (Şekil 8). Sapan kemiği üzerinde 4-6, birinci uzantısı üzerinde de iki sıra diş vardır. Göl alabalığı, deniz ve dere alabalıklarının bütün özelliklerini gösterip, daha tombul bir vücut yapısı ve rengi ile onlardan ayrılırlar (Ural, 1997: 11; Çelikkale, 2002: 1; URL 17, 2022).

Şekil 8. Salmo trutta lacustris (Göl alabalığı)



Kaynak: URL 18, 2013

Renk Özellikleri: Bu balıklarda renk yaşadığı ortama göre değişkenlik gösterir. Vücutta esas renk gümüşü, gümüşü gri veya kahverengimsidir. Sırt kısımları yanlar ve karın kısmına göre daha renkli olup, mavimsi yeşil veya kahverengi-gri rengindedir. Karın kısmı ise açık beyazdır. Dolayısıyla vücudun sırt kısmı ve yanlarında çeşitli formlarda siyah büyük benekler bulunur. Bu benekler daha çok yanal çizginin üstünde olmasına rağmen, altına da inebilmektedir. Ayrıca solungaç kapağı üzerinde de siyah benekler yer almaktadır (Şekil 8). Genç bireylerde ise genellikle bu benekler arasında portakal veya donuk kırmızı renkte halkalarla çevrilmiş, bazen tamamen kırmızı kahve veya portakal rengi benekler bulunmaktadır (Ural, 1997: 11; Çelikkale, 2002: 1; URL 17, 2022).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Göl alabalığı karnivor beslenme özelliği gösterip, diğer balıklar ve sucul canlılar ile beslenirler. Dolayısıyla iyi beslenme koşullarında bu balıklar 140 cm boy ve 25-30 kg ağırlığa kadar ulaşabilir. Ekseriya yakalanan balıkların boyları ise 40-80 cm arasındadır. En fazla 5 yıl kadar yaşarlar (Ural, 1997: 11; Çelikkale: 1, 2002).

Göl alabalığı cinsi olgunluğa 4-5 yaşında erişir. Dolayısıyla bu balıklar yumurtlamak için gölü besleyen su kaynaklarına doğru üreme göçü gerçekleştirirler. Yumurtlama dönemi ekim ayından aralık ayına kadar devam eder. Bu balıkların yumurtlama şekli ise dere alabalığındaki gibi olup, yumurtlamaları kumlu ve çakıllı bir zemin üzerinde dişi tarafından hazırlanan oval bir çukurda gerçekleşir (Çelikkale, 2002: 1).

Ekonomik Önemleri: Çok lezzetli bir ete sahip olup, ekonomik bir balıktır. Ayrıca amatör balıkçılık açısından da değer taşıyan bir balıktır (Çelikkale, 2002: 1).

2.2.9. *Salvelinus fontinalis*, MITCHILL, 1814

Yayılış Alanları: Kaynak alabalığı Kuzey Amerika kökenli bir alabalık türü olup, Türkiye'ye ise 1970'den sonra getirilmiştir,

ancak yetiştirme sistemleri ve diğer bazı faktörlerin sınırlanmaları nedeniyle yaygınlaşmamıştır (Tekelioğlu, 2005: 1). Avrupa ve birçok ülkede ise yetiştiriciliği yapıp, Kuzey Amerika'nın (Kanada, Güney Atlantik, Büyük Göller, Mississippi Nehri Havzası) Atlas Okyanusu'na yakın kısımlarında bulunan soğuk ve hızlı akan akarsuların kaynak kısımlarında bulunurlar. Dolayısıyla bu balık türü ülkemizde ise yayılma şansı bulamamıştır (Emre & Kürüm, 2007: 4; Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2). Kaynak alabalığı Amerika ve Avrupa kıtalarının tamamına ve Güney Büyük Okyanus'ta Yeni Zelanda'ya kadar bir yayılım göstermiştir (URL 19, 2025).

Tanımsal Özellikleri: Kaynak alabalığı D III-IV, 9-10; A III, 9-11; P I, 10-12; V I, 7 ve C 19 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerinde 190'dan fazla pul sıralanmıştır. Omur sayıları ise 58-62 arasındadır. Balığın ağız kısmı çok geniş olup, gözlerin arkasına kadar uzanır (Şekil 9). Dolayısıyla erkek bireylerde büyümeyle beraber ağız alt kısmı üst kısmından daha uzun olmaktadır. Vücut erkek bireylerde daha kalın bir yapıdadır. Kuyruk yüzgeci çok hafif ve çatallıdır. Vomerde iki sıra halinde 8 adet diş bulunur (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Önder, 2013: 6; Kavuk, 2019: 5; URL 19, 2025).

Şekil 9. *Salvelinus fontinalis* (Kaynak alabalığı)



Kaynak: URL 20, 2026

Renk Özellikleri: Bu balıklarda sırt kısmı koyu zeytin yeşili olup, üzerinde açık renkli hareler bulunur. Vücudun yan kısımları daha açık, yeşil renginde olup ve üzerinde sarıdan kırmızıya kadar değişen renkte noktalar ihtiva eder. Karın kısmı beyaz, sarı, koyu turuncu veya kırmızıya kadar değişen renkte olabilir. Sırt yüzgeci ve yağ yüzgecindeki renk ve nişaneler ise sırtındaki ile aynıdır. Kuyruk yüzgeci birkaç adet koyu renkli enine bantla süslenmiştir. Göğüs (Pektoral), karın (pelvik/ventral) ve anüs (anal) yüzgeçlerin ön kenarları da siyah ve beyaz bir şeritle (Şekil 9) çevrelenmiştir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1).

Kaynak alabalıklarının dere alabalığı ile yapılan melezleşmesinde ise kaplan rengini andıran melez bir balık elde edilmektedir ki, buna "Kaplan alabalık" adı verilmektedir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; URL 19, 2025).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Kaynak alabalığı, karnivor beslenme özelliği gösterir. Anadrom balıklardır. Yumurtlama su sıcaklığına bağlı olarak ekim-mart ayları arasında olur. Bu balıklar hızlı akan sularda, çakıllı bir zeminde açılan çukurlarda ve çakıllar üzerine yumurtlarlar. Bu balıkların kuluçka periyodu 440 gün-derece civarında olup, tercih edilen kuluçka su sıcaklığı ise 4-12 °C'dir (Shepherd & Bromage, 1992). Yumurta çapı balığın yaşına göre değişim göstermekle birlikte ortalama 4 mm kadardır. Bir dişi 1 kg canlı ağırlık başına yaklaşık 2000 adet kadar yumurta bırakır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Kaynak alabalıklarında erkekler 2, dişi bireyler de 3 yaşında cinsi olgunluğa erişip, ortalama boy uzunlukları 20-40 cm kadardır. Erkek bireyler dişilere göre daha hızlı bir büyüme performansına sahiptir (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Kavuk, 2019: 5). Bu balık türünün doğal yaşam alanlarında 90 cm boy ve 7 kg ağırlığa; Avrupa ülkelerinde ise 30-50 cm boy ve 1-3 kg ağırlığa kadar ulaştıkları belirtilmiştir (Yurtman, 2006: 20; Önder, 2013: 6).

Ekonomik Önemleri: Kaynak alabalığı, Gökkuşığı alabalığı gibi çok iyi tutunmamıştır. Bunun nedenlerini şöylece özetlemek mümkündür:

- Kaynak alabalığının su kalitesindeki değişimlere, hastalıklara ve yüksek su sıcaklıklarına karşı daha hassas olması dolayısıyla çevresel faktörlerdeki değişimlerin cinsi olgunluk yaşını, sağım zamanını, yumurta verimini ve yumurta kalitesini önemli ölçüde etkilemesi,
- Soğuk kaynak sularını talep etmeleri nedeniyle havuzlarda yapılan yetiştiricilik koşullarında oluşan zorluklardır.

Dolayısıyla Kaynak alabalıklarının yetiştiriciliği stok takviyesi, balıklandırma ve sportif amaçlara yönelik yapılmaktadır (Çelikkale, 2002: 1; Başçınar, Okumuş & Serezli, 2003: 227; Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2; Önder, 2013: 6).

2.2.10. *Salvelinus alpinus*, LINNAEUS, 1758

Yayılış Alanları: Alp alabalığı olarak bilinen bu alabalık türü, Alp bölgesindeki soğuk ve oldukça temiz sularda 30-70 m. derinliklerde yaşayan lezzetli bir balıktır. İskandinav ülkeleri, Norveç, Grönland Adası, Finlandiya, Kanada, Amerika, İzlanda ve Rusya'dan Japonya'ya kadar pek çok ülkede formu bulunmaktadır. Bu nedenle pek çok varyetesi ve farklı renklerde olan bireyleri vardır (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Tanımsal Özellikleri: Alp alabalığı D IV-V, 12-16; A III-IV, 10-15 ve C 19 yüzgeç ışın formülüne sahip olup pilorik kese sayıları 37-75, omur sayıları ise 62-68 arasındadır (Geldiay & Balık, 2009: 253). Sapan kemiği üzerinde 3-7 arasında ve sapında ise 1-15 arasında değişen dişler bulunmaktadır (Şekil 10). Dili üzerinde iki sıra halinde ve her bir tarafta 6-8 adet olmak üzere kuvvetli yakalama dişleri vardır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1).

Şekil 10. Salvelinus alpinus (Alp alabalığı)



Kaynak: URL 21, 2022

Renk Özellikleri: Vücut rengi çok değişkenlik arz eder. Sırt kısmı mavi-yeşil, gri-mavi, yeşilimsi, kahvemsi; yanlar sarımsıdan gümüşü beyaza kadar değişir. Kuyruk yüzgecinde koyu renkli enine çizgiler görülür. Göğüs, karın ve anüs yüzgeçlerinin dış tarafında beyaz bir bant bulunur (Şekil 10). Vücut üzerinde kırmızı veya turuncu renkli küçük benekler vardır (Demirsoy, 1998: 361; Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Yurtman, 2006: 20; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Alp alabalığı'nın Göl alabalığı ile elde edilen bastardlarında hem morfolojik olarak çok ilgi çekici bir renk meydana gelmekte; hem de daha hızlı büyüyen ve bir kaç kg ağırlığa kadar ulaşabilen melezler elde edilmektedir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Alp alabalığı karnivor beslenme özelliği gösterip, anadrom balıklardır. Dolayısıyla bu balık türü plankton, taban canlısı, sinek larvaları ve çeşitli kurtçuklar ile beslenirler. Kasım-Ocak ayları arasında yumurtlayan bu balıklar, kenar bölgelerde kumlu ve çakıllı yerlere özel çukurlar açmadan yumurtladığı gibi, derin göllerde de yumurtlarlar. Bu balıkların

ağırlığı 400-500 gr. civarında olup, maksimum 700 gr. a kadar ulaşabilir. Larvalar su sıcaklığına bağlı olarak yumurtadan çıkış süreleri 2-5 ay arasında gerçekleşir. Bir dişi 1 kg canlı ağırlık başına 2500-8500 yumurta bırakır (Çelikkale, 2002: 1; Lemieux, Le François & Blier, 2003: 151; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

Bu balıklar cinsi olgunluğa 3-4 yaşında erişip, uzunluğunun 107 cm, ağırlığının ise en fazla 15 kg olduğu ve en fazla 40 yıl yaşadıkları bildirilmiştir (Demirsoy, 1998: 361; Lemieux, Le François & Blier, 2003: 151; Polat, Uğurlu & Kandemir, 2011: 2).

Ekonomik Önemleri: Bu balık türünden insanlar hem besin kaynağı olarak, hem sportif balıkçılık ve hem de örnek toplama amacıyla faydalanmaktadır. Alp alabalığı örneklerinin toplanması, akuakültür çalışmaları açısından önemli bir kaynak teşkil eder. Alp alabalığı besin kaynağı olarak oldukça pahalı olduğu için, ticari balıkçılık açısından da düşük bir balık türü olarak kabul edilmektedir (URL 22, 2025).

2.2.11. *Salvelinus namaycush*, WALBAUM, 1792

Yayılış Alanları: Amerikan Göl alabalığı, olarak bilinen bu alabalık türü Kuzey Amerika kökenli balıklardan olup soğuk, temiz ve bol oksijenli derin göllerde yaşamlarını sürdürür. Acı sularda ise nadiren bulunurlar (Ryan & Marshall, 1994: 2513; Shuter & ark., 1998: 2161; Emre & Kürüm, 2007: 4). Dolayısıyla bu balıkların doğal yayılış alanları; Kuzey Amerika'daki büyük göller (Huron, Ontario, Michigan, Erie ve Superior gölleri), Kuzeybatı Amerika (Alaska), Batı Kanada (Britanya Kolumbiyası) ve Kuzey Kanada'ya kadar uzanmaktadır. Doğal yayılış alanları dışında bu balık türünün; Amerika Birleşik Devletleri'nin batı kesimlerinin birçok bölgesi ile Güney Amerika, İsveç, İsviçre ve Yeni Zelanda gibi diğer bölgelerde yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmıştır (Page & Burr, 1991: 37; Burnham-Curtis & Smith, 1994: 843; URL 23, 2025).

Tanımsal Özellikleri: Amerikan Göl alabalığı D IV-V, 8-10; A IV-V, 8-10 ve C 19 yüzgeç ışın formülüne sahip olup, yanal çizgi üzerinde de 190 adetten fazla pul sıralanmıştır. Balıkların omur sayıları 61-69 ve solungaç tarafları sayısı ise 9-12 arasındadır. Dolayısıyla bu balıklar fusiform şeklinde bir vücut yapısına sahip olup uzun ve enine ovaldirler. Ayrıca çok fazla sayıda pilorik kese sayılarına sahiptirler. Bu türün baş kısmı kalın, ağız kısmı ise büyük ve terminal konumlu, sırt kısmı geniş, kuyruk yüzgeci de derin ve çatallıdır (Şekil 11). Çift yüzgeçler ve anüs yüzgeçlerinin ön kenarları bazen beyaz bir şeritle çevrili olup, karın yüzgeçleri de küçük bir aksiller çıkıntı bulundurur. Bu türün ağzı kapalıyken, burnu genellikle alt çeneden biraz daha uzun gözükür. Yanal çizgi ise öne doğru hafif kavislidir (Page & Burr, 1991: 37; Emre & Kürüm, 2007: 4; Kottelat & Freyhof, 2007: 395; URL 24, 2025).

İri bir vücut yapısına sahip olan bu balık türünün ortalama uzunluğu 45-68 cm arasında değişip, maksimum uzunluğu 150 cm'ye kadar çıkmaktadır. Ortalama ağırlığının ise yaklaşık 3 kg kadar olduğu bildirilse de maksimum ağırlığının 25-30 kg arasında değiştiği belirtilmiştir (Page & Burr, 1991: 37; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 23, 2025).

Şekil 11. *Salvelinus namaycush* (Amerikan Göl alabalığı)



Kaynak: URL 25, 2025

Renk Özellikleri: Genel olarak balığın vücut rengi kahverengi, koyu yeşil ve grimsi bir renkte olup; sırt ve yanların bol miktarda beyazımsı-sarımsı renkteki beneklerle kaplı olduğu görülür. Karın kısmı ise beyazdır. Dolayısıyla bu balıkların baş kısmı ile sırt, yağ ve kuyruk yüzgeçlerinde, ayrıca anüs yüzgecinin tabanında krem ve sarı renkli nokta şeklinde soluk benekler bulunur (Şekil 11). Özellikle kuzeydeki balık popülasyonlarında çift yüzgeçlerde bu benekler bazen turuncu-kırmızı renkte olabilirler. Üreme dönemlerinde erkek bireylerde koyu renkli bir yanal çizgi oluşur ve sırtları daha açık renkli hale gelir (Page & Burr, 1991: 37; URL 19, 2025; URL 24, 2025).

Bu alabalık türü; küçük, açık renkli nokta şeklinde soluk beneklerle kaplı benzersiz koyu kaverengi başı, gövdesi, sırt ve kuyruk yüzgeçleriyle Kuzey Amerika ve Avrupa'daki diğer türlerden farklılık gösterir. Ayrıca derin çatalı kuyruk yüzgeciyle de ayırt edilir (Kottelat & Freyhof, 2007: 395; URL 24, 2025).

Dişi Amerikan Göl alabalığı ile erkek birey dere alabalığının yaşam alanlarının kesiştiği yerlerde melezleştiği bilinir. Buna göre “*Splake*” veya “*Slake*” olarak adlandırılan melez bir tür elde edilmektedir. Bu melez tür, her iki balık türüne ait özellikleri birarada taşıyıp, bu ebeveyn türlerden daha yüksek büyüme oranlarına sahiptir (URL 23, 2025; URL 26, 2026).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Bu alabalıklar karnivor beslenme özelliğine sahiptir. Dolayısıyla bu alt türe ait yavru balıklar zooplankton ve küçük omurgasızlarla beslenirken; ergin balıklar ise genellikle çok çeşitli pelajik av türleriyle (kabuklular, balıklar ve küçük memeliler gibi çeşitli organizmalar) beslenirler. Buna göre Büyük Göller bölgesinde bulunan tirsi balığı, gümüş balığı, iskorpit ve diğer küçük balıklar, Amerikan Göl alabalığının beslenmesinde büyük bir bölümü oluşturur. Bu alabalık türü, soğuk su ve çözünmüş oksijen içeriği gereksinimleri nedeniyle sıcak yaz aylarında daha derin su alanlarına göç etmek zorundadır. Ancak bu su

derinliklerinde tercih edilen av türleri bulunmuyorsa, bu alabalıklar zooplankton ve omurgasızlarla beslenmeye yönelebilir. Dolayısıyla pelajik av türlerinin bulunmadığı habitatlarda bu alabalıklar tamamen bu ikincil besin kaynaklarıyla beslenmek zorundadır. Bu beslenme koşullarına sahip alabalıklar, balık yiyen türlere göre daha yavaş büyür, daha erken ve daha küçük boyutlarda eşeyssel olgunluğa erişirler (URL 23, 2025; URL 24, 2025).

Amerikan Göl alabalığı, genellikle düşük üreme potansiyeline sahip, yavaş büyüyen ve cinsi olgunluğa geç erişen bir türdür (Shuter & ark., 1998: 2161). Uzun ömürlü olmalarına rağmen, hem erkek hem de dişi bireyler, ortalama olarak 6-8 yaşına kadar cinsi olgunluğa ulaşmazlar. Buna göre yapılan araştırmalar, su sıcaklığı ve çözünmüş katı madde konsantrasyonu gibi çevresel faktörlerin, göl alabalığının ilk olgunlaşma yaşı ve genel üreme başarısında rol oynayabileceğini göstermiştir (Shuter & ark., 1998: 2161; URL 23, 2025).

Alabalıklar yumurtlamak için kumlu ve çakıllı zeminler arar. Erkek bireyler dişinin döllenmiş yumurtalarını zemine bırakılabilmesi için önceden yumurtlama alanına gidip, zemini ince çamurdan temizler. Daha sonra dişiler yumurtlama alanına girdiğinde birkaç erkek birey, dişiyle döllenme eylemine girerek bu şekilde yumurtalar ve sperm zemin üzerine yayılmış olur. Yumurtlama genellikle sonbahar veya kış başında geceleri gerçekleşir (URL 23, 2025).

Ekonomik Önemleri: Geçmiş yıllarda ticari açıdan çok önemli bir besin kaynağı olan bu alabalıkların popülasyonları keskin bir düşüş gösterip; günümüzde ise sportif balıkçılık açısından oldukça değerli bir tür haline gelmiştir ve dolayısıyla bulunduğu bölgelerin bölgesel ekonomisine katkıda buldukları bildirilmiştir (URL 23, 2025). Bu balık türü ayrıca göllerin balıklandırılmasında kullanılıp, stokların zenginleştirilmesi ve çeşitlendirilmesinde de rol oynamaktadır (Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4).

2.2.12. *Oncorhynchus mykiss*, WALBAUM, 1792

Yayılış Alanları: Gökkuşığı alabalığı; Kuzey Amerika ve Asya'nın bazı bölgelerindeki Pasifik Okyanusu havzasına bağlanan soğuk su kolları ve akarsularına özgü balık türüdür. Bu balık türünün Kuzey Amerika'daki doğal yaşam alanları; Amerika Birleşik Devletleri'nin batı kıyıları (Alaska, Kaliforniya, Oregon, Washington) ile kıyı şeridi dışında kalan diğer bölgelerini (Idaho, Montana, Nevada), Kanada'nın batı kıyısını (Batı Kanada Bölgesi), ve Meksika'nın kuzeybatı kıyısında yer alan Baja Kaliforniya yarımadası'na kadar uzanan bölgeleri kapsar. Bu balıkların Asya'daki doğal yaşam alanları ise Amur Nehri Havzası'ndan başlayarak, Rusya'nın Pasifik kıyısındaki Kamçatka Yarımadası'na kadar uzanan bölgeleri kapsar (URL 27, 2021; URL 28, 2023).

Tanımsal Özellikleri: Gökkuşığı alabalığı yüzgeçlerinde sert ışınlar (dikenler) bulunmaz. Bunun yerine yumuşak (dallanmış) yüzgeç ışınlarına sahiptirler. Buna göre bu balıklar; D 10-12, A 8-13, V 9-10, P 11-17 ve C 19 yüzgeç ışınlarına sahip olup, yanal çizgi üzerinde 115-130 pul ihtiva ederler. Pilorik kese sayıları 50, omur sayıları ise 60-66 arasındadır. Solungaç tarafları sayısı da 16-17'dir. (Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Kottelat & Freyhof, 2007: 395; Çağıltay, 2011: 1; URL 28, 2023; URL 29, 2025).

Bu balık türünün vücudu uzun ve kısmen basık bir yapılanma özelliği gösterip, baş ve vücut şekli dere alabalığına benzer. Ağız açıklığı gözün arka kenarına kadar uzanır. Gökkuşığı alabalığının burunları dere alabalığından daha uzundur. Bu balıkların sapan kemiği (vomer), beş köşeli olup arka kenarında dört diş, kemiklerin uzantısı üzerinde ise bir iki sıra diş bulunur. Balıklarda vücut küçük sikloid pullarla kaplıdır (Şekil 12). Bu pullar esnek bir yapıda olup, koruyucu bir örtü görevi görür. Kuyruk yüzgeci hafif çatallıdır (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Çağıltay, 2011: 1). Erkek ve dişi gökkuşığı alabalıklarında “eşeyssel dimorfizm” görülür. Bu nedenle dişi balıklarda baş daha yuvarlak

olup çene uzunlukları ise eşittir. Erkeklerde de baş uzun olup, alt çene çıkıntılıdır (URL 28, 2023).

Şekil 12. *O. mykiss* (Gökkuşığı alabalığı)



Kaynak: URL 30, 2013

Renk Özellikleri: Gökkuşığı alabalığının vücut şekli ve renkleri, yaşadıkları ortama bağlı olarak değişebilir. Bu durum tatlı su ve tuzlu su olmak üzere iki farklı formun ortaya çıkmasına neden olur. Tuzlu su formu genellikle “Çelikbaş alabalıkları” ya da “Kıyusal gökkuşığı alabalıkları” olarak adlandırılır (URL 28, 2023).

Tatlı su gökkuşığı alabalıklarının sırt kısımları koyu zeytin yeşili ile mavimsi yeşil arasında değişen renklere sahiptir. Koyu renkleri, balığın alt tarafına doğru, giderek daha açık bir renge, gümüşü beyaza dönüşür. Sırt, kuyruk ve yağ yüzgeçlerinde ve vücudun yanal çizgisinin üzerindeki yan kısımları boyunca çok sayıda koyu siyah benekler bulunur. Bu benekler genellikle şekil olarak birbirine benzemekle birlikte küçük olup, bu beneklerden biraz daha büyük koyu halkalara kadar çeşitlilik gösterebilir. Tatlı sulardaki formların en belirgin özelliklerinden biri; solungaç kapağından anüs yüzgecine kadar uzanan kısımda yani yanal hat boyunca pembe ve gül kırmızısı renginde bir banta sahip olmasıdır

(Şekil 12). Sırt, anüs ve kuyruk yüzgeçlerinin kenarlarının beyaz olması, özellikle daha küçük balıklar için tatlı su gökkuşaağı alabalıklarının bir diğere tipik özelliğidir (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023; URL 19, 2025; URL 29, 2025).

Kıyusal gökkuşaağı alabalıkları genellikle daha açık bir renktedir. Sırtları açık yeşil ve yan profilleri gümüşü renkte olanları daha yaygındır. Koyu renkli lekeler genellikle mevcuttur, ancak vücudun yanlarında düzensiz bir şekile sahip olabilirler. Tuzlu sulardaki formlar, ilkbaharda yumurtlamak için tatlı sulara veya soğuksu kollarına doğru göç etmeye başladıklarında, renkleri genellikle çok daha koyu ve canlı bir hale gelir. Buna göre, vücut yanlarındaki kırmızımsı bant daha canlı bir renk ve belirgin bir kenar elde eder. Vücut yanları ve karın kısmı gümüş renginden griye doğru bir renge dönüşürken; sırt kısmındaki yeşil renkler de daha belirgin hale gelir (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023).

Beslenme ve Üreme Özellikleri: Gökkuşaağı alabalıkları hayvansal gıdalarla beslenerek, karnivor bir beslenme özelliği gösterir. Bu balıklara ait popülasyonların bir kısmı yalnızca tatlı su ortamlarında yaşarken, bir kısmı da (kıyusal gökkuşaağı alabalıkları) hem tatlı su hem de tuzlu su ortamlarında yaşar. Her iki ortamda da yaşayan bu balıklar anadrom balıklar olduğu için yumurtlama ve yavru dönemlerini 1-2 yıl tatlı sularda geçirip büyüdükten sonra açık denize (okyanusa) göç ederler. Bu balıklar beslenme ve büyüme dönemlerini açık denizde 3 yıl kadar geçirdikten sonra yumurtlamak için tekrar tatlı sulara dönüş yapar. Buna göre tatlı su gölleri ve akarsu ortamlarındaki alabalıklar ilk birkaç yılda sadece 10-15 cm ye kadar büyüyebilirken, daha verimli bir göl sisteminde yaklaşık 30 cm'lik bir uzunluğa ulaşırlar. Ancak doğru koşullar sağlandığında bu balıklar 114 cm uzunluğa ve 22 kg ağırlığa kadar ulaşabilirler. Su koşullarının ve yemlerin mükemmel şekilde sağlandığı balık kuluçkahanelerinde de gökkuşaağı alabalığı bir yıl içinde 25-38 cm

boyuta ulaşabilir. İkinci yılda ise büyüme 50 cm'ye ve 2,7-3,6 kg'a kadar çıkabilir. Gökkuşuğu alabalıkları doğal ortamda yaklaşık 4-6 yıl yaşar, ancak 11 yıla kadar yaşadıkları da bilinmektedir (Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023).

Yavru balıklar çoğunlukla mayıs sinekleri, taş sinekleri, salmon sinekleri, caddis sinekleri vb. su böceklerinin larva ve gelişim aşamalarındaki sucul omurgasızları yerler. Ayrıca çekirgeler, böcekler ve karıncalar gibi karasal organizmalarla da beslenirler. Daha büyük erişkin balıklar, özellikle kış aylarında bu böceklere bağımlı olmaya devam edecektir, ancak büyüdükçe daha büyük avları hedef alma eğiliminde olacaklardır. Dolayısıyla küçük balıklar, balık yumurtaları, kerevitler, daha büyük omurgasızlar, kurbağalar, sülükler ve hatta fareler, daha büyük olan bu erişkin balıkların beslenme düzeninde önemli bir yer edinirler (Çelikkale, 2002: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023).

Gökkuşuğu alabalıkları cinsi olgunluğa doğal koşullarda 2-3 yaşında erişir. Yetiştiricilikte ise erkek bireyler 12 ayda, dişi bireyler de 19-22 ay arasında cinsi olgunluğa erişir. Ancak sağım için tercih edilen yaş aralığı genellikle erkeklerde 2. yıl, dişilerde ise 3. yaşlar arasında olmaktadır. Dolayısıyla bu balıklar, sağlıklı bir şekilde yaşayabilmek ve üremelerini gerçekleştirmek için yaşadıkları ortamlara göre değişkenlik gösteren berrak, temiz ve bol oksijenli soğuksu kaynaklarına göç ederler. Daha sonra bu kaynak kısımlarına yakın yerlerdeki kumlu ve çakıllı alanlarda açılan yuvalara yumurtalarını bırakırlar (Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023; URL 29, 2025).

Yumurtlama mevsimi su sıcaklığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Buna göre çoğu alabalık ve salmon türleri genellikle kış aylarında yumurtlar. Ancak gökkuşuğu alabalığı ilkbaharda su sıcaklığının yaklaşık 4-10 °C'ye ulaştığı şubat-mayıs ayları arasında yumurtlarken, güney yarımkürede ise eylül-kasım ayları arasında yumurtlarlar. Bu yumurtalama esnasında bir dişi, 1 kg canlı ağırlık

başına ortalama 1600-2000 adet arasında yumurta bırakır. Bu yumurtalar 3-6 mm çapındadır. Buna göre larvaların yumurtadan çıkma süreleri ise 310 gün-derece olarak gerçekleşir (Çelikkale, 2002: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; URL 28, 2023).

Ekonomik Önemleri: Gökkuşığı alabalığı, popüler bir alabalık türü olup; birçok ortama uyum sağlama ve gelişme yeteneği ile birlikte, bugün dünya genelinde en yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan ekonomik balık türlerinden biri olarak kabul edilir. Gökkuşığı alabalığının yetiştiriciliği 1880'lerden beri, özellikle Kuzey Kaliforniya'da yapılmaktadır. Türkiye'de ise ticari yetiştiriciliği 1970'li yıllarda başlamıştır. Dolayısıyla Kuzey Amerika'daki bu alabalık türü; yetiştirilmek amacıyla dünyanın dört bir yanındaki ülkelere (Güney Amerika, Avrupa, Güney Afrika, Doğu Asya, Yeni Zelanda, Avustralya) taşınarak yaygın bir tür haline gelmiştir (URL 28, 2023).

Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği; kültür koşullarına uygun niteliklerinden dolayı hızlı bir artış göstermiş olup, günümüzde bir endüstri haline gelmiştir. Dolayısıyla Gökkuşığı alabalığının yetiştiricilikte tercih edilmesinin başlıca nedenlerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Çelikkale, 2002: 1; Aydın, 2004: 1; Tekelioğlu, 2005: 1; Emre & Kürüm, 2007: 4; Çağıltay, 2011: 1; Anonim, 2015: 3):

- Gökkuşığı alabalığının çevre koşullarına ve farklı su sıcaklıklarına karşı çok iyi bir direnç göstermesi,
- Aktif yem almaları nedeniyle yemlenmesinin kolay olması ve yem değerlendirmesinin daha iyi olması nedeniyle de hızlı bir büyüme performansı gösterip, verimli ve ekonomik bir üretimin sağlanması,
- Yüksek ilkbahar sıcaklığında dere alabalığı ve kaynak alabalığı gibi diğer alabalık türlerine göre daha kısa süreli bir kuluçka dönemine sahip olması,

- Sağım, döl alımı, yavru bireylerin yapay yemlerle beslenme ve büyütme işlemlerinin daha kolay olması ve dolayısıyla daha ekonomik olması,
- Yetiştiriciliğinin çok uzun bir zamandan beri yapılıyor olması nedeniyle üzerinde pek çok sayıda çalışma yapılmış ve yetiştiricilik sorunları çözüme kavuşturulmuştur.
- Gelişme hızı yüksek, birim zamanda kazandığı canlı ağırlık fazla ve yemden yararlanma oranı da son derece yüksektir.
- Eti lezzetli ve kaliteli olup, pazarlanabilirliği yüksek olduğu için ticari açıdan çok kârlı olan bir türdür.
- Hastalıklara ve enfeksiyonlara karşı dayanıklı olan özel yapıları sayesinde, yüksek bir direnç gösterirler.

3. Sonuç

Son yıllarda artan antropojenik baskılar, habitat tahribatı, aşırı avlanma, kaçak avcılık ve su kirliliği gibi faktörler ile doğal yumurtlama alanlarının azalması ve iklim değişikliği nedeniyle alabalıkların doğal popülasyonları üzerinde önemli ölçüde ciddi tehditler oluşturmaktadır. Avcılığın sınırlandırılmasına, ek stoklama ve genel stok yönetimi programlarına ve yerel balık avı kısıtlamalarının getirilmesine rağmen, birçok salmon ve alabalık türü popülasyonu azalmaya devam etmekte ve gelecekte belirsizliğini korumaktadır. Dolayısıyla bazı ülkelerde balık popülasyonlarındaki ani düşüş nedeniyle yapay üretim denemeleri gerçekleştirilip, üretilen yavruların doğaya salınmasıyla doğal popülasyonların artırılması ve balık stoklarının iyileştirilmesi için büyük yatırımlar yapılmıştır.

Bu kapsamda, alabalık türleri ve alt türlerinin korunmasına yönelik olarak öncelikle doğal habitatların sürdürülebilir yönetimi sağlanmalı, su kalitesinin korunmasına yönelik denetimler artırılmalı ve kirletici kaynakların kontrol altına alınması için etkin politikalar geliştirilmeli ve uygulanmalıdır. Ayrıca, genetik çeşitliliğin korunması amacıyla bilinçsiz stoklama faaliyetlerinden

kaçınılmalı ve yerel popülasyonların genetik yapısını bozmayacak planlı üretim stratejileri uygulanmalıdır.

Yetiştiricilik faaliyetlerinde ise türlere özgü biyolojik gereksinimlerin dikkate alınması, uygun çevresel koşulların sağlanması ve hastalık yönetimi uygulamalarının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, iklim değişikliğinin sucul ekosistemler üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik uzun dönemli izleme çalışmalarının artırılması, alabalık popülasyonlarının gelecekteki durumunun öngörülmesi açısından gereklidir.

Bu durum, tür ve alt türlerin biyolojik özelliklerinin daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesini ve korunma stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, alabalıkların genel biyolojik özelliklerinin ortaya konulması, hem doğal popülasyonların korunması hem de sürdürülebilir yetiştiricilik uygulamalarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

Abdoli, A., Niksirat, H. & Patimar, R. (2011). Variation of some biological characteristics of Caspian brown trout in southern Caspian Sea. *The Fourth International Symposium on Stock Enhancement and Sea Ranching*, April 21st - April 23rd, 2011, Shanghai Ocean University, Shanghai/China.

Alpbaz, A. (2005). Su Ürünleri Yetiştiriciliği - Genel Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yetiştirilen Su Canlıları ve Üretim Yöntemleri (2. Baskı). Bornova/İzmir: Alp Yayınları.

Anonim, 2009. Denizcilik, Somon. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Ankara.

Anonim, 2015. Denizcilik, Alabalık Yetiştiriciliği. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2016. Denizcilik, Balıklar. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2024. Dünyada ve Türkiye’de Su Ürünleri Sektörü 2024 (Teknik Rapor). https://www.researchgate.net/publication/394926952_Dunyada_ve_Turkiye'de_Su_Urunleri_Sektoru

Aras, M.S. (1974). Çoruh ve Aras Havzası Alabalıkları Üzerine Biyo-Ekolojik Araştırmalar. Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.

Arıman, H. & Kocaman, E.M. (2003). Aras, Yukarı Fırat ve Çoruh Havzaları’nda Yaşayan Alabalık (*Salmo trutta* L.)’ların Özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 34 (2): 193-197.

Atay, D. (2000). Alabalık ve Salmon Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.

Aydın, F. (2004). Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bölümü. Ankara

Baglinière, J.L. (1999). Biology and Ecology of the Brown and Sea Trout. In B. Jean-Luc and M. Gerard (Editors), *Introduction: The brown trout (Salmo trutta L) - its origin, distribution and economic and scientific significance* (pp. 1-12). Springer, London. <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-0775-0>

Başçınar, N. (2010). Effect of Low Salinity on Yolk Sac Absorption and Alevin Wet Weight of Rainbow Trout Larvae (*Oncorhynchus mykiss*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 62 (2), 116-121. <http://hdl.handle.net/10524/19315>

Başçınar, N., Okumuş, İ. & Serezli R. (2003). The Development of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814), Embriyos During the Yolk Sac Period. *Turkish Journal of Zoology*, 27, 227-230.

Bat, L., Erdem, Y., Ustaoglu Tırıl, S. & Yardım, Ö. (2011). Balık Sistematiği (2. Baskı). Yenimahalle/Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık

BSGM, 2024. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Su Ürünleri İstatistikleri 2024.

Bisson, P.A., Nielsen, J.L., Chilcote, M.W., Crawford, B. & Leider, S.A. (1986). Occurrence of Anadromous Brown Trout in Two Lower Columbia River Tributaries. *North American Journal of Fisheries Management*, 6 (2), 290-292. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1986\)6<290:OOABTI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1986)6<290:OOABTI>2.0.CO;2)

Brand, J.A., Thorstad, E.B., Quinn, T.P. & Brodin, T., Bertram, M.G. (2024). Salmonid fishes. *Current Biology*, 34 (19), 882-884. DOI: 10.1016/j.cub.2024.08.054

Burnham-Curtis, M.K. & Smith, G.R. (1994). Osteological evidence of genetic divergence of lake trout (*Salvelinus namaycush*) in Lake Superior. *Copeia*, 1994 (4), 843-850. <https://doi.org/10.2307/1446708>

Çağiltay, F. (2011). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği (2. Baskı). Yenimahalle/Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Çakır, H. & Mater, S. (1993). Salmon Balığı ve Üretim Tekniği. Bodrum: T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın Dairesi Başkanlığı Matbaası.

Çavdar, E. & Elp, M. (2025). Doğal Ortam Balık Stok Yönetimi: Türkiye’de Salmonidae Familyası Balıklandırma Çalışmaları ve Etkileri. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (3), 934-945. <https://doi.org/10.53501/rteufemud.1697963>

Çelikkale, M.S. (2002). İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği, Cilt 1 (3. Baskı). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.

Çelikkale, M.S. (2003). Balık Biyolojisi (3. Baskı). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi.

Çimagil, R. (2016). *Salmo trutta caspius* ile *Oncorhynchus mykiss*, *Salmo salar*, *Sparus aurata* ve *Dicentrarchus labrax* Türlerinin Amino Asit Kompozisyonlarının Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.

Demirsoy, A. (1998). Yaşamın Temel Kuralları (Omurgalılar / Anamniyota). Cilt:3 Kısım:1. Ankara: Meteksan Yayınları.

Emre, Y. & Kürüm, V. (2007). Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Ankara: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü.

FAO, 2021. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Rome, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). <https://doi.org/10.4060/cb7874t>

FAO, 2024. The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 - Blue Transformation in action. Rome, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). <https://doi.org/10.4060/cd0683en>

FAO, 2025. Fishery and Aquaculture Statistics - Yearbook 2023. Rome, FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). <https://doi.org/10.4060/cd6788en>

Firidin, Ş., Çakmak, E. & Aksungur, N. (2012). Karadeniz Alabalığı (*Salmo trutta labrax*, Pallas, 1811)'nın Embriyonal Gelişiminin İncelenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2012 (2), 7-16. DOI:10.17693/yunusae.v2012i21909.235437

Geldiay, R. & Balık, S. (2009). Türkiye Tatlısu Balıkları (VI. Baskı). Bornova / İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi

Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H.R. & Doadrio, I. (2020). Ichthyofauna From Iranian Freshwater: Annotated Checklist, Diagnosis, Taxonomy, Distribution and Conservation Assessment. *Zoological Studies*, 59 (21), 1-303. DOI:10.6620/ZS.2020.59-21

Kavuk, Z. (2019). Abant Alabalığı (*Salmo trutta abanticus*), Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) ve Hibritlerinin Kuluçka Performansı, Besin Kesesi Tüketimi ve Larval Büyümesi. Yüksek Lisans Tezi. Rize: Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi.

Kocabaş, M. (2011). Türkiye Doğal Alabalık (*Salmo trutta*) Ekotiplerinin Fenotipik Özelliklerinin Karşılaştırılması. 1. Çıldır Gölü Çalıştayı, 21-22 Haziran 2011, Ardahan/Türkiye, s. 9.

Kocabaş, M., Kayım, M., Aksu, Ö., Can, E., Kızak, V., Kutluyer, F., Serdar, O. & Demirtaş, N. (2012). Seasonal variation in food preference of the brown trout *Salmo trutta macrostigma* (T.,

1954) from Uzungöl Stream, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (13), 1982-1987. DOI: 10.5897/AJAR11.403

Kocabaş, M., Başçınar, N., Kutluyer, F. & Aksu, Ö. (2013). Ülkemizde Yayılım Gösteren *Salmo trutta macrostigma* Ekotipi Gerçekten Yok Oluyor mu? *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1), 132-138.

Kottelat, M. & Freyhof, J. (2007). Handbook of European freshwater fishes. Berlin/Germany: Publications Kottelat.

Kuru, M. (1975). Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası Tatlı Sularında Yaşayan Balıkların (Pisces) Sistematik ve Zoocoğrafik Yönden İncelenmesi. Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.

Lemieux, H., Le François, N.R. & Blier, P.U. (2003). The early ontogeny of digestive and metabolic enzyme activities in two commercial strains of arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Journal of Experimental Zoology*, 299 (2), 151-160. DOI: 10.1002/jez.a.10298

McDonald, G.J., Danzmann, R.G. & Ferguson, M.M. (2004). Relatedness determination in the absence of pedigree information in three cultured strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 233 (1-4), 65-78.

Muus, B.J. & Nielsen, J.G. (1999). Die Meeresfische Europas in Nordsee, Ostsee und Atlantik. Stuttgart/Germany: Franckh-Kosmos Verlag.

Narberhaus, I., Krause, J. & Bernitt, U. (2012). Threatened biodiversity in the German North and Baltic Seas: sensitivities towards human activities and the effects of climate change. Bonn/Germany: Naturschutz und Biologische Vielfalt, Heft 117. Federal Agency for Nature Conservation.

Önder, M.Y. (2013). Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Larvalarının Aydınlık ve Karanlıkta Besin Kesesi Tüketimi. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.

Özdemir, R.C. (2018). Karadeniz Alabalığında (*Salmo trutta labrax*) Bazı Kromozom Manipülasyon Çalışmaları. Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi.

Page, L.M. & Burr, B.M. (1991). *A Field Guide to Freshwater Fishes: North America, North of Mexico*. Boston: Houghton Mifflin.

Polat, N., Uğurlu, S. & Kandemir, Ş. (2011). Türkiye'nin Endemik ve Egzotik Alabalıkları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4 (1), 1-9.

Rochard, E. & Elie, P. (1994). La macrofaune aquatique de l'estuaire de la Gironde. Contribution au livre blanc de l'Agence de l'Eau Adour Garonne. In J.L. Mauvais and J.F. Guillaud (Editors), *État des connaissances sur l'estuaire de la Gironde* (pp. 1-156). Éditions Bergeret, Bordeaux/France.

Ryan, P.A. & Marshall, T.R. (1994). A niche definition for Lake trout (*Salvelinus namaycush*) and its use to identify populations at risk. *Canadian Journal of Fishery and Aquatic Sciences*, 51 (1994), 2513-2519. DOI: 10.1139/F94-250

Sağlam, N. Özdemir, Y. & Sarıeyyüboğlu, M. (2008). Elazığ Su Ürünleri Sektörü (Bugünü, Geleceği ve Bazı Fizibiliteler). T.C. Elazığ Valiliği. Elazığ.

Schultz, K. (1999). Ken Schultz's Fishing Encyclopedia: Worldwide Angling Guide (Volume 1). Foster City/California: Trade Paper Press.

Seçer, S. (2006). Abant Alabalığı. *Veteriner Hekimler Dergisi*, 77 (1), 57-58.

Sedgwick, S.D. (1995). Trout Farming Handbook (6th Edition). Worcester/England: Wiley-Blackwell.

Shepherd, C.J. & Bromage, N.R. (1992). Intensive Fish Farming (1th Edition). Worcester/England: Wiley-Blackwell.

Shuter, B.J., Jones, M.L., Korver, R.M. & Lester, N.P. (1998). A general, life history based model for regional management of fish stocks. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 55 (9), 2161-2177.

Tekelioğlu, N. (2005). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği (Soğuk ve Sıcak İklim Balıkları). Adana: Adana Nobel Kitabevi.

TÜİK (2024). *Su Ürünleri İstatistikleri Mikro Veri Seti 2024*. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) Yayın No: 4796

TÜİK (2025). *Su Ürünleri İstatistikleri*. <https://veriportali.tuik.gov.tr/tr/press/54193> (E.T.: 04.06.2025).

Ural, P. (1997). Ağrı Balık Gölü'nden Yakalanan Göl Alabalığının (*Salmo trutta labrax natio lacustris* Slastenenko, 1955), Populasyon Yapısı, Büyüme Özellikleri ve Et Veriminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi.

URL 1, 2025. <https://www.fishbase.org/summary/FamilySummary.php?family=Salmonidae>

URL 2, 2026. <https://www.bilgidunyasi.com/nerede-yetisir/somon-baligi-turkiye-turkiye-de-nerede-yetisir>

URL 3, 2025. <https://www.fishbase.se/summary/salmosalar.html>

URL 4: <https://www.biopills.net/salmone-atlantico/> (E.T.: 01.04.2021).

URL 5: https://en.wikipedia.org/wiki/Atlantic_salmon#. (E.T.: 17.03. 2026).

URL 6: https://animaldiversity.org/accounts/Salmo_salar/ (E.T.: 24.11.2025).

URL 7, 2026. <https://gr.kompass.com/p/sahser-su-urunleri-sogutma-sistemleri-tekstil-tarim-gida-turizm/tr048372/black-sea-salmon-salmo-trutta-labrax/2753280d-20c7-45b0-a7f3-cc83d578c6bd/>

URL 8: <https://www.fisheries.noaa.gov/west-coast/sustainable-fisheries/salmon-life-cycle-and-seasonal-fishery-planning> (E.T.: 10.06.2022).

URL 9: <https://www.shutterstock.com/it/image-photo/fishing-trout-mountain-riversalmo-trutta-macrostigma-1817356475> (E.T.: 18.10.2020).

URL 10: <https://www.youtube.com/watch?v=a-tHWqEq02A> (E.T.: 06.02.2021).

URL 11: <https://baytarizm.blogspot.com/2013/04/alabalk-yetistiriciligi.html> (E.T.: 17.04.2013).

URL 12: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Salmo_trutta_m._fario_-_Ilomska.jpg (E.T.: 03.05.2017).

URL 13, 2025. <https://www.fishbase.se/summary/Salmo-trutta.html>

URL 14: https://en.wikipedia.org/wiki/Sea_trout (E.T.: 15.03.2026).

URL 15: http://www.wildtrout.org/sites/default/files/about_trout/sea_trout_recognition.pdf (E.T.: 04.08.2016).

URL 16: <https://www.adh-fishing.de/adh-world/adh-world-beratung-erfolgreich-auf-meerforelle-im-herbst> (E.T.: 23.10.2024).

URL 17, 2022. <https://www.inaturalist.org/taxa/47515-Salmo-trutta-lacustris>

URL 18: <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/fresh-trout-gm179043202-25231232> (E.T.: 23.06.2013).

URL 19, 2025. <https://fishbase.se/Summary/Salvelinus-fontinalis>

URL 20: <https://www.inaturalist.org/taxa/49596-Salvelinus-fontinalis> (E.T.: 14.02.2026).

URL 21: <https://www.gone71.com/arctic-cha/> (E.T.: 04.11.2022).

URL 22: https://animaldiversity.org/accounts/Salvelinus_alpinus/ (E.T.: 24.12.2025).

URL 23, 2025. https://animaldiversity.org/accounts/Salvelinus_namaycush/

URL 24: <https://www.fishbase.se/summary/Salvelinus-namaycush> (E.T.: 24.11.2025).

URL 25: <https://www.fws.gov/species/lake-trout-salvelinus-namaycush> (E.T.: 05.05.2025).

URL 26: <https://en.wikipedia.org/wiki/Splake> (E.T.: 17.02.2026).

URL 27: <https://www.flyfisherman.com/editorial/all-about-rainbow-trout/454217> (E.T.: 01.10.2021).

URL 28: <https://www.wired2fish.com/trout/rainbow-trout-a-comprehensive-species-guide> (E.T.: 08.09.2023).

URL 29, 2025. https://www.fishbase.se/summary/Oncorhynchus_mykiss.html

URL 30: <https://www.flickr.com/photos/93124926@N06/8476154907/in/photostream/> (E.T.: 15.02.2013).

Whiteley, A.R., Penaluna, B.E., Taylor, E.B., Weiss, S., Abadia-Cardoso, A., Gomez-Uchida, D., Koizumi, I. & Trotter, P.

(2019). Trout and Char of the World. In E.B. Taylor (Editor), *Trout and Char: Taxonomy, Systematics, and Phylogeography* (pp. 95-140). American Fisheries Society.

Yanar, M., Akyurt, İ. & Bircan, R. (1987). *Salmo trutta* L.'nin gonad gelişimi, yumurta verimliliği, büyüme ve et verim özellikleri üzerine bir araştırma. *Et Balık Kurumu Et ve Balık Enstitüsü Dergisi*, 8 (48), 3-12.

Yurtman, Z. (2006). Alabalık Çiftliklerinin Çeşitli Faaliyetler Sonucu Yarattıkları Kirlilik Yükünün Dönemsel Olarak İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi.

Yüngül, M., Harlıoğlu, A.G. & Bağcı, E. (2012). Elazığ'da Su Ürünleri Sektörünün Günümüzdeki Durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 5 (1), 91-94.

Yüngül, M., Karaman, Z. & Dörücü, M. (2016). Çamlığöze Baraj Gölü'ndeki Alabalık İşletmelerinin Yapısal, Biyoteknik ve Yetiştiricilik Mekanizasyonu Yönünden İncelenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9 (2), 01-09.

Zorriehzahra, M.J., Bourani, M.S., Rezvani, S., Bahramian, B., Abdolmaleki, S., Haghghi, M., Safikhani, H., Noeiri, S. & Mehrabi, M.R. (2015). Conservation and Restoration of The Endangered Endemic Caspian Salmon Trout (*Salmo trutta caspius*) Stocks In The Southern Caspian Sea. *Middle East & Central Asia Aquaculture*, 14-16 December, 2015, Tehran/Iran. p.463. DOI: 10.13140/RG.2.1.4434.4404

BÖLÜM 4

MORPHOLOGICAL VARIATION OF THE *Capoeta banarescui* (TURAN ET AL., 2006) POPULATION IN İYİDERE STREAM, NORTH-EAST ANATOLIA

MEHMET KOCABAŞ¹
FİLİZ KUTLUYER KOCABAŞ²
MEHMED YUNUS MENGEN³

Introduction

Turkey represents a geographically and hydrologically diverse country offering substantial potential for the distribution and diversity of fish species due to the heterogeneity of its surrounding marine environments and the richness of its inland water resources (Yedier et al., 2020, p. 616; Bostancı et al., 2022, p.79). Within this context, the Black Sea Region is particularly noteworthy, as it constitutes one of the most river-rich areas of the country; this

¹Prof. Dr., Karadeniz Technical University Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management 61080, Trabzon, Turkey, Orcid: 0000-0002-7934-6500.

²Prof. Dr., Munzur University, Fisheries Faculty, 62000, Tunceli, Turkey, Orcid: 0000-0001-8334-5802.

³Res. Assist., Karadeniz Technical University Faculty of Forestry, Department of Wildlife Ecology and Management 61080, Trabzon, Turkey, Orcid: 0000-0002-7934-6500. Orcid: 0000-0003-1052-7757.

extensive fluvial network not only increases habitat heterogeneity but also plays a critical role in sustaining aquatic biodiversity and supporting ecosystem functioning (Bostancı et al., 2022, p.79).

The environmental alterations and increasing anthropogenic pollution in Turkey exert substantial pressure on aquatic ecosystems, adversely affecting habitat quality and posing significant risks to the persistence, distribution, and population stability of fish species inhabiting these environments (Steinfeld et al., 2006, p.1; Yedier et al., 2020, p. 616; Bostancı et al., 2022, p.79). Research on fish in aquatic ecosystems is crucial not only for understanding their biological characteristics, but also for comprehending ecosystem functioning and ensuring the sustainable management of water resources (Nelson et al., 2016, p.1; Nikmehr et al., 2020, p.22). Morphological traits in fish represent fundamental biological features that directly influence their ability to adapt to environmental conditions, shaping their feeding strategies, reproductive success, and overall survival (Guill et al., 2003, p.134; Nikmehr et al., 2020, p.22).

As a member of the Cyprinidae family, the genus *Capoeta* predominantly inhabits fast-flowing rivers and streams, although it can also be encountered in lakes and various freshwater environments (Turan et al., 2006, p.421; Bostancı et al., 2022, p.79). This genus exhibits a broad geographical distribution, extending from Anatolia to the Levant, and from Turkmenistan and Iran to Transcaucasia; moreover, it is widely distributed across the Tigris River and Euphrates River basins, reaching as far as northern Afghanistan and other parts of Western Asia (Banarescu, 1999, p.1; Bostancı et al., 2022, p.79). Represented by 36 species worldwide, 20 of these species have been reported from inland waters of Türkiye (Çiçek et al., 2020, p.241; Froese and Pauly, 2022, p.1; Bostancı et al., 2022, p.79; Fricke et al., 2022, p.1). Among them, *Capoeta banarescui* has been the subject of only limited research. In

particular, no study has yet addressed the population of this species in İyidere Stream according to the available literature. Within this context, the objective of this study is to determine the morphological variation of the *C. banarescui* population inhabiting İyidere Stream in North-East Anatolia.

Materials and methods

Sampling

In this study, individuals of *C. banarescui* were sampled from İyidere Stream located within the borders of the Of district in Trabzon province (Figure 1) (n = 30) in mid-spring (April 2025) using an electroshocker (SAMUS 725G; 650 W, 5–60 A, 12 V DC). After collection, the specimens were transferred to the laboratory using an oxygen-supplied transport tank and then acclimated in a holding pool at Karadeniz Technical University in Trabzon. Approval for all animal experiments was obtained from the Ethics Committee for the Use of Animals of Karadeniz Technical University, National Institute for Research (Trabzon, Türkiye), under protocol number 2025/6.



Figure 1. Sampling area.

Diagnostic features

C. banarescui is distinguished by a moderately elongated, laterally compressed body and a subterminal mouth with a well-developed, keratinized lower lip typical of the genus *Capoeta* (Figure 2). The last unbranched dorsal-fin ray is strong and serrated. Body coloration varies from olive to brown dorsally, becoming lighter ventrally. Cycloid scales are relatively large, and the lateral line is complete. Diagnostic differences among populations are mainly based on morphometric traits (e.g., head length, body depth) and meristic counts such as fin rays and scale numbers (Turan et al., 2006).



Figure 2. Photograph of *Capoeta banarescui* from İyidere Stream in North-East Anatolia.

Morphologic Features

A comprehensive set of morphometric characters was measured for each individual in order to assess body form and proportional variation. The recorded parameters comprised total length (TL), standard length (SL), head length (HL), head depth (HD), eye diameter (ED), snout length (SnL), preanal length (PAL), body depth (BD), body width (BW), ventral fin base length (VFL), caudal peduncle height (CPH), caudal peduncle length (CPL), dorsal fin base length (DFL), pectoral fin length (PFL), pre-pectoral distance (PPD), anal fin base length (AFL), pre-dorsal length (PDL), and body weight (W) (Aisyah and Syarif, 2019, p.13). These

morphometric descriptors were used to quantify intraspecific morphological variation and to support comparative evaluations with closely related species in a systematic framework.

The length–weight relationship of *C. banarescui* was determined using the model $W = aL^b$, where W indicates fish weight (g), L represents total length (cm), and a and b are the parameters defining the relationship between these variables (Bagenal and Tesch, 1978, p.101). Fulton’s condition factor (K) was estimated by applying the standard formula $K = 100 \times (W/L^3)$.

Data analysis

Data are presented as mean \pm standard deviation (SD). In order to examine the relationships among the measured variables, correlation analysis and principal component analysis (PCA) were applied using PAST 4.03 software. Statistical significance was determined at the 0.05 probability level ($p < 0.05$).

Results

The morphometric characteristics of *C. banarescui* from İyidere Stream ($n = 30$) are presented in Table 1. Total length ranged from 7.00 to 20.00 cm (14.58 ± 2.86 cm) while standard length averaged 11.70 ± 2.23 cm. Head measurements showed mean values of 2.39 ± 0.45 cm (length) and 1.80 ± 0.30 cm (depth) with an eye diameter of 0.48 ± 0.08 cm. Body height was 2.70 ± 0.53 cm. Fin lengths were 1.74 ± 0.32 cm (dorsal), 1.91 ± 0.48 cm (pectoral), and 1.44 ± 0.28 cm (ventral). Mean weight was 35.14 ± 18.12 g indicating moderate variability in body size among individuals. The condition factor ranged from 0.73 to 1.87 with a mean value of 1.06 ± 0.21 .

Table 1. Morphometric measurements (mean±SD) of Capoeta banarescui (n: 30) from İyidere Stream.

	Min.	Max.	Mean±SD
Total length (cm)	7.00	20.00	14.58±2.86
Standard length (cm)	6.27	15.47	11.70±2.23
Head length (cm)	1.31	3.42	2.39±0.45
Head depth (cm)	1.07	2.43	1.80±0.30
Eye diameter (cm)	0.35	0.70	0.48±0.08
Snout length (cm)	0.35	1.26	0.75±0.18
Preanal distance (cm)	5.05	11.38	8.59±1.61
Body height (cm)	1.59	3.74	2.70±0.53
Ventral fin length (cm)	0.69	2.02	1.44±0.28
Caudal peduncle height (cm)	0.76	1.73	1.22±0.23
Caudal peduncle length (cm)	0.46	1.29	0.87±0.18
Dorsal fin length (cm)	1.02	2.37	1.74±0.32
Pectoral fin length (cm)	1.09	2.89	1.91±0.48
Prepectoral distance (cm)	1.20	3.32	2.37±0.46
Anal base length (cm)	0.72	2.22	1.11±0.33
Predorsal distance (cm)	3.32	7.79	5.86±1.12
Caudal fin length (cm)	1.19	3.30	2.28±0.45
Weight (g)	6.40	75.20	35.14±18.12

In this study, the length–weight relationship of *C. banarescui* population from İyidere Stream was estimated as $W = 0.0359TL^{2.5369}$ ($R^2 = 0.9262$), indicating a strong positive relationship between total length and body weight (Figure 3).

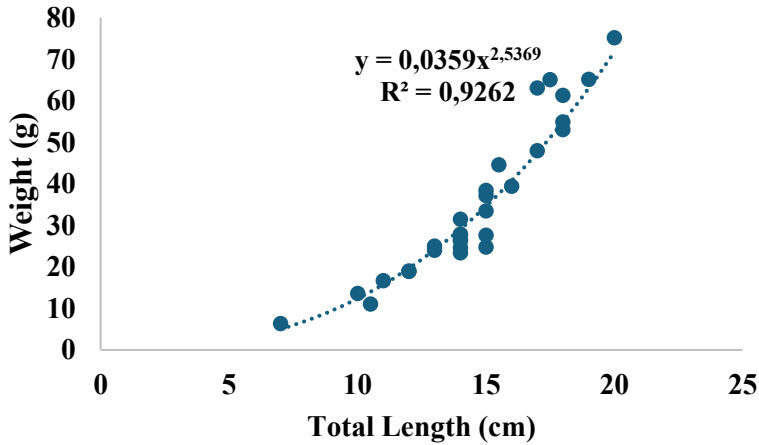


Figure 3. Length–weight relationship of *C. banarescui* population from İyidere Stream in North-East Anatolia.

Figure 4 illustrates the variability in morphologic patterns of the *C. banarescui* population inhabiting İyidere Stream in North-East Anatolia. Considerable variation is evident among individuals for several morphometric traits, particularly those associated with overall body size and mass. Weight (W) displays the widest interquartile range and the most pronounced dispersion among all measured characters, indicating substantial heterogeneity in growth and condition factor within the population. Similarly, total length (TL), standard length (SL), and preanal length (PAD) show relatively broad distributions, reflecting variability in somatic growth among individuals. In contrast, several head-related and fin-associated morphometric traits—such as head depth (HD), eye diameter (ED), snout length, caudal peduncle dimensions (CPH, CPL), and fin base

lengths (DFL, PFL, AL)—exhibit comparatively narrower distributions and lower variability. These patterns suggest that such traits are more conservative and less influenced by environmental variability compared to overall body size metrics. Overall, the boxplot patterns demonstrate that morphometric variability is not uniform across all body regions, with size-related characters showing pronounced dispersion while structural head and fin measurements remain relatively stable. This indicates the presence of marked individual-level differences in growth performance within the İyidere Stream population of *C. banarescui*.

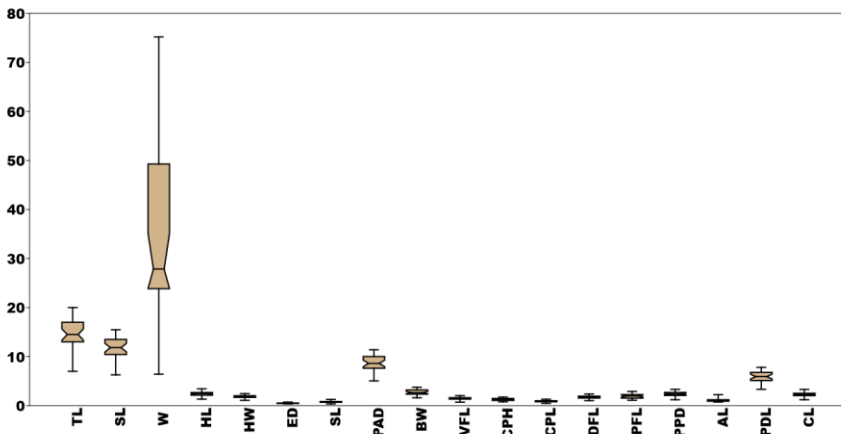


Figure 4. Comparison of the morphologic patterns of the *Capoeta banarescui* population from İyidere Stream in North-East Anatolia. Morphologic patterns abbreviations are listed: 1. Total length (TL); 2. Standard length (SL); 3. Head length (HL); 4. Head depth (HD); 5. Eye diameter (ED); 6. Snout length (SL); 7. Preanal length (PAD); 8. Body depth (BH); 9. Body width (BW); 10. Length of the ventral fin base (VFL); 11. Caudal peduncle height (CPH); 12. Caudal peduncle length (CPL); 13. Dorsal base length (DFL); 14. Pectoral fin length (PFL); 15. Pre-pectoral length (PPD); 16. Anal base length (AL); 17. Pre-dorsal length (PDL); 18. Weight (W)

Figure 5 shows the correlations among morphometric traits of *C. banarescui* from İyidere Stream (Türkiye). TL is strongly related to SL ($r = 0.938$), PAD ($r = 0.932$), BW ($r = 0.865$), and W ($r = 0.823$). SL also shows strong correlations with HL ($r = 0.885$), BW ($r = 0.891$), and PDL ($r = 0.880$). HL has a strong correlation with HD ($r = 0.901$) and BW ($r = 0.847$). However, ED shows weak correlations with TL ($r = 0.303$) and SL ($r = 0.408$). VFL is related to BW ($r = 0.819$) and CPH ($r = 0.737$). CPL also shows moderate correlations with BW ($r = 0.613$) and CPH ($r = 0.544$). W is strongly correlated with TL, SL, BW, and PDL. This shows a clear and strong allometric growth pattern in the population.

PCA showed a strong relationship among total length (TL), standard length (SL), body depth (BH), body width (BW), dorsal fin base length (DFL), pectoral fin length (PFL), ventral fin base length (VFL), and anal fin base length (AL), with these measurements clustering along the first principal component (PC1). Head-related traits, including head length (HL), head depth (HD), eye diameter (ED), and snout length, were mainly associated with the second principal component (PC2), reflecting secondary variation in head morphology and specific body structures (Figure 6).

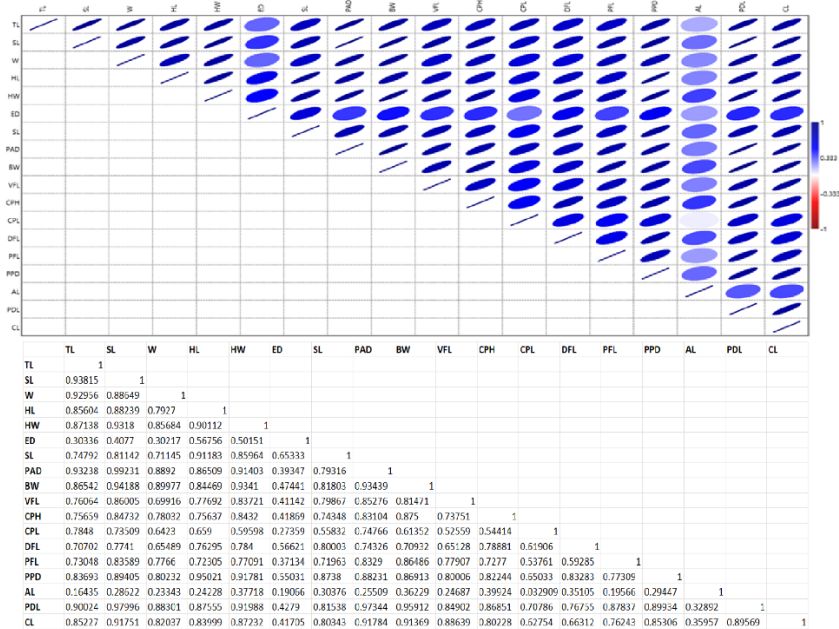


Figure 5. Correlation matrix of the morphologic patterns of the *Capoeta banarescui* population from İyidere Stream in North-East Anatolia. Morphologic patterns abbreviations are listed: Morphologic patterns abbreviations are listed: 1. Total length (TL); 2. Standard length (SL); 3. Head length (HL); 4. Head depth (HD); 5. Eye diameter (ED); 6. Snout length (SL); 7. Preanal length (PAD); 8. Body depth (BH); 9. Body width (BW); 10. Length of the ventral fin base (VFL); 11. Caudal peduncle height (CPH); 12. Caudal peduncle length (CPL); 13. Dorsal base length (DFL); 14. Pectoral fin length (PFL); 15. Pre-pectoral length (PPD); 16. Anal base length (AL); 17. Pre-dorsal length (PDL); 18. Weight (W)

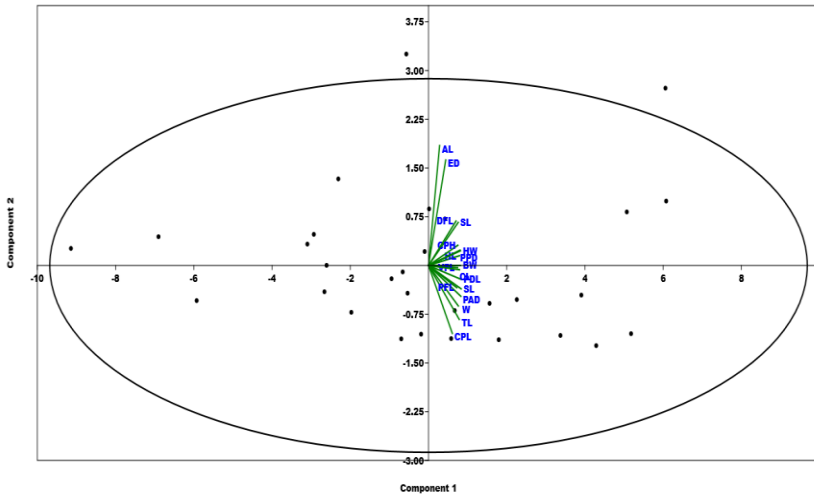


Figure 6. Principal components analysis of morphologic patterns of the *Capoeta banarescui* population from İyidere Stream in North-East Anatolia. Morphologic patterns abbreviations are listed: 1. Total length (TL); 2. Standard length (SL); 3. Head length (HL); 4. Head depth (HD); 5. Eye diameter (ED); 6. Snout length (SL); 7. Preanal length (PAD); 8. Body depth (BH); 9. Body width (BW); 10. Length of the ventral fin base (VFL); 11. Caudal peduncle height (CPH); 12. Caudal peduncle length (CPL); 13. Dorsal base length (DFL); 14. Pectoral fin length (PFL); 15. Pre-pectoral length (PPD); 16. Anal base length (AL); 17. Pre-dorsal length (PDL); 18. Weight (W).

Discussion

Population evaluation, yield estimation, ecological investigations, and the representation of aquatic systems are determined by length–weight relationships, and habitat conditions, physiological state, reproductive patterns, life-history characteristics, and the overall health status of fish populations are inferred from these relationships (Froese, 2006, p.241; Froese et al.,

2011, p.261; Bostancı et al., 2022, p.79). In the literature, the length–weight relationships have been reported in different *Capoeta* species vary depending on species, sex, and habitat conditions (İnnal, 2005, p.294; Patimar & Mohammadzadeh, 2009; p.873; Emre et al., 2010, p.79; Keskin, 2011, p.1; Bostancı et al., 2017, p.375; Mazlum et al., 2012, p.381). Moreover, in species such as *C. banarescui*, *C. trutta*, *C. umbla*, and *C. damascina*, both isometric and allometric growth patterns may occur among different populations of the same species (Keskin, 2011, p.1; Mazlum et al., 2012, p.381; Froese, 2006, p.241). Generally, the b value has been reported to range between 2 and 4 across many freshwater fish species, with a common concentration between 2.5 and 3.5 (Tesch, 1971, p.98; Froese, 2006, p.241). In the present study, the b value obtained for *C. banarescui* was 2.5369 and is consistent with the literature (Froese, 2006, p.241; Bostancı et al., 2022, p.79).

Condition factor is widely used as an integrative metric reflecting multiple aspects of fish biology, including body energy reserves, gonadal development, growth condition, and general physiological health (Le Cren, 1951, p.201; Bostancı et al., 2022, p.79). At the population level, it is also interpreted as an indirect proxy of environmental suitability. It is commonly used to evaluate habitat quality and to provide information on ecosystem condition and water quality in aquatic systems (Tsoumani et al., 2006, p. 281; Bostancı et al., 2022, p.79). In the present study, condition factor (K) values ranged from 0.73 to 1.87, with a mean value of 1.06 ± 0.21 . These results indicate that the fish populations inhabiting the wetland are generally in a good physiological condition. Keskin (2013, p.1) reported K values between 0.79 and 1.35 with a mean of 1.07 ± 0.007 in the Melet River population. Bostancı et al. (2017, p.375) determined a range of 0.827–1.307 with a mean value of 1.069 ± 0.113 for the Yalıköy Stream population. More recently, Bostancı et al. (2022, p.79) reported K values between 0.9298 and

1.3767, with a mean of 1.1364 ± 0.0132 in the Kurtuluş Stream (Perşembe–Ordu) population. Overall, the condition factor values obtained in the present study are in general agreement with those reported in the literature, suggesting comparable physiological status across different habitats.

In the present study, variation in morphological parameters within the population was evaluated through four-dimensional PCA score plots. The results suggest that standard length (SL) shows a strong positive association with head length (HL), head width (HW), dorsal fin length (DFL), pre-dorsal length (PRD), caudal peduncle height (CPH), and body width (BW), indicating coordinated growth patterns among these traits. The differences in the associations between variables are likely driven by a combination of intrinsic biological mechanisms and variability among individuals. The patterns may reflect the influence of growth dynamics, hereditary factors, and environmental pressures acting on the population, which together contribute to the observed variation in morphometric relationships (Klingenberg, 2016, p.113).

The correlation matrix results show generally strong and positive relationships among most morphometric traits. High correlations between TL, SL, HW, BW, PAD, and PDL indicate a coordinated and proportionate growth pattern across body structures. In contrast, AL exhibits weak correlations with the other variables and it may be influenced by different morphological or functional factors and is relatively independent of overall body form. These results can be explained by the tendency of some morphometric traits to be more strongly influenced by environmental conditions and habitat characteristics rather than overall body size (Wimberger, 1992, p.197; Swain & Foote, 1999, p.113).

Conclusion

Freshwater resources in Turkey are relatively limited due to climatic and hydrological constraints, particularly low annual precipitation, and they are further under pressure from climate change and pollution, negatively affecting freshwater fish diversity. Therefore, detailed investigations of population parameters across different habitats supported by regional comparisons are essential for the conservation of aquatic ecosystems and fish species. In this study, length–weight relationships and condition factor of *C. banarescui* were determined for the first time in İyidere Stream (North-East Anatolia, Türkiye), providing baseline information on the population characteristics of the species in this habitat. In conclusion, analyze morphometric and meristic characteristics of the population, evaluate intraspecific variability, and assess potential influences of environmental factors on morphological traits. In addition, the research seeks to contribute to the existing knowledge on the species by providing baseline data for future taxonomic, ecological, and conservation-oriented studies.

Acknowledgements

This research was partially supported by Scientific Research Project Coordination Unit of Karadeniz Technical University (Project number: FBA-2025-16505).

References

Aisyah, S., & Syarif, A. (2019). Morphometric and meristic characters of selangat fish (*Anodontostoma* sp.) from Kelabat Bay and Tukak Strait, Bangka Belitung. In *International Conference on Maritime and Archipelago (ICoMA 2018)* (pp. 13–16). Atlantis Press.

Bănărescu, P. M. (1999). *The freshwater fishes of Europe* (Vol. 5: Cyprinidae 2, Part I: Rhodeus to Capoeta). AULA-Verlag.

Bagenal, T. B., & Tesch, F. W. (1978). Age and growth. In T. Bagenal (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (pp. 101–136). Blackwell Science Publications.

Bostancı, D., Yedier, S., Kondaş, S., Kurucu, G., & Polat, N. (2017). Length–weight, length–length relationships and condition factors of some fish species in Yalıköy Stream (Ordu-Turkey). *Aquaculture Studies*, 17(4), 375–383. <https://doi.org/10.17693/yunusae.v17i31121.339920>.

Bostancı, D., Yedier, S., & Polat, N. (2022). Kurtuluş Deresi (Perşembe-Ordu)'nde yaşayan *Capoeta banarescui* türünün kondisyon faktörü, boy-ağırlık ve boy-boy ilişkileri. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 79–87.

Çiçek, E., Sungur, S., & Fricke, R. (2020). Freshwater lampreys and fishes of Turkey: A revised and updated annotated checklist 2020. *Zootaxa*, 4809(2), 241–270. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4809.2.2>

Emre, Y., Ayyıldız, H., Özen, Ö., & Yağcı, A. (2014). Menzelet Barajı ve Fırnız Çayı'ndan yakalanan *Capoeta angorae* (Cyprinidae)'nin yaş, büyüme ve otolit morfometrisi (Türkiye). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(2), 79–85. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2014.31.2.04>

Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & van der Laan, R. (2022). Freshwater Fish List. In *Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species*.

<http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Froese, R., & Pauly, D. (2022). *FishBase: Capoeta banarescui*. <https://www.fishbase.se/summary/Capoeta-banarescui.html>

Froese, R., Tsikliras, A. C., & Stergiou, K. I. (2011). Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41(4), 261–263. <https://doi.org/10.3750/AIP2011.41.4.01>

Guill, J. M., Hood, C. S., & Heins, D. C. (2003). Body shape variation within and among three species of darters (Perciformes: Percidae). *Ecology of Freshwater Fish*, 12(2), 134–140.

İnnal, D. (2014). Identifying growth parameters for two endemic species (*Capoeta antalyensis* and *Pseudophoxinus antalyae*) in Düden Creek, Antalya, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(2), 294–299. <https://doi.org/10.1111/jai.12191>

Keskin, G. (2013). *Aşağı Melet Irmağı'nda (Ordu) yaşayan Capoeta banarescui'nun yaş, büyüme ve otolit özellikleri* (Master's thesis). Ordu University, Institute of Science, Ordu, Türkiye.

Klingenberg, C. P. (2016). Size, shape, and form: Concepts of allometry in geometric morphometrics. *Development Genes and Evolution*, 226, 113–137.

Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219. <https://doi.org/10.2307/1540>

Mazlum, R. E., Turan, D., & Bilgin, S. (2015). Length-weight relationships of nine Cyprinid species from inland waters of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(2), 381–384. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_2_22

Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World* (5th ed.). Wiley.

Nikmehr, N., Eagderi, S., Poorbagher, H., & Abbasi, K. (2020). Morphological variation of Iranian Goby (*Ponticola iranicus*) in the Anzali Wetland drainage. *Journal of Wildlife and Biodiversity*, 4(2), 22–27.

Patimar, R., & Mohammadzadeh, B. (2011). On the biological characteristics of *Capoeta fusca* in eastern Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(3), 873–878. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01572.x>

Steinfeld, H., Gerber, P. J., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & De Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow: Environmental issues and options*. FAO.

Swain, D. P., & Foote, C. J. (1999). Stocks and chameleons: The use of phenotypic variation in stock identification. *Fisheries Research*, 43(1–3), 113–128.

Tesch, F. W. (1971). Age and growth. In W. E. Ricker (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (pp. 98–130). Blackwell Scientific Publications.

Tesch, T. B., & Bagenal, F. W. (1978). Age and growth. In T. Bagenal (Ed.), *Methods for assessment of fish production in fresh waters* (pp. 101–136). Blackwell Science Publications.

Tsoumani, M., Liasko, R., Moutsaki, P., Kagalou, I., & Leonardos, I. (2006). Length-weight relationships of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) from 12 Greek lakes. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 281–284.

Turan, D., Kottelat, M., Ekmekçi, F. G., & İmamoğlu, H. O. (2006). A review of *Capoeta tinca*, with descriptions of two new species from Turkey. *Revue Suisse de Zoologie*, 113(2), 421–436. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.80358>

Wimberger, P. H. (1992). Plasticity of fish body shape: The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 45(3), 197–218. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1992.tb00640.x>

Wootton, R. J. (1998). *Ecology of teleost fishes*. Springer.

Yedier, S., Konaş, S., & Bostancı, D. (2020). Length-length and length-weight relationships of Lessepsian *Saurida undosquamis* from İskenderun Bay (Eastern Mediterranean, Turkey). *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10(1), 616–623.

