

# ZİRAAT VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ'NDE AKADEMİK ANALİZ VE TARTIŞMALAR

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Derya GÜLOĞLU



# **Ziraat ve Orman ve Su Ürünleri'nde Akademik Analiz ve Tartışmalar**

**Editör**

Dr. Öğr. Üyesi Derya GÜLOĞLU

**yaz**  
yayınları

**2023**

**ZİRAAT VE ORMAN VE SU  
ÜRÜNLERİ'NDE AKADEMİK ANALİZ  
VE TARTIŞMALAR**

Editör: Dr. Öğr. Üyesi Derya GÜLOĞLU

---

**© YAZ Yayınları**

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayımlanamaz, depolanamaz.

---

E\_ISBN 978-625-6524-72-9

Aralık 2023 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

[www.yazyayinlari.com](http://www.yazyayinlari.com)

[yazyayinlari@gmail.com](mailto:yazyayinlari@gmail.com)

[info@yazyayinlari.com](mailto:info@yazyayinlari.com)



*"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."*

## İÇİNDEKİLER

- Uluslararası Su Ürünleri Ticaretinin Gelişimi .....1**  
*İsmail UKAV*
- Balık Yemlerindeki Antibesinsel Faktörler .....23**  
*Serpil MİŞE YONAR, Muhammet Enis YONAR*
- Balık Hastalıklarına Karşı Bağışıklık Sisteminin  
Şifreleri.....45**  
*Ünal İSPİR, Serpil MİŞE YONAR*
- Bitkilerde Somatik Kromozomların Gözlemi.....65**  
*Derya GÜLOĞLU*
- Alkol, Davranış Bozukluğu ve Zebra Balığı .....87**  
*Ünal İSPİR, Muhammet Enis YONAR*
- Döl Alımında Kullanılan Kuluçkalama Üniteleri ve  
Araçları .....109**  
*Mücahit YÜNGÜL, Mustafa DÖRÜCÜ, Sibel DOĞAN*
- Türkiye’de Kestane Üretimi, Verimi ve Dış Ticareti: Batı  
Karadeniz Bölgesi ve Bartın İli Perspektifinden Bir  
Değerlendirme .....141**  
*Selman KARAYILMAZLAR, Yıldız ÇABUK, Rifat KURT*
- Peynir Altı Suyunun Değerlendirilmesinde Kullanılan  
Yeni Teknikler .....155**  
*Kardelen DEMİRCİ, Beyzanur BAYRAKTAR, Elif Ezgi  
ÖZDEMİR, Gülden DEMİR ÖZYILMAZ, Selda BULCA*
- Alabalık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Yemlerin Ağır  
Metal İçeriğinin Belirlenmesi.....179**  
*Cemal POLAT, Korcan DENİZHAN*

**Mobilya ve Aksesuar Bağlamında İleri Dönüşüm  
Uygulamaları .....195**  
*Eser SÖZEN, Kadir KAYAHAN*

**Köyceğiz Ormanlarında Yapılan Silvikültürel  
Uygulamaların Değerlendirilmesi.....211**  
*Sevim İNANÇ ÖZKAN*

**Fitohormon ve Köklendirme Ortamı Sıcaklığının  
*Wisteria sinensis* 'Purpurea' Yumuşak Çeliklerinin  
Köklenmesine Etkileri.....225**  
*Deniz GÜNEY*

# ULUSLARARASI SU ÜRÜNLERİ TİCARETİNİN GELİŞİMİ

İsmail UKAV<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Su ürünleri uluslararası ticaretinin son yıllardaki hızlı gelişimi, kapsamlı bir küreselleşme süreci, dünya ekonomisinin ticaretin serbestleştirilmesi ve teknolojik ilerlemeler sayesinde gerçekleşmiştir. Bu bağlamda küreselleşme ile; malların, hizmetlerin, sermayenin ve emeğin hareketini kısıtlayan ticari engellerinin azaltılması veya ortadan kaldırılmasından söz edilir. Ekonomik faaliyetlerin coğrafi olarak bölünmesine yol açan uzmanlaşma, yeni lojistik teknolojilerin sağladığı daha uzun ve daha karmaşık tedarik zincirleri, yatay ve dikey birleşmeyi amaçlayan çok uluslu şirketlerin çoğalması, tüketici zevklerinin, endişelerinin ve beklentilerinin genişlemesi küreselleşme kapsamında değerlendirilir.

Sektörün taşıdığı önem kapsamında tüketici tutum ve tercihleri ile sağlık, güvenlik ve çevresel kaygılara karşılık olmak üzere; çevresel sürdürülebilirlik ve koruma, su kalitesi, hayvan refahı, üretim yöntemleri, çalışma standartları, menşee, gıda güvenliği, izlenebilirlik ve etiketleme gibi konularda bilgilendirme programları geliştirilmiştir. Bu programların hedefleri, çevresel ve sosyal sorumluluğu, güvenlik ve kalite standartlarını ve deniz ürünlerinde tüketici güvenini sağlamaktır (Alfnes ve ark., 2017:15). Bu çabalar, ticareti yapılan su ürünlerine yönelik toplam talebin önemli ölçüde artmasına neden olmuştur.

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Adıyaman Üniversitesi, KAHTA MYO, Muhasebe ve Vergi Bölümü, iukav@adiyaman.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2922-6946.

Ekonomik küreselleşmeyle birlikte, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki ticari faaliyetlerin de yoğunlaştığı gözlenmektedir. Malların ve hizmetlerin uluslararası hareketliliği de dahil olmak üzere ticari faaliyetlerin artması, dünyayı "küresel köy" adı verilen bir ekonomik bütünleşmeye yöneltmiştir. Bu bağlamda su ürünleri ticaretinin uluslararası ticarete öneminin giderek arttığı görülmektedir. Bu önemin artmasında; su ürünleri arzının varlığı, kentleşme, harcanabilir gelirdeki artışlar, fiyat rekabeti, su ürünlerinin sağlıklı ve besleyici özelliğine bağlı olarak talebin artmasının etkisi vardır (Alfnes ve ark., 2017:22). Bunların yanı sıra su ürünleri pazarında uluslararası ölçekte tedarik zinciri ve lojistiğinde gerçekleştirilen iyileştirmeler ile ikili ya da bölgesel ticaret anlaşmaları da oransal olarak daha düşük maliyetlerle su ürünleri arzını olumlu yönde desteklemiştir. Böylece, su ürünleri pazarları artık yerel pazarlar olarak değil, ticari sonuçları olan uluslararası pazarlar olarak ortaya çıkmıştır (Asche ve ark.,2015:156; Anderson ve ark., 2018:3; Shamshak ve ark., 2019:724).

Dünya ölçeğinde su ürünleri ticareti, ülke içindeki arzın yetersizliği durumunda üretici ülkeler ile pazarları birbirine bağlayarak tüketimin çeşitlendirilerek artırılmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bunun yanında gelişmekte olan ülkelerde, çeşitli sektörlerde milyonlarca insana istihdam ve gelir sağlamaktadır. Bu bağlamda su ürünleri ticareti birçok ülke ekonomisinde önemli rol oynamaktadır. Örneğin Cabo Verde, Faroe Adaları, Grönland, İzlanda, Maldivler, Seyşeller ve Vanuatu'daki su ürünleri ticareti, emtia ticaretinin toplam değerinin %40'ını aşan değerlere ulaşmıştır. Küresel su ürünleri ticareti de, değer olarak dünya toplam tarımsal ihracatında %9 ve mal ticaretinde %1 pay almaktadır (FAO, 2018).

Giderek büyüyen sektörde 2030 yılında, balık işleme küresel katma değerinin yaklaşık 266 milyar dolara ulaşacağı

öngörülmektedir. Asya kıtasının, küresel pazarın %53'ünü, Afrika'nın %31'ini, Avrupa, Amerika kıtası ve dünyanın geri kalanının ise %16'sını oluşturacağı beklenmektedir (OECD, 2016).

Sektörde girdi maliyetlerinden kaynaklı fiyat artışları gözlenmektedir. Artan maliyetlere ilave olarak pandemi sürecinde geri düşen, ancak görece olarak yüksek düzeyde oluşan navlun oranları da fiyat artışlarına katkıda bulunmaktadır. Birçok tür için arz artışı da sınırlı kaldığından piyasada yeterince gelişme sağlanamamıştır. Perakende pazarının canlanması ve devam eden yeniden açılmanın birleşik etkisi ile birlikte, bu faktörler birçok su ürünü için fiyatları yukarı çekmiştir.

Su ürünleri sektöründe bazı türlerin arz ve talep yapısı gereği küreselleşme unsurlarıyla karşılaşılmaktadır. Üreticiler birleşerek birden fazla ülkede tedarik süreci kapsamında faaliyette bulunmaktadır. Bu süreçte işleme faaliyeti, işgücü maliyetlerinin düşük olduğu ülkelerde yoğunlaşmakta; hatta bazı ülkeler işlenmek üzere balık ihraç etmekte ve daha sonra nihai satış ve tüketim için geri ithal etmektedirler. Uluslararası pazarlama kampanyaları, bir dizi yeni ürün türü ve işleme yöntemleri, uluslararası pazarlarda düşük fiyatlar, özellikle yeni tatlar ve daha fazla konfor arayan kentli tüketiciler arasında, yerel olarak üretilen balıklar için güçlü bir rekabet yaratılmasına katkıda bulunmaktadır. Birden çok ülkede faaliyet gösteren büyük perakende ve gıda hizmeti sunan zincir işletmeleri, kalite, gıda güvenliği, izlenebilirlik ve sürdürülebilirlik konularında tedarikçilerine yeni eğilimler sunabilmektedir.

Su ürünlerine olan talep tüketicilerin gelir düzeylerine duyarlı olduğundan, uluslararası ticaretteki eğilimler büyük ölçüde küresel ekonomik ortama bağlıdır. Bununla birlikte döviz

kurundaki değişimler, iklim olayları ve büyük ölçekli hastalıklar ve salgınlar gibi faktörler de talebi etkilemektedir.

Sektörün genel bir özelliği olarak, bazı ülkeler su ürünleri ihracatı yaparken aynı zamanda ithalat da yapmaktadır. Avladığı veya yetiştirdiği, iç piyasada talep görmeyen ürünleri dışarıya göndermekte, buna karşılık arzın yetersiz kaldığı talep gören ürünleri ithal etmektedir. ABD ve Japonya fazla miktarda üretimlerine karşılık, öteki üretici ülkelere su ürünleri ithal etmektedir. Japonya'nın dışalım yaptığı su ürünleri miktarı, kendine ait yıllık toplam üretiminin yaklaşık yarısı kadardır. Türkiye'de de oldukça fazla üretilen gümüşü havuz balığı fazla talep görmediği için Ortadoğu ülkelerine ihraç edilmekte, buna karşılık Norveç'ten yüksek düzeyde uskumru ve somon dış alımı yapılmaktadır (Kuşat, 2018:287).

Su ürünleri tüketiminin insan sağlığına olan yararlarına ilişkin ortaya çıkan farkındalıkla birlikte, uluslararası su ürünleri ticaretinin artan önemi, sektöre yönelik araştırmalara olan ilgiyi de artırmıştır. Bu bağlamda çalışmada dünya ölçeğinde uluslararası su ürünleri ticaretinin genel yapısı belirlenmeye çalışılmıştır. Sektörel kapsamda uluslararası su ürünleri dış ticaret yapısının ortaya koyulması ile insanlığın gıda güvenliğini sağlama konusunda potansiyel de belirlenmiş olacaktır.

## **2. LİTERATÜR TARAMASI**

Bu bölümde, doğrudan ve dolaylı olarak uluslararası su ürünleri ticareti ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalar özetlenmiştir.

Somon ve karides gibi ihracata yönelik türlerin uluslararası ticaretinde su ürünleri yetiştiriciliğinin önemli bir kaynak olduğu belirtilmiştir (Anderson ve Fong, 1997:36). Ashe ve Khatun (2006:17), uluslararası balık ticaretinin daha çok az

gelişmiş ülkelerden gelişmiş ülkelere doğru gerçekleştiğini belirterek; gelişmekte olan ülkelerden ihraç edilen balıklar arasında ton balığı, küçük pelajik türler, karidesler ve karidesler, yumuşakçalar, orfoz, balığı, yayın balığı, tilapia, kaya ıstakozları ve kafadanbacaklıların ve gelişmiş ülkelerden ise ihraç edilen türler arasında demersal türleri, ringa balığı, uskumru ve somon bulunduğunu belirtilmiştir. Bunun yanında küreselleşme ve liberalleşmenin sektörde uluslararası ticaret için fırsatlar yarattığını açıklamıştır. Karadeniz'e kıyısı olan ülkelerin dünya su ürünleri üretimi ve ticaretinde önemli bir rol oynadıkları belirtilerek, bu ülkelerin su ürünleri sektöründeki rekabet gücü, karşılaştırmalı üstünlükler endeksi kullanılarak ortaya koyulmuştur. Çalışmada, Karadeniz ülkelerinin küresel su ürünleri ticaretinde dezavantajlarının olduğu belirlenmiştir (Aydın ve ark., 2014:35). Uluslararası su ürünleri pazarlarının küreselleşmesi ve rekabetçi doğası gereği, büyük ölçüde tüketici tutum ve tercihleri ile sağlık, güvenlik ve çevresel kaygılara yönelik olarak hükümetler, sivil toplum kuruluşları (STK'lar), dernekler, büyük deniz ürünleri alıcıları ve diğer paydaşlar tarafından çeşitli programlar geliştirilmiştir. Bu programların amaçları, çevresel ve sosyal sorumluluğu, güvenlik ve kalite standartlarını ve deniz ürünlerinde tüketici güvenini sağlamaktır (Quagraine ve Shambac, 2021:5). Çin'in ABD, Japonya, Güney Kore, Güneydoğu Asya Ülkeleri Birliği (ASEAN) ve Avrupa Birliği'ne (AB) yaptığı su ürünleri ihracatındaki dalgalanmaları etkileyen faktörleri incelendiği çalışmada; Çin'in su ürünleri ihracatını etkileyen en önemli faktörün ithalat talebi olduğu belirlenmiş, ayrıca, su ürünleri ihracat yapısı ve pazar dağılımının küresel taleple giderek daha uyumlu hale geldiği, Çin'in su ürünleri rekabet gücünün azalırken, pazarlarının çeşitlendiği, Çin'in su ürünleri türleri ile ilgili olarak, rekabet gücü düşük, emek ve kaynak yoğun ürünler olduğu ortaya koyulmuştur (Miao ve ark., 2021:2526). 2012–2019 dönemi için yıllık zaman serisi verileri kullanılarak Latin Amerika'da balıkçılık ve su ürünleri

üretimi ve ihracatı ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki ampirik olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada üretim ve ekonomik büyüme arasında önemli bir pozitif ilişki ve Doğu Asya'ya yapılan su ürünleri ihracatı ile GSYİH arasında negatif ve anlamlı olmayan bir ilişki olduğu ortaya koyulmuştur (Muniz ve ark., 2022:5).

### **3. ARAŞTIRMA METODOLOJİSİ**

Dünya su ürünleri ticaretinin genel yapısını ortaya koymayı amaçlayan bu çalışmada Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Birleşmiş Milletler Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi İstatistik Bölümü (UN COMTRADE), Uluslararası Ticaret Merkezi (ITC)'nin yayınlamış olduğu dış ticaret verileri kullanılmıştır. Veriler, BM/WTO (Birleşmiş Milletler/Word Ticaret Örgütü) ITC tarafından oluşturulan ITC'nin çevrimiçi ticaret veri tabanından ve Birleşmiş Milletler tarafından oluşturulan COMTRADE veri tabanından alınmıştır. Çalışmada ülkelere göre ithalat ve ihracat verileri elde edilerek 2018-2022 yılları arasındaki eğilimler ortaya koyulmuştur. En çok ithalat ve ihracat yapan ülkeler ve su ürünleri sınıflandırmasına göre ürünlerin (balık, kabuklular, yumuşakçalar ve diğer suda yaşayan omurgasızlar gibi) dış ticaretten aldıkları paylar belirlenmiş, yüzde ve oran analizleri yapılarak yorumlanmıştır. FAO ve ITC kayıtlarından gruplandırılarak elde edilen veriler Tablolar oluşturularak yıllar itibariyle ithalat ve ihracat değer ve miktarları özetlenmiş ve yıllara göre değişimler yüzde olarak ifade edilmiştir. Ayrıca dış ticarete ülke payları yüzde olarak hesaplanmıştır.

## **4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1.Su Ürünleri Dış Ticareti**

Küresel ölçekte su ürünlerinin ihracat ve ithalat değerleri ile en çok ihracat ve ithalat yapan ülkelerle ilgili değerlendirmeler yapılarak su ürünleri ticaretinin yapısı ortaya koyulmuştur. Uluslararası su ürünleri ticaretinde üretim miktarı belirleyici olmakla birlikte, ürünlerin işlenmesi sonucunda ikincil ürünlerin pazarlanması ve doğrudan aracılık yaparak ithalata bağlı ihracat da dikkate alınmaktadır. Ayrıca birçok ülkenin su ürünleri ithalatı kapsamında balık yemi olarak kullanılan bazı ürünler de (balık unu ve yağı vb.) bulunmaktadır. Bu nedenle değerlendirme yaparken bunlar da göz önüne alınmaktadır (Şakıma ve Çevrimli, 2021:208). Bunlarla birlikte turizm sektörünün canlanmasına paralel olarak gıda hizmet sektöründe yeni restoranların açılması; özellikle kabuklular, ıstakoz, yengeç, levrek ve çipura gibi popüler restoran türleri için talebin artması ve uluslararası su ürünleri pazarının güçlenmesine katkıda bulunması dikkate alınmaktadır.

Çalışmada yapılan analizde; dünya su ürünleri toplam ihracat gelirin 2022'de 178 milyar doları aşsa da, bu büyüme rakamının uzun vadeli eğilimin altında kaldığı belirlenmiştir. COVID-19 salgınının etkileri azalmakla birlikte, küresel balıkçılık ürünleri pazarındaki dinamiklerin yeterince işlememesi bu sonucun ortaya çıkmasında etkili olmuştur. Asya'da karides üretiminin artması, 2022'nin başlarında çoğu büyük üretici ülkenin ihracat hacimlerini ve gelirlerini artırmıştır. Güney Amerika'da Ekvador karidesi, Brezilya tilapyası ve Şili somonu üretimindeki artış, devam eden ihracat büyümesinin ana itici güçlerinden olmuştur. Bunun yanında Japonya, Çin, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği'ndeki büyük pazarlarda ithalattaki büyüme daha düşük gerçekleşmiştir (FAO. 2022a:53).

Dünyada 225 ülke ve bölge uluslararası su ürünleri ticaretiyle ilgili faaliyette bulunmaktadır. Küresel su ürünleri ticareti, 2019 sonlarındaki COVID-19 salgınından önemli derecede etkilenmiş, bunun sonucunda 2020 yılında azalma göstermiştir. 2021 yılından itibaren ise salgının etkisinin azalmasıyla birlikte bir toparlanma ve hızlı bir büyüme sürecine girmiştir. 2018-2022 döneminde sektörün toplam ticaret değerinin %17 artarak yaklaşık 350 milyar dolara yaklaştığı gözlenmiştir (ITC, 2023). Uluslararası ticarete konu olan su ürünleri miktarının yaklaşık yüzde 90'ı, donmuş olarak muhafaza edilen ürünlerden oluşmaktadır. Bununla birlikte, taze su ürünlerine olan talebin, paketleme ve lojistik teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde, ticaret hacimlerindeki oranının zaman içinde arttığını göstermektedir. Çiftlik somonu, dip balığı türlerinin avcılığıyla gibi üst düzey taze su ürünleri ihracatının artmasında hava taşımacılığında sağlanan gelişmelerin önemli rolü olmuştur.

#### **4.2.Uluslararası Su Ürünleri İhracatı**

Dünya su ürünlerinin ihracat değeri, 2018-2022 döneminde 124 916 milyon dolardan 146,099 milyon dolara ulaşmıştır (Tablo 1). Bu %16,98'lik bir artışa karşılık gelmektedir. Ancak bu dönemde COVID-19 salgınının etkisi de gözden uzak tutulmamalıdır. Nitekim 2019 ve özellikle 2020 yılında ihracat değerinde azalmalar gözlenmiştir. 2021 ve 2022 yıllarında ise, pandeminin yarattığı kısıtlamalar ortadan kalkınca önemli artışlar gerçekleşmiştir.

Dünya su ürünleri ihracatında uzun yıllar Çin'in baskın rol oynadığı bilinmektedir. Ancak 2020 yılından itibaren Çin'in su ürünleri politikasında uygulama değişikliklerinden dolayı üstünlüğü Norveç'e geçmiştir. 2022 yılı itibariyle Norveç, dünya su ürünleri ihracatında %10.37'lik pay ile ilk sırada yer almıştır (Tablo 1). Onu Çin (%8,35), Ekvador (%5,80), Rusya (%5,33),

Vietnam (%5,20), Şili (%5,10), Hindistan (%4,51) ve Kanada (%4.01) izlemektedir. Küresel ölçekte en çok su ürünleri ihracatı yapan ilk 25 ülkenin payı %80,86 olarak belirlenmiştir.

**Tablo 1. Dünya Su Ürünleri İhracat Değeri (Bin Dolar)**

Ülkeler/ Yıllar	2018	2019	2020	2021	2022	2022 pay%
Norveç	11,696,611	11,679,107	10,716,611	13,416,882	15,154,004	10,37
Çin	13,257,220	12,467,028	10,710,803	11,037,668	12,200,592	8,35
Ekvador	3,525,397	4,241,981	4,162,792	5,718,337	8,467,114	5,80
Rusya	4,282,356	4,663,054	4,639,559	5,854,362	7,789,406	5,33
Vietnam	6,407,588	6,205,145	5,771,044	6,304,923	7,598,64	5,20
Şili	5,896,933	5,765,269	4,929,985	5,803,542	7,457,825	5,10
Hindistan	6,397,360	6,300,404	5,150,001	6,734,829	6,592,081	4,51
Kanada	4,923,909	5,176,760	4,394,155	6,302,198	5,858,192	4,01
İsveç	4,686,438	4,343,207	4,192,650	4,674,461	5,158,902	3,53
ABD	5,253,279	4,883,256	4,010,945	4,854,294	5,077,262	3,48
İspanya	3,733,380	3,407,818	3,073,301	4,115,704	4,266,331	2,92
Hollanda	3,492,764	3,494,003	3,391,064	4,001,099	4,266,331	2,92
Endonezya	3,311,916	3,268,801	3,516,220	3,707,405	4,015,842	2,75
Danimarka	2,858,574	2,861,078	2,938,255	3,552,417	3,610,425	2,47
İzlanda	1,923,064	2,030,895	1,928,576	2,283,371	2,333,471	1,60
Polonya	1,847,575	1,835,228	1,914,675	2,093,188	2,279,389	1,56
Kore	1,484,282	1,515,861	1,311,630	1,681,827	2,037,787	1,39
Japonya	1,596,638	1,536,614	1,363,855	1,848,271	1,966,019	1,35
Birleşik Krallık	2,178,078	2,353,341	1,879,867	2,044,146	1,963,720	1,34
Fransa	1,490,093	1,360,374	1,189,061	1,836,524	1,765,472	1,21
Arjantin	2,117,966	1,830,604	1,699,434	1,957,981	1,738,453	1,19
Almanya	1,843,942	1,654,041	1,524,895	1,596,285	1,721,059	1,18
Tayland	1,962,071	1,839,700	1,554,675	1,685,762	1,656,623	1,13
Fas	1,361,733	1,214,233	1,251,356	1,759,859	1,592,459	1,09
Taipei, Çin	1,838,513	1,755,159	1,397,099	1,575,708	1,572,770	1,08
Diğer ülkeler	39,039,142	26,005,527	23,469,351	27,426,427	27,959,495	19,14
Toplam	124,916,28 1	123,688,48 8	112,081,85 9	133,867,47 0	146,098,81 9	100, 0

Kaynak: ITC, 2023.

Norveç'in son beş yıldaki ihracat değerindeki artış %30'a yaklaşmıştır. Norveç'in en önemli pazarı olan Avrupa Birliği, Norveç su ürünleri ihracat değerinin %60'ını oluşturmaktadır. Norveç'in en çok dışsatım yaptığı ülkeler Polonya, Danimarka, ABD ve Fransa, Çin'in en çok dışsatım yaptığı ülkeler ise, Japonya, ABD, Kore ve Hong Kong'dur. Norveç'in en çok ihraç ettiği su ürünleri taze veya soğutulmuş balık, balık filetoları ve

diğer balık etleri ve dondurulmuş balıktır. Gelişmiş ve kapsamlı bir alabalık yetiştiriciliği sektörüne sahip olan Norveç'in morina, ringa balığı, uskumru ve diğer beyaz balıklar ile küçük pelajik türleri hedef alan büyük bir balıkçı filosu bulunmaktadır. Uluslararası ticarete morina balığı ve Atlantik somonu olmak üzere bazı önemli türlerin yüksek fiyatlarla satılması Norveç'in ihracat değerini artıran önemli bir faktördür. Çin'in en çok ihraç ettiği su ürünleri ise, balık filetoları ve diğer balıkçılık ürünleri, yumuşakçalar ve dondurulmuş balıktır. Bunun yanında Çin, dünyada baskın tilapia tedarikçisi iken, Amerika Birleşik Devletleri'nin Çin tilapiasına uyguladığı ithalat tarifeleri, COVID-19 salgınıyla ilgili lojistik zorluklar vb. durumlar, bu baskınlığın azalmasına neden olmuştur (ITC, 2023).

Kısacası Çin, dünyanın en büyük su ürünleri üreticisi, ihracatçısı ve işleyicisi ülkelerinden biridir. İhracatı, hem büyük miktarlarda yurt içinde üretilen kafadanbacaklılar, karides, tilapia ve çift kabuklu yumuşakçaları hem de Alaska pollock ve morina gibi işlenmiş beyaz balıkları içermektedir. Çin ihracatının bir bölümü ithal edilip işlenen su ürünlerinden oluşmaktadır.

Ekvador'un son yıllarda ihracatındaki sıçrama dikkat çekmektedir. Karides üretimini 1 milyon tonun üzerine çıkararak Ekvador, bu potansiyelini ihracata yönlendirerek kabukluların en büyük küresel ihracatçısı konumunu da sağlamıştır (FAO, 2023).

Gerçekte Vietnam, Ekvador'dan önce su ürünleri ihracatında dünya üçüncülüğünü uzun yıllardır sürdürmekteydi. 7 milyar doların üzerinde su ürünleri ihracatı gerçekleştiren Vietnam, önemli ihracat geliri elde eden bir ülkedir. Vietnam, büyük bir çiftlik karides endüstrisi ve önemli bir işleme sektörü ile desteklenen, dünyanın açık ara önde gelen çiftlik pangası üreticisi ve ihracatçısı konumuna gelmiştir. ABD, Vietnam'ın en

önemli pangas ihracat pazarı iken, son yıllarda onun yerini Çin almıştır.

Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği, ülke ekonomilerinde önemli rolü bulunmaktadır. Bu bağlamda, su ürünlerinde artan üretim, pazarlama ve dağıtım mekanizmalarının iyileştirilmesiyle birçok gelişmekte olan ülkenin ihracatının önem kazandığı, dolayısıyla uluslararası su ürünleri ticareti, hem ihracat geliri kaynağı hem de istihdam sağlayıcı olarak bu ülkelerde ekonomik büyümeye önemli katkı sağladığı gözlenmiştir.

**Tablo 2. Su Ürünleri Alt Gruplarına Göre İhracat (Bin Dolar)**

Gruplar*	2018	2019	2020	2021	2022	2022 pay%
301	2,180,732	2,146,497	1,805,072	2,256,150	2,314,721	1,59
302	22,089,127	21,554,915	19,564,424	23,927,275	25,401,970	17,47
303	24,980,049	25,051,498	22,601,618	24,416,267	27,088,801	18,63
304	25,136,194	24,634,624	22,634,665	26,126,581	30,665,460	21,09
305	6,391,277	6,360,775	6,025,849	6,344,016	6,743,236	4,64
306	29,025,348	29,532,796	26,968,435	35,282,809	36,646,613	25,21
307	14,106,060	13,356,210	11,524,767	14,450,496	15,679,729	10,79
308	749,074	781,809	646,221	735,157	842,905	0,58
Toplam	124,657,861	123,419,124	111,771,051	133,538,751	145,383,435	100,0

Kaynak: UN Comtrade, 2023.

\*Ek1'de açıklama yapılmıştır.

Su ürünleri ihracatında ana türlerden balıklar %67, kabuklular %22 ile yumuşakçalar ve diğer suda yaşayan omurgasızlar %11 oranında pay almaktadır (FAO, 2022b). Su ürünleri ihracatına en çok konu olan alt ürün grubu %25,21 ile kabuklulardır (Tablo 2). Onu balık filetoları ve diğer balık etleri (%21,09), dondurulmuş balık (%18,63) ve taze veya soğutulmuş balık (%17,47) izlemektedir. Ayrıca, su ürünleri ihracat değerinin yaklaşık %3'ünü balık unu, %1'ini ise balık yağı ihracatı oluşturmaktadır. Balık unu ihracatında Peru, balık yağı ihracatında Peru ve Şili ana ihracatçı ülkelerdir. Bunun yanında balık unu ve balık yağı uluslararası ticaretinin önümüzdeki yıllarda sırasıyla yüzde 9 ve yüzde 7 artması öngörülmektedir (FAO, 2022b). Bu durumun sektörün potansiyel ülkeleri için değerlendirilebileceğini göstermektedir.

### 4.3.Dünya Su Ürünleri İthalatı

Dünya su ürünleri ithalatı 2018-2022 yılları arasında %17,96'lık artışla 124,317 milyon dolardan 146.646 milyon dolara ulaşmıştır (Tablo 3). İhracatta olduğu gibi ithalatta da 2020 yılında pandemi etkisiyle azalan ithalat, daha sonra tekrar artışa geçmiştir. İthalatta ilk sırayı uzun yıllardır olduğu gibi 2022 yılında da ABD almıştır. ABD'nin 25,187,793 dolar olan ithalatı %17,18 oranı ile dünya ithalat değeri içerisinde birinci sıradadır. ABD'yi Çin (%12,81), Japonya (%7,96), İspanya (%5,16), İtalya (%4,47) ve Fransa (%4,44) izlemektedir. En çok ithalat yapan ilk 25 ülkenin payı 87,46 olarak belirlenmiştir.

ABD su ürünleri ithalatının 6.4 milyar dolarlık kısmını karides ve 5.5 milyar dolarlık kısmını somon balığı oluşturmaktadır (NOAA, 2023). ABD ağırlıklı olarak Kanada, Şili, Çin, Hindistan, Ekvador ve Endonezya'dan ithalat yapmıştır. Çin'in en çok dışalım yaptığı ülkeler ise Ekvador, Rusya, Vietnam, Hindistan ve Kanada'dır. ABD'nin en çok dışalım yaptığı ürünler kabuklular, dondurulmuş balık ve yumuşakçalardır. Çin'in en çok dışalım yaptığı ürünler balık filetoları ve diğer balıkçıkları, kabuklular ve taze veya soğutulmuş balıktır (ITC, 2023). Çin, kısmen büyük miktarlarda balığın işlenmek üzere ithal edilmesi ve ardından yeniden ihraç edilmesi ve aynı zamanda artan gelirler ve tüketim alışkanlıklarındaki değişikliklerin yerel olarak üretilmeyen türler için pazarlar yaratması nedeniyle dünyanın en büyük su ürünleri ithalatçısı ülkelerinden biri konumundadır.

**Tablo 3. Dünya Su Ürünleri İthalat Değeri (Bin Dolar)**

World	2018	2019	2020	2021	2022	2022 Pay%
ABD	18,517,128	18,498,917	17,534,600	23,683,668	25,187,793	17,18
Çin	11,605,738	15,414,355	12,366,189	13,806,049	18,782,802	12,81
Japonya	11,884,397	11,540,850	9,940,357	10,883,307	1,1672,998	7,96
İspanya	7,306,337	6,722,696	6,080,059	7,564,481	7,573,855	5,16
İtalya	5,515,039	5,238,391	4,541,109	6,101,242	6,558,318	4,47
Fransa	5,589,809	5,335,297	4,926,730	6,257,206	6,515,309	4,44
İsveç	5,204,351	4,873,340	4,666,551	5,203,154	5,735,005	3,91
Kore	5,045,595	4,705,225	4,575,394	5,021,536	5,648,044	3,85

## Ziraat ve Orman ve Su Ürünleri'nde Akademik Analiz ve Tartışmalar

Almanya	4,665,205	4,557,258	4,340,949	4,434,159	4,849,966	3,31
Tayland	3,525,484	3,309,496	3,225,038	3,401,088	3,937,659	2,69
Hollanda	2,495,485	2,336,129	2,395,597	2,823,196	3,219,838	2,19
Birleşik Krallık	2,768,574	3,005,606	2,697,586	3,082,366	3,039,418	2,07
Hong Kong, Çin	3,363,319	3,000,367	2,586,469	3,149,013	3,031,068	2,07
Polonya	2,382,940	2,387,433	2,379,861	2,720,576	3,018,734	2,06
Danimarka	2,075,654	2,223,686	2,173,400	2,672,543	2,910,790	1,98
Kanada	2,234,299	2,327,308	2,014,309	2,662,346	2,818,212	1,92
Portekiz	2,473,052	2,165,040	1,897,345	2,164,161	2,414,038	1,65
Vietnam	1,522,080	1,572,081	1,594,194	1,796,742	1,934,466	1,32
Belçika	1,811,419	1,685,907	1,624,119	1,849,698	1,918,824	1,31
Taipei, Çin	1,192,780	1,285,509	1,365,186	1,374,852	1,669,139	1,14
Brezilya	1,265,251	1,217,058	858,945	1,146,122	1,355,881	0,92
Malezya	888,149	965,008	919,948	1,111,872	1,329,289	0,91
Rusya	1,801,852	1,796,662	1,672,794	2,115,111	1,226,233	0,84
Avustralya	853,727	819,441	701,613	813,782	972,968	0,66
Singapur	872,029	827,922	70,1562	806,288	937,179	0,66
Diğer ülkeler	17,456,997	17,494,628	16,143,075	18,620,457	1,8389,075	12,54
Toplam*	124,316,690	125,305,610	113,922,979	135,265,015	146,646,901	100

Kaynak: ITC, 2023.

\* İhracat ile ithalat toplam değerleri arasında fark olmasının nedeni uluslararası değerlendirmelere göre ihracatın gemide teslim (FOB) değerinden, ithalatın ise maliyet, sigorta ve navlun (CIF) değerinden kayıtların tutulmasıdır. Bu nedenle, ithalat değeri ihracattan bir miktar yüksek olmaktadır.

Su ürünleri ithalatına en çok konu olan alt ürün grubu %24,61 ile kabuklulardır (Tablo 4). Onu balık filetoları ve diğer balık etleri (%22,30), dondurulmuş balık (%18,68) ve taze veya soğutulmuş balık (%17,13) izlemektedir.

Coğrafi açıdan Avrupa Birliği, dünya su ürünleri ithalatı toplam değerinin yarısından fazlasını oluşturan bir pazar konumundadır. Bunu Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya izlemektedir. Bu pazarlarda büyük kentsel nüfusa sahip gelir düzeyi yüksek tüketicilerin olması su ürünlerine olan talebi artırarak ithalata yönelmelerine neden olmaktadır.

Gelişmekte olan ülkelerin, gelişmiş ülkelerdeki pazarlara su ürünleri tedariki sağlayarak ihracatlarını artırdıkları ve gelişmiş ülkelerin bunları uygun tekniklerle işleyerek katma değeri yüksek ürünler haline getirdikleri ve daha sonra bu ürünleri diğer gelişmiş ülkelere ihraç ettikleri anlaşılmaktadır.

**Tablo 4. Su Ürünleri Alt Gruplarına Göre İthalat (Bin Dolar)**

Gruplar*	2018	2019	2020	2021	2022	2022 pay %
301	2,263,601	2,217,553	1,805,432	2,126,729	2,642,110	1,82
302	21,616,491	21,352,233	19,359,744	23,857,721	24,915,367	17,13
303	25,871,804	25,425,408	23,201,943	24,668,631	27,174,726	18,68
304	26,092,941	26,321,344	24,484,849	27,797,563	32,438,427	22,30
305	6,402,813	6,261,801	5,937,687	6,203,190	6,516,275	4,48
306	27,296,028	29,497,165	27,160,910	35,045,524	35,799,706	24,61
307	13,473,558	12,809,733	10,814,430	13,923,965	15,080,622	10,37
308	822,944	932,550	787,904	879,490	917,417	0,63
Toplam	121,576,579	122,600,234	111,747,467	132,376,084	145,484,650	100,0

Kaynak: UN Comtrade, 2023.

\*Ekl' de açıklama yapılmıştır.

Uluslararası ticaret kapsamında somon ve karides, değer açısından dünya ölçeğinde en çok ticareti yapılan su ürünleridir ve bunlar ağırlıklı olarak su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilmektedir. Büyük bir bölümü Atlantik somonu olmak üzere somon balığı, uluslararası su ürünleri ticaretinin toplam değerinin yaklaşık %20'sini, karidesler ise yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır. Toplam küresel karides arzının yaklaşık %61'i ve alabalık türlerinin %78'i su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilmektedir (NOAA, 2023). İnsanların tüketimi için gerekli ürünleri üreten su ürünleri yetiştiriciliği, bu bağlamda uluslararası ticarete de önemli katkılarda bulunmaktadır.

## 5. SONUÇ

Su ürünlerinin insan sağlığı açısından çok önemli yararları olduğu bilinmektedir. İnsanların dengeli ve düzenli beslenme isteği onların su ürünlerine yönelik talebini artırmakta, bu durum su ürünleri ticaretinin gelişimini de teşvik etmektedir. Su ürünleri üretiminin büyük bir kısmı uluslararası pazarlama kanalları aracılığıyla uluslararası ticarete konu olmaktadır. Günümüzde uluslararası su ürünleri ticaretinin; ihracat geliri, istihdam ve katma değer yaratarak ve nakliye, işleme, toptan ve perakende sektörlerinde çeşitli ve birbirine bağlı aktörleri dahil ederek

küresel gıda güvenliğine katkıda bulunan bir unsur olarak önemli bir rol oynamaktadır.

2022 yılında dünya su ürünleri ihracatı 146 milyar dolara ulaşmıştır. Yapılan çalışmada 2018–2022 döneminde uluslararası su ürünleri ticaretinin yaklaşık %17 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir. 2019 yılına kadar küresel ölçekte ana ihracatçı olan Çin'in, 2020 yılından itibaren bu konumunu Norveç almıştır. Diğer ihracatçı ülkeler Ekvador, Rusya ve Vietnam'dır. Bu ülkeler dünya su ürünleri ihracatının %35'ini gerçekleştirmektedir. Dolayısıyla, küresel su ürünleri ticaretinde, gelişmekte olan ülkelere yapılan ihracatın gelişmiş ülkelere göre önemli ölçüde daha hızlı büyüdüğü gözlenmiştir.

2022 yılında, değer olarak toplam su ürünleri ithalatının yaklaşık üçte ikisi gelişmiş ülkeler tarafından gerçekleştirilmiştir. En çok ithalat yapan üç ülke; ABD (%17,18), Çin (%12,81) ve Japonya'nın (%7,96) toplam ithalattaki payı %38'e yaklaşmaktadır. Özellikle Çin, yalnızca iç tüketim için değil, aynı zamanda Çin'de işlenen ve daha sonra yeniden hammadde olarak ihraç edilen büyük miktarlardaki su ürünlerinin de en çok ithalatçı ülkesidir. Avrupa Birliği'nin (27 ülke) yaptığı ithalat, toplam dünya ithalatının üçte birini oluşturmaktadır. AB dünyanın en büyük pazarı olmayı sürdürmektedir.

Alt ürün gruplarından somon ve alabalık, değer bazında uluslararası ticareti yapılan en önemli emtia haline gelerek, uluslararası ticarete konu olan balık ürünlerinin toplam değerinin yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. İhraç edilen türlerin diğer ana grupları, yaklaşık %16 ile karides, %10 ile derin deniz balıkları (berlam balığı, morina, mezigit balığı ve Alaska pollock) ve %9 ile ton balığı izlemektedir. Ayrıca; balık unu, ihracat değerinin yaklaşık %3'ünü ve balık yağı %1'ini temsil etmektedir.

Dünyada su ürünleri ticareti Afrika ve Asya'daki birçok ülke için özellikle büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında

Okyanusya, Asya'daki gelişmekte olan ülkeler, Latin Amerika ve Karayipler bölgesi balık ihracatçısı bölgeleri olma özelliğini sürdürüyorlar. Latin Amerika ülkelerinden Ekvador, Şili ve Peru'nun başta karides, ton balığı, somon ve balık unu olmak üzere su ürünleri ihracatı sürekli artış göstermektedir. Avrupa ve Kuzey Amerika bölgelerinin ithalatçı karakteri ağır basmaktadır. Yüksek gelirli tüketicilerin büyük kentsel nüfusa sahip olduğu gelişmiş ülkelerde, su ürünlerine olan talep, yerli üretimden çok daha fazladır, bu nedenle tüketimin karşılanabilmesi için yoğun olarak ithalata başvurulmaktadır.

Uluslararası ticarete tarifeler en yaygın kullanılan ticaret politikası araçları arasında yer almakta ve küresel ticaret akışlarının önemli belirleyicileri olarak bilinmektedir. Tarifeler, gelir elde etmek ve yerel endüstrileri korumak için kullanılır ve genellikle işlenmiş ürünler için ham maddelerden daha yüksek oranlarda uygulanır. İç tüketimi karşılamak için ithalata bağımlı olan gelişmiş ülkelerde, genellikle su ürünleri içerisinde balıklar üzerindeki tarifeler oldukça düşüktür. Bu bağlamda, son yıllarda uluslararası ticaretteki genişlemenin ana unsuru gümrük tarifelerinin düşürülmüş olmasıdır. Öte yandan, birçok gelişmekte olan ülke, bölgeler arası ticareti sınırlayabilen maliye veya korumacı politikaların bir yansıması olarak balık ve balık ürünleri için hala yüksek tarifeler uygulamaktadır. Bölgesel ve ikili ticaret anlaşmaları sayesinde tarifeler, en az gelişmiş ülkelerdeki bazı istisnalar dışında, gelişmekte olan ülkelerde zaman içinde daha da düşmesi beklenmektedir (FAO, 2018). Bölgesel ticaret anlaşmaları, balık ticaretini artırarak ilgili bölgelerde ticaretin bölgeselleşmesine katkıda bulunmuştur. Gelişmekte olan bölgelerde, artan gelirler ve buna bağlı olarak balık talebindeki artış da bölgeselleşme eğiliminin arkasındaki önemli faktörlerdir. Komşu ülkelerde talep güçlendikçe, daha önce gelişmiş pazarlara yapılan ihracat bölgesel ortaklara yönlendirilmektedir.

Bazı ülkelerdeki yapısal sorunlar su ürünlerinin kalitesini etkileyerek ürün kaybına veya bunların pazarlanmasında zorluklara yol açarak ihracatçıların uluslararası pazarlara erişimini engelleyebilmektedir. Ayrıca, gerekli ürün standartları, sağlık önlemleri, ithalat lisansı süreçleri, menşe kuralları ve uygunluk değerlendirmesi gibi tarife dışı ticaret önlemleri; zaman alıcı belgelendirme işlemleri ve gümrük ücretleri gibi uygulamalar dış ticareti kısıtlayabilmektedir. Buna karşılık Dünya Ticaret Örgütü'nün Ticareti Kolaylaştırma Anlaşması'nın tam olarak uygulanmasıyla, malların sınır ötesi hareketini, serbest bırakılmasını ve gümrükten çekilmesini hızlandırması ve ticaret üzerindeki bu olumsuz etkileri azaltılması söz konusu olabilir (FAO, 2018).

Kişi başına tüketimin (25 kg) giderek artacağı 2030'da, insan tüketimine uygun balıklarda uluslararası su ürünleri ticaretinin yüzde 9 büyüyeceği ve 54 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir. Norveç ve Çin'in, en büyük su ürünleri ihracatçısı ülkeler olma özelliğinin devam etmesi, su ürünleri ihracatındaki büyümenin büyük kısmının (%73) Asya kaynaklı olması beklenmektedir. Gelişmiş ekonomilerin iç taleplerini karşılamak için ithalata büyük ölçüde bağımlı kalacağı, Avrupa Birliği, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri'nin 2030'da su ürünleri tüketimine yönelik dünya toplam ithalatının yüzde 38'ini oluşturacağı tahmin edilmektedir.

Özellikle gıda arzı ve gıda güvenliği açısından, balıkçılık ve su ürünleri sektörlerinde uluslararası ticaret önemli bir rol oynamaya devam edecektir. 2030 yılında toplam balıkçılık ve su ürünleri üretiminin yaklaşık yüzde 36'sının çeşitli ürünler şeklinde ihraç edileceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte sektörün özellikle dünya gıda güvenliğine olan katkısı ve dış ticaretteki rolüyle birlikte ülkelerin sürdürülebilir ekonomik büyüme ve kalkınması için dünya su ürünleri kaynaklarının korunmasına öncelik verilmesi son derece önem taşımaktadır. Bu

bağlamda uluslararası su ürünleri dış ticaretini daha da geliştirmek için izlenecek politika; balıkçılık ekosistemini korumayı, deniz ürünleri işletmecilerini iyi uygulamaları benimsemeye teşvik etmeyi, bilim ve teknolojiye yatırımı artırmayı, ticaretteki teknik engelleri aşmayı, ülkelerin ihtiyaçları, tercihleri ve gereksinimlerine ilişkin araştırmaları güçlendirmeyi ve talebin artırılmasıyla uluslararası işbirliğini hedeflemelidir. Bu yönleriyle çalışmanın sonuçlarının sektöre yol göstereceği düşünülmektedir.

### **KAYNAKÇA**

- Alfnes, F., Chen, X., & Rickertsen, K. (2017), Labeling farmed seafood: A review, *Aquaculture Economics & Management*, September 22(3),2017, 1-55. DOI: 10.1080/13657305.2017.1356398.
- Anderson, J. L., & Fong, Q. S. W. (1997), Aquaculture and international trade, *Aquaculture Economics & Management*, 1:1-2, 29-44, DOI: 10.1080/13657309709380201.
- Anderson, J.L., Asche, F., & Garlock. T. (2018), Globalization and Commoditization: The Transformation of the Seafood Market, *Journal of Commodity Markets* 12: 2–8.
- Asche, F., & Khatun, F. (2006), Aquaculture: Issues and Opportunities for Sustainable Production and Trade, *ICTSD Natural Resources*, International Trade and Sustainable Development Series Issue Paper No. 5, International Centre for Trade and Sustainable Development, Geneva, Switzerland:1-50.
- Asche, F., Bellemare, M.F., Roheim, C., Smith, M.D., & Tveteras, S. (2015). Fair Enough? Food Security and the

International Trade of Seafood. *World Development* 67: 151–160.

Aydın, A., Byashimov, G., & Yaykaşlı, M. (2014), Karadeniz Ülkelerinin Rekabet Gücü Analizi: Su Ürünleri Sektörü Örneği, *Alinteri*, 26 (B) – 2014, 32-37.

FAO, (2018), *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. s227.

FAO, (2021), *Fishery and Aquaculture Statistics* FAO Yearbook, 2019/Roma. <https://doi.org/10.4060/cb7874t> s110.

FAO, (2022a). *International markets for fisheries and aquaculture products, second issue 2022, with January–December 2021 Statistics*, Globefish Highlights No. 2–2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc1350en> s75.

FAO, (2022b). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation*, Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>

FAO, (2023). *Fourth issue 2022, with January–June 2022 Statistics – International markets for fisheries and aquaculture products*, Globefish Highlights, No. 4–2022. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc4963en>

ITC, (2023). International Trade Centre, Trade Map, <https://www.trademap.org/Index.aspx>

Kuşat, M. (2018). Su Ürünleri Dünya ve Türkiye Pazarı, Su Ürünleri Dünya ve Türkiye Pazarı, 1st International Symposium on Silvopastoral Systems and Nomadic Societies in Mediterranean Countries 22-24 October 2018, Isparta, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Yayınları No: 002, Editor Ahmet TOLUNAY ISBN: 978-605-81136-2-6 1. Baskı Isparta, s284-293.

- Miao, M., Liu, H., & Chen, J. (2021). Factors affecting fluctuations in China's aquatic product exports to Japan, the USA, South Korea, Southeast Asia, and the EU, *Aquaculture International* (2021) 29:2507–2533.
- Muniz R.D.I.M.J, Jimber del Río J.A., Jimenez Beltrán F.J., & Vera Gilces P. (2022). *The fisheries and aquaculture sector in Latin America: Exports to East Asia and production*, PLoS ONE 17(7):e0267862. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267862>
- NOAA, (2023). National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce, <https://www.fisheries.noaa.gov/foss/f?p=215:22:4286131844023>
- OECD, (2016). *The Ocean Economy in 2030*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251724-en> p256.
- Quagraine K. K., & Shambac, A. M. (2021). *Aquaculture Markets in the Twenty-First Century, Choices*, The Magazine of Food, Farm, and Resource Issues, Agricultural and Applied Economics Association, vol. 36(4), December, 1-8.
- Shamshak, G.L., Anderson, J.L., Asche, F., Garlock, T., & Love, D.C. (2019). *US Seafood Consumption*. Journal of the World Aquaculture Society 50: 715–727.
- Şakıma İ, & Çevrimli, M.B. (2021). Türkiye su ürünleri sektöründe mevcut durum, sorunlar ve çözüm önerileri, *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, 92(2): 198-218, 2021, DOI: 10.33188/vetheder.891760
- UN Comtrade, (2023). United Nations, Department Of Economic and Social Affairs, Trade Data, <https://comtradeplus.un.org/TradeFlow?Frequency=A&Flows=M&CommodityCodes=TOTAL&Partners=0&Rep>

orders=all&period=2022&AggregateBy=none&BreakdownMode=plus

Ek 1. Su ürünleri alt ürün grupları

Kod	Açıklama
301	Canlı balık
302	Balık (taze veya soğutulmuş )
303	Dondurulmuş balık
304	Balık filetoları ve diğer balıkçetleri
305	Balık, kurutulmuş, tuzlanmış veya salamura edilmiş; tütülenmiş balık
306	Kabuklular
307	Yumuşakçalar,
308	Kabuklular ve yumuşakçalar dışındaki su omurgasızları



# BALIK YEMLERİNDEKİ ANTİBESİNSEL FAKTÖRLER

Serpil MİŞE YONAR<sup>1</sup>

Muhammet Enis YONAR<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ

Su ürünlerinin geçmişten bu yana insanların beslenmesinde önemli bir paya sahip olduğu bilinmektedir. Su ürünlerinin yapısında yüksek oranda ve kaliteli protein bulunması nedeni ile insan beslenmesindeki önemi dünya nüfusunun artışına paralel olarak giderek artmaktadır. Su ürünlerinin bu önemine paralel olarak balık yetiştiriciliği de dünyada hızlı bir şekilde gelişmektedir. Balık beslenmenin, balık yetiştiriciliğinin verimliliğini ve gelişimini yönlendiren ana faktörlerden biri olduğu iyi bilinmektedir. Ancak bazı ülkelerde yemlerin en önemli protein kaynağı olan balık ununun pahalı olması balık yetiştiriciliğinin yapılmasını oldukça zor kılmaktadır. Bu nedenle yemlerde balık ununun yerini alabilecek alternatif protein kaynaklarına ihtiyaç vardır. Birçok bitkisel kaynaklı madde balık yeminde protein kaynağı olarak değerlendirilse de bunların içindeki besleyici değerler antibesinsel maddelerden dolayı düşebilmektedir. Antibesinsel faktörlerin bazıları antivitaminler, fitoesterojenler, proteaz inhibitörleri, saponinler, lektinler, fitetlar, ve çeşitli oligosakkaritlerdir (Sarı ve Çakmak, 1994; Bilgüven, 2002; Köprücü, 2008).

---

<sup>1</sup> Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, serpilmise@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2736-5731.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, meyonar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9519-4247.

Balıklarda besin ihtiyaçları hakkındaki bilgiler arttıkça, son yıllarda hayvansal kaynaklı yemlerin yanında bitkisel kaynaklı maddelerinin balık yemlerinde kullanılabilirliği konusunda araştırmalar da artmaktadır. Bitkisel protein kaynakları mısır, soya ve pamuk tohumu küspesi, yer fıstığı ve kanola küspesi, buğday unu, çeltik kepeği, değirmencilik sanayi yan ürünleri, sorgum ve yulaf ezmesi olarak sıralanabilir. Balık rasyonlarında kullanılan protein veya yağ kaynaklı bitkisel antibesinsel faktörlerden dolayı yemlerdeki kalite azalabilmektedir. Antibesinsel faktörler ısıya olan hassasiyetlerine göre, içerdiği biyolojik değerler bozulmadan inaktif hale getirilerek kullanılabilirler (Hunt vd., 2007).

## **2. ANTİ BESİNSEL FAKTÖRLER**

Antibesinsel faktörler, bazı yem ham maddelerinde bulunan ve hayvanların verimini, hayvansal ürünlerin kalitesini olumsuz yönde etkileyen veya hayvanların sağlığını bozabilen maddelerdir. Bunlarla birlikte bazı antibesinsel faktörler, yemlerde düşük konsantrasyonlarda bulduklarında sağlık üzerine yararlı etkilere sahiptirler (Ergün vd., 2011).

Yem maddelerinde yaygın olarak bulunan fitik asit, lektinler, fenolik bileşikler, saponinler, enzim inhibitörleri, siyanogenik glikozitler ve glikosinolatlar gibi antibesinsel faktörlerin bazı besin maddelerinin yararlanılabilirliğini azalttığı ve büyümeyi baskıladığı gösterilmiştir. Buna karşılık rasyonda fitik asit, lektinler, fenolik bileşikler, enzim inhibitörleri ve saponinler düşük düzeylerde bulunduğu kan glikozu veya plazma kolesterolü düşürdüğü gözlenmiştir. Bitkilerde antibesinsel faktörlerin çeşit ve etkisi, bitkilerin cins, tür, varyete ve vejetasyon dönemleri ile bitkide bulunduğu kısma göre farklılık göstermektedir. Ayrıca farklı hayvan türlerinde etkileri de farklı olmaktadır. İçerdikleri antibesinsel faktörlerden dolayı

işlem görmemiş baklagil taneleri, monogastrik hayvanların beslenmesinde beslenmesinde yüksek düzeylerde kullanılmamaktadır (Ergün vd., 2011; Aslam, vd., 2017; Bu vd., 2017; Debnanth, 2020; Amuda, vd., 2023).

## **2.1.Antibesinsel Faktörlerin Sınıflandırılması**

Yemlerde bulunan antibesinsel faktörler başlıca 12 grupta toplanabilir (Debnanth vd., 2023).

### **2.1.1.Glikozitler**

Glikozitler 4 ana başlık altında değerlendirilir (Ergün vd., 2011). Bunlar;

#### **2.1.1.1.Siyanür Oluşturan Glikozitler**

Bitkilerin siyanogenik bileşikleri genellikle karbonhidrat türevleri, alfa-hidroksinitrillerin beta-glikozitleridir. Siyanogenik glikozitler, pest/insekt hasarına karşı bitki savunma mekanizmasının bir bölümü olarak düşünülür. Siyanogenik glikozitler, 110 bitki familyasında, 3000 tür bitkide bulunmaktadır. siyanogenik glikozit kapsayan yem bitkilerinin başlıcaları; ak üçgül (*Trifolium repens* L.), bataklık atkuyruğu (*Egisetum palustre* L.), kırkkilit otu (*Marsh horsetail*), tarla atkuyruğu (*Egisetum arvense* L.), kanyaş otu (*Phalaris spp.*), sorgum (*Sorghum vulgare*), sudan otu (*Sorghum halepense*) ve fiğ'dir. Meyve çekirdekleri (kiraz, erik, kayısı, şeftali, elma) ile birlikte şalgam, lahana, fiğ, turp, sorgum, tapiyoka ve fasulye gibi ürünlerde de siyanogenik glikozitler bulunmaktadır. Düşük dozlarda bile bu bileşikler hayvanlarda gelişme bozukluğuna neden olur. Hayvanlarda siyanogenik glikozitlerin toksik düzeyleri, hayvanın türü ve ağırlığı, bitkideki glikozidaz düzeyi, bitki dokusunun bozulması, rasyondaki diğer bileşiklerin mevcudiyeti ve yapısı gibi faktörlere bağlıdır. Siyanür, metalloporfirin kapsayan enzim sistemleri (sitokrom oksidaz gibi) ile birleştiğinde akut toksit etkiler gözlenmektedir. Siyanür

miktarı ortalama 33 umol olduğunda mitokondriyal elektron transport sistemi tamamen baskılanmakta, böylece hücrelerde oksijen değerlendirilmesi önlenmektedir (Ergün vd., 2011; Debnanth vd, 2020; Amuda vd., 2023).

### **2.1.1.2.Hardal Yağı Glikozitleri (Glikosinolatlar)**

Glikosinolatlar, aglikon birimli glikozitlerdir. Glikosinolatlar, tiroid fonksiyonunu inhibe ederek tiroksin salgılanmasını olumsuz etkiler. Canlı ağırlık artışında ve yem tüketiminde azalmaya neden olur. Nitriller, büyüme oranının düşmesine, karaciğer ve böbreğin büyümesine neden olur. Nitriller tiyosiyanata çevrildiğinde antitiroid etki gösterirler. Glikosinolat içeren yemlerle uzun süre beslenen balıklarda tiroit fonksiyonlarında bozulmalar ve buna bağlı olarak metabolizma bozuklukları ve büyümede yavaşlama bildirilmiştir. Glikosinolatların toksik etkisini minimum düzeye düşürmek için uygun bir ısıl işlemin yapılması gerekir (Burel vd., 2000; Ergün vd., 2011; Purohit vd, 2023).

### **2.1.1.3.Steroid Glikozitleri**

Saponinler, daha çok yeşil yonca ve kolza küspesinde bulunur. Saponinler hidrolize olduklarında şekerlere ve steroid veya triterpenoid yapıdaki sapogenollere ayrışırlar. Saponinler su yüzeyinde küçük kabarcık oluşturarak yüzey geriliminin azalmasına ve böylece atmosfer ile su arasındaki difüzyonun engellenmesine neden olur. Dolaşım sistemiyle vücuda yayılan saponinler vücutta toksik etki gösterirler. Sindirim ve metabolik enzimleri baskı altına alarak besin emilimine olumsuz yönde etki ederler. Ayrıca suyla karıştırıldığında bu madde deterjan etkisi gösterdiği için balık solungaçlarının epitellerinde hasara neden olurlar. Yemlerden saponinleri uzaklaştırmak için etkin yöntem suyla ayırma yöntemidir. 1 g/kg yem düzeyinin altındaki saponin seviyesi balıklarda büyüme performansını genellikle

etkilememektedir (Francis vd., 2001; Ertaş 2007, Hunt vd., 2007; Debnanth vd., 2020).

### **2.1.2. Alkaloidler**

Alkoloidler, canlı metabolizmasında birçok fizyolojik etkileri bulunan bu maddeler genellikle karmaşık bir kimyasal yapıya sahiptirler ve halka formunda azot içeren bitkisel bazlardır. Alkoloidlerin tüketimi sonucu yem tüketiminde nörolojik bozukluklar, sindirim sistemi bozuklukları ve hatta ölümlerde görülebilmektedir. Alkaloidlere karşı reaksiyon hayvan türlerine göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni de rumen mikrobiyel metabolizmasındaki ve alkaloidin emilimi, metabolizması veya atılımındaki farklılıklardan kaynaklanabilir. Başlıca toksik alkoloidler pirolizidin, quinolizidin, indolizidin, diterpenoid, piperidin ve steroidal alkaloidlerdir. Alkaloid içeren yemlerle beslenen balıkların yem alımlarında azalmalar gözlemlenmiştir (Doğan ve Bircan, 2009; Yalçın, 2011; Purohit vd., 2023).

### **2.1.3. Fenolik Bileşikler**

Bitkilerde fenolik bileşikler Bitkilerde bulunan fenolik asitler, flavonoidler, isoflavonoidler ve tokoferollerdir.

Flavonoidler ve isoflavonoidler, yemlerde bulunan diğer fenolik antioksidant grubudur. Yeşil çay, flavonoid (%25) bakımından zengindir. Soya fasulyesinde fazla miktarda bulunan isoflavonoidler, potansiyel antioksidan aktiviteye sahiptir. Pamuk küspesinde ve tohumunda bulunan gosipol ile kolza küspesi, sorgum, bezelye ve baklada bulunan tanen de fenolik bileşikler sınıfındadır (Yalçın, 2011; Debnanth vd., 2020).

#### **2.1.3.1. Gosipol**

Gosipol, pamuk tohumunda bulunan yağda ve alkolde çözünen sarı polifenolik bir pigmenttir. Gosipol, aromatik aldehitlerden olup, pamuk tohumu küspesinin rasyonlarda

kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Pamuk tohumunun ısı işleme tabi tutulması ile serbest gosipolün büyük bir kısmı bağlı forma dönüşmektedir. Pamuk tohumunda 300-24 000 ppm arasında serbest gosipol bulunur. Uygulanan yağ çıkarma yöntemine göre küspede 200-1000 ppm arasında serbest gosipol kalır. Böylece, ortamdaki gosipolün çok önemli bir kısmı (%80-98) tahrip edilmekte veya uzaklaştırılmaktadır (El-Sayed, 1990; Cierezszko ve Dobbrowski, 2000; Ergün vd., 2011; Amuda vd., 2023).

Gosipol, balıklarda sperm aktivitesinde değişikliklere, anormal spermatozoid oluşumuna, büyümede gerilemeye, barsak ve diğer iç organlarda deformasyonlara sebep olmaktadır (Francis vd., 2001; Doğan ve Bircan, 2009).

### **2.1.3.2.Tanen**

Birçok bitkide bulunan tanenler, genel olarak suda eriyebilen molekül ağırlığı 300-5000 dalton arasında değişen, proteinleri (alkoloid, jelatin vb), karbonhidratları (selüloz, pektin vb) ve çeşitli metalleri çöktürebilen fenolik maddelerdir. Tanenler, bazı kimyasal özelliklerine ve parçalanma ürünlerine göre hidrolize olan ve kondanse tanenler olarak iki ana gruba ayrılırlar. Hidrolize olabilen tanenler, karbonhidrat çekirdeğinin fenolik karboksilik asitler (gallik asit, ellajik asit) ile esterleşmesi sonucu oluşurlar. Bu yapıya sahip tanenler asit, baz, gastrointestinal esterazlar ile bakteri, maya ve mantarlar tarafından salgılanan enzimlerin (tanen açilhidrolaz) etkisiyle kolaylıkla yıkılarak fenolik karboksilik asitler ve karbonhidratlara ayrılırlar. Bundan dolayı bu gruba hidrolize olabilen tanenler denir.

Hidroliz ürünlerine göre de gallotanenler ve ellajik tanenler olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar. Gallotanenler hidrolize olduklarında gallik asit veya M-digallik asit ile şekerlere parçalanırlar. Bu grup tanenlere bitkilerde çok fazla rastlanmamakla birlikte en yaygın olanı tannik asittir. Tannik asit,

gallotanen, gallotannik asit veya sadece tanen olarak da adlandırılmaktadır. Keçiboynuzu, meşe türleri, sumak ağacı, tara ağacı meyvaları ve İspanyol kestanesinde bulunan tanenler genelde hidrolize olabilen tanenlerdir. Yem bitkilerinde yaygın olarak bulunan kondanse tanen bileşikleri, flavonlar veya proantosiyanidinler olarak da adlandırılmaktadır. Kondanse tanenler hidrolize olabilen tanenlerden farklı olarak karbonhidrat çekirdeği taşımazlar ve hidrolitik ajanlar (asit, baz ve enzimler) ile muamele edildiklerinde parçalanmazlar (Ergün vd., 2011; Debnanth vd., 2020; Purohit vd., 2023).

Yem hammaddelerindeki esansiyel mineral, protein ve karbonhidratlarla kompleks bileşikler oluşturan tanenler yemlerin besin değerini düşürerek büyümede gerilemeye yol açarlar. Ayrıca tanenler, tripsin ve amilaz enzimlerine bağlanarak kompleks oluşturdıkları için bu enzimlerin aktivitelerini olumsuz yönde etkilerler ve böylece nişasta ve protein sindirimini önlerler. (Liener, 1997; Hunt vd., 2007; Doğan ve Bircan, 2009).

Yapılan çalışmalarda, tanenlere karşı toleransın balık türlerinde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu tanenlerin yapısındaki farklılıklardan veya yemdeki diğer antibesinsel faktörlerle tanenler arasındaki etkileşimden kaynaklandığı ifade edilmektedir (Chikwati vd., 2012)

Tanenlerin hayvanlar üzerindeki negatif etkilerini azaltmak için, tanen içeren maddelerin okside edicilerle işleme tabi tutulması ya da polietilen glikol gibi tanen kompleksleyicilerle desteklenmesi gerekmektedir (Makkar ve Becker, 1999; Doğan ve Bircan, 2009).

Yemlerdeki tanen miktarının ve bunların biyolojik etkilerinin azaltılması için asit ve alkalilerle muamele, anaerobik ortamda depolama, ısı ve iyonik olmayan polimerlerle muamele ve tohumların kabuklarının ayrılması gibi işlemler önerilmektedir (Ergün vd., 2011).

## **2.1.4. Yağlarda Bulunan Antibesinsel Faktörler**

### **2.1.4.1. Erusik Asit**

Erusik asit, kolza tohumu yağının önemli bir unsuru olup toplam yağ asitlerinin %20-55'ini oluşturur. Yüksek dozdaki, erusik asit hayvanlarda kalp, böbrek üstü bezleri ve karaciğerde değişimlere yol açtığı gibi büyümede geriliğe de sebep olmaktadır. Son yıllarda düşük erusik asitli kolza tohumları yetiştirilmiştir (Yalçın, 2011).

### **2.1.4.2. Siklopropanoid Yağ Asitleri**

Sterkulik ve malvalik asitten oluşan siklopropanoid yağ asitleri pamuk tohumu yağı ve küspesinde bulunur. Bunlar memelilerde üreme sisteminde anormalliklere ve yağ metabolizmasında değişimlere yol açmaktadır. Alfatoksin gibi diğer toksinlerle birlikte bu maddelerin balıklarda kanser yapıcı etkiye sahip oldukları düşünülmektedir. Ayrıca bu maddelerin gökkuşağı alabalıklarında uzun zincirli yağ asidi metabolizmasını etkiledikleri belirlenmiştir. Tilapyalarda yağsız pamuk tohumu unu ile beslenenlere oranla tam yağlı pamuk tohumu küspesi içeren yemlerle beslenenlerin daha az büyüdükleri belirlenmiştir. Bu, siklopropanoid yağ asitlerinin büyüme üzerindeki olumsuz etkilerine işaret etmektedir (Robinson vd., 1984; Doğan ve Bircan, 2009).

## **2.1.5. Nişasta Tabiatında Olmayan Polisakkaritler**

Tane yemlerde nişasta yanında nişasta tabiatında olmayan polisakkaritler (NOP) de çeşitli konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Buğdaygil tanelerindeki NOP'lar çoğunlukla  $\beta$ -glukan, pentozan ve selülozdan oluşup miktarı ortalama % 9-20 dolayındadır. Çavdar, buğday ve tritikale gibi tahıl tanelerinin endosperm hücre duvarı yapıları ise başlıca arabinoksilanlardan ibarettir. Baklagil tanelerinde ise NOP'ın önemli bir kısmı  $\alpha$ -galaktozidler, pektinler ve selülozdan oluşup ortalama % 4-46

NOP bulunmaktadır. Soya fasulyesi % 30, kolza tohumu % 46 NOP kapsamaktadır. NOP' ların yapı ve miktarları, bitkilerin genetik yapılarına, çevresel şartlara, ekim ve hasat dönemlerine, büyüme hızlarına göre değişmektedir. Baklagil tanelerinin içerdiği NOP' lar, buğdaygil tanelerindekilere göre daha karmaşık bir yapıya sahiptir ve daha az hidrolize olurlar. Bunun nedeni, baklagillerde amilaz/amilopektin oranının yüksek olması, nişasta granüllerinin etrafının kalın hücre duvarları ile çevrili bulunması ve amilaz inhibitörlerinin varlığıdır. NOP' ların sudaki çözünübilirlikleri antibesinsel aktivite göstermelerinin en önemli nedenidir. Polisakaritlerin kimyasal yapılarındaki düzensiz dallanma miktarındaki fazlalık su moleküllerinin bu kimyasal yapı içerisine daha kolay nüfuz etmelerini sağlayarak çözünübilirliklerini arttırmaktadır. Su bağlama kapasitesi yüksek olan NOP' lar, bağırsak içeriğinin viskozitesini artırır. Viskozitedeki artma besin maddelerinde emilimi azaltır. Sonuçta büyüme ve yemden yararlanma düşer. Arabinoksilanlar, bir ksiloz molekülü ile buna bağlı olan arabinozlardan oluşmaktadır. Buğday, çavdar ve tritikale antinutrisyonel etki gösteren suda çözünebilir arabinoksilanları (pentozanları) içermektedir (Yalçın, 2011; Debnanth vd., 2020).

$\beta$ -glukanlar, glikoz moleküllerinden oluşmuştur. Arpa ve yulaf genellikle yüksek miktarlarda  $\beta$ -glukan içermektedir, bu yemlerle beslemede antibesinsel etkiler görülmektedir. Soya ve bakla gibi baklagillerde pektin yüksek düzeylerde bulunur. Pektin galakturonik asit ve ramnozdan oluşmaktadır. Bu şeker yerine bazen galaktoz, arabinoz, arabinan, galaktan veya arabinogalaktan geçebilmekte ve birbirleri arasında değişik bağlar oluşmaktadır (Ergün vd., 2011).

Yapılan çalışmalarda balıkların karbonhidratları kullanabilirliği veya toleranslarıyla ilgili farklı sonuçlar bulunmuştur. Bu farklılıklar kullanılan yemin kökeni ve yemin ham maddelerine yapılan işlemler olabilir. NOP' un antibesinsel

etkilerinin düzeltilmesi amacıyla genellikle rasyonlara enzim ilavesi yapılmaktadır (Refstie vd., 1997; Storebakken vd., 1998; Yalçın, 2011).

## **2.1.6. Antibesinsel Proteinler**

### **2.1.6.1. Proteaz İnhibitörleri**

Proteaz inhibitörleri etkilerine göre serin-, sistein-, metallo- ve aspartik proteazları inhibe edenler olmak üzere dört grupta toplanabilir. Serin ve sistein proteaz inhibitörleri bitkinin tohum ve depo dokularında fazla miktarda bulunur. Tripsin inhibitörleri karbonhidratlarla bağlı, fosfor ile bağlı olmayan proteinlerdir. Soya fasulyesinde en az beş farklı yapıda tripsin inhibitörü bulunmuştur. Bunların en önemlileri Kunitz, Bowman-Birk ve Rackis inhibitörleridir. İnhibisyon mekanizması, tripsin-tripsin inhibitörü reaksiyonunda protonların serbest kalmasıdır. Önce tripsin, tripsin inhibitöründeki özel bağa bağlanır ve daha sonra kovalent bir bağ şekillenir. Bu kovalent bağ, tripsinin aktif seril bağı ile inhibitörün yeni şekillenen karboksil ucu arasında bir ester bağı meydana gelmesiyle oluşur. Çiğ soya fasulyesindeki tripsin inhibitör miktarı çeşitli şekillerde ifade edilmektedir. Tripsin inhibitör aktivitesi her gram soya örneğinin ya da her gram soya proteininin inhibe ettiği tripsin miktarının "mg" olarak gösterilmesidir. Tripsin inhibitörü birimi ise 10 ml reaksiyon çözeltisinin 410 nm'de absorbansında görülen her 0.01'lik artışı ifade eder (Ergün vd., 2011; Amuda vd., 2023; Purohit vd., 2023).

Proteaz inhibitörleri ısı uygulaması ile inaktive edilebilmektedir. Soya küspesinin elde edilmesi sırasında uygulanan ısı düzeyi, ısının uygulanma süresi, nem, basınç ve kimyasal maddeler küspedeki tripsin inhibitör miktarını önemli ölçüde düşürmektedir. Bu şartlar optimum düzeyde tutulduğunda, küspede kabul edilebilir tripsin inhibitör miktarının 1 mg/g (minimum) ile 6 mg/g (maksimum) arasında olabileceği bildirilmektedir. Küspedeki bu değerlerin maksimum düzeyin

üzerine çıkması halinde proteinlerin sindirimine yardımcı olan tripsinin etkisi önlenmekte, metiyonin ve sistin gibi kükürtlü aminoasitlerden yararlanma tamamen engellenmekte, yemdeki proteinden yeterince yararlanılamamakta, bunun sonucunda da büyüme gerilemektedir (Melcion ve Van der Poel, 1993; Robaina vd., 1995; Refstie vd., 1997; Hunt vd.,2007; Ergün vd., 2011; Debnanth vd., 2020).

### **2.1.6.2.Lektinler**

Çiğ soya fasulyesinde bulunan lektinler (hemaglutinin) hayvanlarda büyümei inhibe eder ve ölüme neden olabilir. lektinler bağırsak çeperinin makromoleküllere karşı geçirgenliğini arttırmaktadır. Hücresel protein ve musin sentezi ile salgısı artabilmektedir. Lektinler, alyuvarlardaki glikoproteinlerle reaksiyona girmekte ve aglutinasyona neden olmaktadır. Ayrıca metabolizma ve bağışıklık sistem üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Lektin kapsayan yemlerin tüketimi endojen azot kaybına, organizmada depo yağ ve glikojenin parçalanmasına, mineral metabolizmasının bozulmasına yol açar. Lektin aktivitesi ısı muamelesi (100 °C 'de 10 dak) ile azalmakta, fakat tamamen yok olmamaktadır (Grant, 1991; Yalçın., 2011; Purohit vd., 2023).

### **2.1.7. Toksik Aminoasitler**

#### **2.1.7.1.Mimosin**

Yüksek besleyici değere sahip *Leucaena leucocephala* adı verilen baklagil otunun kullanımını sınırlandıran başlıca faktörlerden biri proteinin % 3-5'ini oluşturan mimosin amino asididir. Mimosin *L. leucocephala* otunun yapraklarında kuru maddenin % 8-10'u, tohumlarında ise kuru maddenin % 3-5'i düzeyinde bulunur.

Olumsuz etki, rumen bakterilerinin mimosini, goitrojenik aktivite gösteren 3,4-dihidroksipridine çevirmesinden

kaynaklanmaktadır. Mimosin, pridoksal kapsayan transaminazları, tirozin dekarboksilazı, bazı metal kapsayan enzimleri, sistationin sentetaz ve sistationaz enzimlerini baskılar. Balıklarda üreme sisteminin bozulması, teratojenik etkilerin yanı sıra düşük büyüme ve yem değerlendirme birçok olumsuz etki göstermektedir. Mimosin zehirlenmesini önlemek için Leucaena cinsi kaba yemlerin hayvanlara sınırlı düzeyde verilmesi, mimosin içeren yemlerin ısı işleminden geçirilmesi veya amino asitler ile takviye edilmesi gerektiği bildirilmektedir (Santiago vd., 1998; Debnanth vd., 2020).

### **2.1.7.2.Indospicine**

Indospicine (L-2-amidino-6-amino hexanoic asit), kuvvetli bir hepatotoksindir ve ciddi üreme problemlerine yol açar (Ergün vd., 2011).

### **2.1.8.Nitrat ve Nitritler**

Nitrit ( $\text{NO}_2$ ), inorganik nitrit tuzlarının anyonu olup azot fiksasyonu işleminde azot döngüsü ile doğal olarak oluşmakta ve bitkilerin başlıca besin maddesi olan nitrata ( $\text{NO}_3$ ) dönüşmektedir. Bitkiler ile alınan nitratlar ise hayvansal organizmasında mikrobiyel olarak nitrite dönüşmektedir. Nitratın kendisi hayvanlar için çok düşük düzeyde toksisiteye sahiptir. Nitrit ise nitrattan 10-15 kat daha fazla toksiktir. Normal şartlar altında nitritler diğer azot kaynakları gibi mikroorganizmalar tarafından değerlendirilir ve mikrobiyel protein sentezinde kullanılır. Nitrat-nitrit-amonyak döngüsü dengede olduğunda rumende nitrat-nitrit birikimi oluşmaz. Rumende nitratın nitrite indirgenmesi çok hızlı şekillenirken nitritin detoksifikasyonu çok yavaş bir işlem ile oluşmaktadır. Rumende nitrit düzeyi mikroorganizmaların amonyağa dönüştürme kapasitesini geçerse zehirlenme olayı başlar. Bu durumda rumendeki nitrat ve nitrit rumen duvarından kana karışır. Nitrit rumen duvarından geçip kana karıştığında alyuvarlardaki hemoglobinin ile birleşerek

methemoglobin oluşumuna yol açar. Methemoglobin oluştuğu zaman hemoglobinin ferro halindeki formu ferrik forma dönüşür ve alyuvarların dokulara oksijen taşıma kapasitesi azalır (Pekşen ve Artık, 2005; Ergün vd., 2011; Debnanth vd., 2020; Purohit vd., 2023).

Hemoglobinin methemoglobine dönüşüm oranı, nitritin rumenden kana transferi ile direk olarak etkilenmektedir. Bu durum da nitrat tüketim hızı (tüketilen yem miktarı ve tüketim hızı), yemin sindirilme derecesi ve nitratın açığa çıkış hızı), rumende nitritin amonyağa dönüşüm hızı ve nitritin rumenden çıkışı gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Bundan dolayı hayvanlar arasında toksik nitrat düzeyi bakımından farklılıklar bulunmaktadır ve spesifik bir hayvan için toksik nitrat düzeyinin gösterildiği tek bir nitrat düzeyi bulunmamaktadır. Nitrat konsantrasyonu körpe bitkilerde daha yüksektir. (Pekşen ve Artık, 2005; Ergün vd., 2011; Debnanth vd., 2020; Amuda vd., 2023; Purohit vd., 2023).

### **2.1.9. Östrojenik Etkili Maddeler**

Hayvancılıkta büyük önemi olan baklagillerde, yağlı tohumlarda ve diğer birçok yem maddesinde biyolojik etkileri birbirine benzeyen östrojenik bileşikler mevcuttur. Bazı ürünlerden özellikle sarımsak, adaçayı ve hurma yüksek östrojenik aktiviteye sahiptir. En az 50 bitki türünde hayvanları etkileyen östrojenik maddelere rastlanmıştır. Bitkilerin östrojenik aktiviteleri, bitki türleri, bitkinin yetiştiği yer ve dönemi, toprağın verimlilik dönemi, bitkilerin kurutma ve depolama koşulları, bitkilerde yaprak bitlerinin ve patojen mantarların bulunması gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Büyüktüncer ve Başaran, 2005; Ergün vd., 2011).

Bitkilerde triterpenler, stilbenler, fenantrenler, steroidler gibi birçok östrojenik madde olmasına karşın genel olarak östrojenik maddeler izoflavonlar ve koumestanlar olmak üzere iki

grupta toplanırlar. İzoflavonlar, bitkilerde genellikle bağlı halde ve glikozidik yapılarda bulunur. Vücut yağında kısmen depolanmalarına rağmen organizmadaki düzeyleri 1 pp'i aşmaz. Başlıcaları genistein, biochanin A, daidzein, formononetin ve paratensindir. Koumestanlar, koumestrol ve 4'-0-metil koumestrol olarak bitkilerde iki şekilde bulunur. Koumestrol yonca ve soya fasulyesi filizlerinden izole edilmiştir. Koumestrol ısıya dayanıklı bir bileşiktir (Büyüktuncer ve Başaran, 2005; Yalçın, 2011).

Östrojenik etkiye sahip fitoöstrojenlerin balıkta düşük büyümeye yol açtıkları görülmüştür (Pelissero vd., 1991; Kaushik vd., 1995; Doğan ve Bircan, 2009).

Bitkilerin fitoöstrojen konsantrasyonunu azaltmak sağlamak için şu tedbirler alınabilir;

- Çavdar erken biçilmelidir.

- Başta azotlular olmak üzere toprağın az gübrenmesine özen gösterilmelidir.

- Kullanılacak gübre bir defa yerine birkaç parçaya bölünerek uygulanmalıdır.

- Baklagiller mümkün olduğunca tam çiçeklendikten sonra biçilmelidir.

## **2.1.10. Mineral Maddeleri Bağlayan Maddeler**

### **2.1.10.1.Okzalik Asit**

Okzalik asit, bazı minerallerle birleşerek potasyum okzalat gibi suda çözünen tuzları veya kalsiyum okzalat gibi suda çözünmeyen tuzlar oluşturur. Kalsiyum okzalat kristalleri, idrar kanalları ve böbrekte oluşabilir. Ayrıca vücuda çok fazla miktarda okzalik asit alındığında hücreler arasında da bu kristaller görülebilir. Okzalik asit, vücutta kalsiyumu bağlayarak, kanda kalsiyum miktarının azalmasına yol açar. Diğer taraftan

okzalik asit vücutta metabolizma artığı olarak da ortaya çıkmaktadır ve idrarla dışarı atılmaktadır. Azot ve potasyum ile gübreleme, bitkideki okzalatin toksik düzeylerini arttırarak yem kalitesini azaltabilir. Yemlerde yüksek düzeylerdeki okzalit, non-ruminantlarda kemik bozukluklarına, ruminantlarda ise böbreklerde hasara neden olur (Ergün vd., 2011; Debnanth vd., 2020).

### **2.1.10.2. Fitik Asit**

Fitik asit, myoinositol halkası ve buna bağlı inorganik fosfattan ibaret serbest bir ester asididir. Fitatlar ise, fitik asitin Ca, Mg, K ve Fe tuzlarıdır. Fitik asit ve fitatlar, bitki tohumlarında, tane yemlerde, kök ve yemlerde yaygın olarak farklı düzeylerde (% 0.1-6.0) bulunurlar. Tane yemlerdeki fosforun % 50-70'i fitik asit yapısındadır. Fitatlar çözünebilir (örneğin sodyum veya potasyum) veya çözünemeyen (örneğin kalsiyum) formda bulunabilir. Fitatlar tane yemlerde fitik asit ve inositol kompleksi oluştururlar ve bu şelatlar sonra tanedeki çinko ve fosforun çoğunu bağlarken bakır, kobalt, magnezyum ve kalsiyumu da düşük düzeyde bağlar. Bu durum da özellikle fosfor ve çinko yetersizliğine bağlı semptomların görülmesine yol açar (Midilli vd., 2003).

Buğday kepeğinde yüksek düzeyde fitin-fosforu (8-10 g/kg) bulunmaktadır. Yem maddelerinin fitik asit düzeyleri, yem maddesinin üretildiği iklim şartları, yetiştiği bölge, sulama, toprak çeşidi ve vejetasyon dönemi gibi faktörlerden etkilenmektedir (Bilgiçli, 2002; Ergün vd., 2011)

### **2.1.11. Başlıca Antibesinsel Toksinler**

#### **2.1.11.1. Hayvansal Kaynaklı Toksinler**

Balık yemlerinde bitkisel kaynaklılara göre hayvansal kaynaklı hammaddelerin kullanımı oldukça sınırlıdır. Bunların başlıcaları karides ya da yengeç unu, balık unu, krill ve balık

yağıdır. Balık ununda ya da taze balık olarak kullanılan bazı balıkların karaciğer ve ovaryumu ile balık yumurtasında doğal olarak oluşan iki adet toksin tetradotoksin ve dinogunellindir (Purohit vd., 2023)

### **2.1.11.2. Mikrobiyal Toksinler**

Balık beslemede mikrobiyal toksinler hiç istenmez. Balık yemlerinin uygun şekilde muhafaza edilmemesiyle oluşan bu toksinler genel olarak *Aspergillus*, *Penicillium* ve *Fusarium* olarak sayılabilir. Bunlar balıklarda istenmeyen çeşitli olumsuzluklara sebep olabilirler (Lowell, 1998; Purohit vd., 2023).

#### **2.1.11.2.1. Alfatoksin**

*Aspergillus sp.* tarafından üretilen ve bir mikotoksin olan alfatoksin karsinojenik eti gösterir. Balık yemlerinde büyük önem taşıyan alfatoksin balık yemlerine en fazla zarar veren toksinlerin başında gelmektedir. Yemdeki 1 µg/kg'dan daha az miktardaki alfatoksin içeren yemlerle uzun süreli beslenen alabalıklarda tümör oluşumu meydana gelebilir. Soğuk su balıklarına göre ılık su balıkları alfatoksine daha dirençlidir. Daha çok hammaddelerin yanlış işlenmesi ve nemli ortamda muhafaza edilmesiyle alfatoksin oluşmaktadır (Hunt vd., 2007; Purohit vd., 2023).

### **2.1.12. Diğer Antibesinsel Faktörler**

#### **2.1.12.1. Histamin**

Balık ununun uygun olmayan depolama koşullarında saklanması, yüksek sıcaklık ve uzun süre bekletme gibi durumlar histamin düzeyini arttırmaktadır. Bu durumda balıkların yüksek histidin içeriği nedeniyle *Proteus morganii* bakterisi oluşabilir. Yüksek histidin içeren yemlerle beslene balıklarda büyümede yavaşlama görülmüştür (Lovell, 1998).

### **2.1.12.2.Okside Olmuş Balık Yağı**

Balıkların yağları yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerine sahiptir. Balık yağlarının oksidsayonu sonucunda serbest radikaller ve peroksitler oluşur. Balık yağının yemlere katılmasıyla bu maddeler diğer besin bileşenleri ile etkileşime girer ve böylece balıklarda anemi, büyümede azalma, dokularda lezyonlar ve karaciğerde yağlanma meydana gelir. Vitamin E ve C' nin yemlere katılmasıyla bu toksik bileşiklerin etkileri azaltılabilir (Hunt vd., 2007; Debnanth vd., 2020).

### **2.1.12.3.Tiaminaz**

Tiamini indergeyen antibesinsel bir enzimdir olan tiaminaz, balıklara beslenmek amacıyla yaş yem veriliyorsa vitamin eksikliğine yol açabilir. Bu nedenle bu balıklara diğer yem karmalarında vitamin takviyesi yapılmalıdır (Lowell, 1998; Amuda vd., 2023).

## **3. SONUÇ**

Balık yemi bileşenlerindeki antibesleyici maddelerin önemi, formülasyon ve üretimde kullanılan bileşenlere ve kültüre alınan balık türlerine göre değişir. Balık unu pahalılaştıkça ve birçok yerde bulunabilirliği azaldıkça bitkisel kaynaklı yem hammaddelerinin kullanımı artmıştır. Antibesinsel faktörlerinin kültür balıkları üzerindeki biyolojik etkileri hakkında derinlemesine bilgi sahibi olmak önemlidir. Ayrıca yem hammaddeleri olarak kullanılan bu maddeler her balık türünde farklı etki yapacağı için türlere özgü farklı çalışmalar yapıp bu maddelerin etkisinin araştırılması gerekmektedir. Böylece balıkların yem gereksinimleri hakkında bilgiler artacak ve kullanılan hammaddelere göre daha ekonomik yemlerin hazırlanma olasılığı da artacaktır.

## KAYNAKLAR

- Amuda, A., Alagbe, J., (2023), Nutrient Composition, Anti-Nutritional Factors, and In Vitro Gas Production Assessment of Some Selected Legume Crops Stover Hay, *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 6 (2), 80-92.
- Aslam, S., Zuberi, A., Nazir, A., (2017), Effect of duckweed by replacing soybean in fish feed on growth performance of Grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) and Silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 278-282.
- Bilgiçli, N., (2002), Fitik asitin beslenme açısından önemi ve fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotları, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (30), 79-83.
- Bilgüven, M., 2002. *Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme*, Rize, Akademisyen Yayınevi.
- Bu, X., Chen A., Lian, X., Chen, F., Zhang, Y., Muhammad, I., Ge, X., Yang, Y., (2017) An evaluation of replacing fish meal with cottonseed meal in the diet of juvenile Ussuri catfish *Pseudobagrus ussuriensis*: Growth, antioxidant capacity, nonspecific immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila*, *Aquaculture*, 479, 829-837.
- Burel, C., Boujard, T., Tulli, F., Kaushik, S.J., (2000), Digestibility of extruded peas, extruded lupin, and rapeseed meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and turbot (*Psetta maxima*), *Aquaculture*, 188, 285–298.
- Büyüktuncer, Z., Başaran, A.A., (2005), Fitoöstrojenler ve sağlıklı yaşamdaki önemleri, *Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 25 (2), 79-94.

- Ciereszko, A., Dabrowski, K., (2000), In vitro effect of gossypol acetate on yellow perch (*Perca flavescens*) spermatozoa, *Aquat. Toxicol.*, 49, 181–187.
- Chikwati, E.M., Venold, F.F., Penn, M.H., Rohloff, J., Refstie, S., Guttvik, A., Hillestad, M., Krogdahl, Å., (2012), Interaction of soyasaponins with plant ingredients in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., *Br. J. Nutr.*, 11, 1570–1590.
- Debnanth, D., Yengkokpam, S., Das, K.M., Mahanty, B.P., (2020), Next Generation Fish Feeds for Sustainable Aquaculture, (Eds., Ninawei A.S., Dhanze, J.R., Dihamze, R., Indulkar, S.T.), *Fish Nutrition And Its Relevance To Human Health*, Boca Raton, (6–14), CRC Press
- Doğan, G., Bircan, R., (2009,) Bitkisel yem hammaddelerinde bulunan antibesleyici faktörler ve balıklar üzerine etkileri, *Journal of FisheriesSciences.com*, 3(4), 323-332.
- El-Sayed, A.-F.M., (1990), Long-term evaluation of cottonseed meal as a protein source for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linn.), *Aquaculture*, 84, 315–320.
- Ergün, A., Tuncer, Ş.D., Çolpan, İ. Yalçın, S., Yıldız, G., Küçükersan, M.K., Küçükersan, Şehu, A., Saçaklı, P., (2011), *Yemler, Yem Hijyeni ve Teknolojisi*, Ankara, A.Ü. Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı.
- Ertaş, N., (2007) Yemelik Baklagiller ve Antibesinsel Faktörler. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21 (41), 85-95.
- Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., (2001), Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish, *Aquaculture*, 199, 197-227.

- Grant, G., (1991) Lectins. In: Toxic Substances in Crop Plants. ( Eds., D'Mello, F.J.P., Duffus, C.M., Duffus, J.H.). *The Royal Society of Chemistry*, Cambridge, (49-67), Thomas Graham House, Science Park, Cambridge CB4 4WF.
- Hunt, A.Ö., Özkan, F., Altun, T., (2007), Balık yemlerinde beslenmeyi sınırlandırıcı maddeler ve etkileri, *Türk Sucul Yaşam Dergisi Ulusal Su Günleri 2007 Özel Sayı*, 5-8, 634-642.
- Kaushik, S.J., Cravedi, J.P., Lalles, J.P., Sumpter, J., Fauconneau, B., Laroche, M., 1995. Partial or total replacement of fishmeal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*, 133, 257–274.
- Köprücü, K., (2008), Balık Besleme, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Balık Besleme Ders Notları, Elazığ.
- Liener, I.E., (1997), Plant lectins : properties, nutritional significance, and function. In: Am Chem Soc (ed) *Antinutrients and phytochemicals in food*, Am Chem Soc, Washington, (31-43), D.C.
- Lowell, T., 1998. Nonnutrient diet components. In: Nutrition and feeding of fish (Ed., T. Lowell). Kluwer Academic Publishers, Boston, 94-107.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., (1999), Nutritional studies on rats and fish (carp, *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance, *Plant Foods Hum. Nutr.*, 53, 183–192.
- Melcion, J.P., Van der Poel, A.F.B., (1993), Process technology and antinutritional factors: principles, adequacy and process optimization. In:Recent advances in antinutritional factors in legume seeds (Eds., A.F.B. Van

- der Poel, J. Huisman & H. S. Saini). 419-434. EAAP Publication, Wageningen, Netherlands.
- Midilli, M., Muğlalı, H., Alp, M, Kocabağlı, N., Tanör, M.A., Toklu, G.S., (2003), Yeme katılan fitaz enziminin broylerlerde besi performansı ve mineral dengesi üzerine etkisi, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 27, 751-759
- Pelissero, C., Le Menn, F., Kaushik, S., (1991), Estrogenic effect of dietary soybean meal on vitellogenesis in cultured Siberian sturgeon *Acipenser baeri*, *Gen. Comp. Endocrinol.*, 83, 447-457.
- Pekşen, E., ve Artık, C., (2005), Antibesinsel maddeler ve yemeklik tane baklagillerin besleyici değerleri, *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (2), 110-120.
- Refstie, S., Helland, S.J., Storebakken, T., (1997), Adaptation to soybean meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*, 153, 263-272.
- Purohit, P., Rowat, H., Verma, N., Mishra, S., Nautiyal, A., Bhatt, S., Aggarwal, K., Bora, A., Kumar, H., Rawal, P., Kumar, A., Kapoor, R., Sehrawat, J., (2023), Analytical approach to assess anti-nutritional factors of grains and oilseeds: A comprehensive review, *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, Article No: 100877.
- Robaina, L., Izquierdo, M.S., Moyano, F.J., Socorro, J., Vergara, J.M., Montero, D., Fernandez-Palacios, I., (1995), Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications, *Aquaculture*, 130, 219-223.
- Robinson, E.H., Rawles, S.D., Oldenburg, P.W., Stickney, R., (1984), Effects of feeding glandless or glanded cottonseed

products and gossypol to *Tilapia aurea*, *Aquaculture*, 38: 145–154.

Santiago, C.B., Aldaba, M.B., Laron, M.A., Reyes, O.S., (1988), Reproductive performance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock fed diets containing *Leucaena leucocephala* leaf meal, *Aquaculture*, 70, 53–61.

Sarı, M., Çakmak, M.N., (1994), *Balık Besleme*, Elazığ, Fırat Üniversitesi Yayınları No:37.

Storebakken, T., Shearer, K.D., Roem, A.J., (1998), Availability of protein, phosphorus and other elements in fishmeal, soy protein concentrate and phytase-treated soy protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*, *Aquaculture*, 161, 365–379.

Yalçın, S., (2011), *Yemlerde Antinutrisyonel Faktörler*, Ankara, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

# BALIK HASTALIKLARINA KARŞI BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNİN ŞİFRELERİ

Ünal İSPİR<sup>1</sup>

Serpil MIŞE YONAR<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ

Balık yetiştiriciliği son yıllarda hızlı bir büyüme elde etmiştir. Balık üretiminin ve yetiştiriciliğinin hızlı gelişimi, paralel bir şekilde balıkları etkileyen patolojik durumların artmasına neden olmuştur. Birçok patojen mikroorganizma yetiştiriciliği yapılan balıklar üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmakta ve işletmeleri ciddi ekonomik kayıplara sokmaktadır. Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde en önemli zorluklardan biri, balıklardaki bulaşıcı hastalıklara karşı tedavinin etkili bir şekilde yönetilmesidir. Balıklarda bağışıklık sistemini aktive etmek su ürünleri yetiştiriciliği alanında toplum, çevre ve ekonomik sürdürülebilirlikte önemli bir rol oynamaktadır. Şu anda önemli balık hastalıkları için bağışıklığı başlatacak birçok ticari aşı bulunmasına rağmen, bazı balıklar etkili bir aşı stratejisinden yoksundur (Elumalai vd., 2023).

Bağışıklık sistemi, enfeksiyonu önleyen ve iç dengeyi koruyan hayati bir fizyolojik mekanizmadır. Bu nedenle, bağışıklık sistemi balığa kalkan görevi görür ve geniş bir mikroorganizma yelpazesi tarafından yapılan saldırılardan koruma sağlar. Sistem, kan dolaşımındaki hücreleri ve

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, unalispir@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-2077-0219

<sup>2</sup> Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, serpilmise@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2736-5731

molekülleri mobilize ederek, konakçıya giren herhangi bir mikroba karşı tespit etme ve tepki verme amacıyla tasarlanmış çeşitli özelleşmiş organlara sahiptir. Sistem, tepki vermede başarısız olursa immün yetmezliğe, yabancı mikroplara karşı aşırı tepki verirse doku hasarına neden olabilen otoimmüniteye yol açar. Temel olarak, bağışıklık sistemi karmaşık mekanizmalar tarafından düzenlenir ve herhangi bir başarısızlık enfeksiyona, hastalığa ve ölüme yol açar (Firdaus-Nawi ve Zamri-Saad, 2016).

## **2. BALIKLARDA DOĞAL BAĞIŞIKLIK**

Canlının çeşitli patojen etkenlere karşı kendini koruması, hayatını devam ettirebilmesi için savunma mekanizmalarının önemini daha iyi anlamak zorunludur. Balıklar, buldukları ortam nedeniyle hastalık yapabilme yeteneğindeki birçok mikroorganizma ile her an karşılaşma riskine sahip iken, bu karşılaşmanın çok az bir kısmında tehlikeli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Çünkü vücudun savunma sistemi, önemli bir belirti göstermeden patojen mikroorganizmayı etkisiz hale getirmektedir. Bu nedenle enfeksiyona yakalanma olasılığının çok yüksek olduğu su ortamında yaşayan balıklar için patojen mikroorganizmalara karşı vücudun göstereceği direnç büyük önem taşımaktadır.

Araştırmacılar balığın immun sisteminin çeşitli safhalarını inceledikleri çalışmalarında memeliler ile balıkların bağışıklık sistemi arasında büyük bir benzerlik olduğunu bildirmişlerdir. Balıklarda bağışıklık sistemi diğer canlıların bir çoğunda olduğu gibi spesifik ve non-spesifik karakterde olan humoral ve hücre sel savunma mekanizmalarının bir çoğunu içermektedir (Ellis, 1977; 1981; 1988; Van Muiswinkel, 1992; Dalmo vd., 1997; Ellis, 1999; McL Pres ve Evensen, 1999; Sakai, 1999; Magnadottir vd., 2005; Magnadottir, 2006).

## 2.1.Doğal Bağışıklığın Önemli Hücreleri

Balıklarda non-spesifik savunmanın hücresel bölümünde, granüositler ve monositler/makrofajlar anahtar hücreler olarak bilinmektedir. Balıkların non-spesifik sitotoksik hücrelerinin (NCC), memelilerde bulunan doğal öldürücü (NK) hücrelerine benzer olduğu kabul edilir. Deri ve bağırsaktaki epitel hücreleri patojene karşı savunmanın başlangıç safhasında önemli rol oynamaktadır (Dalmo vd., 1997, Firdaus-Nawi ve Zamri-Saad, 2016). Gökkuşluğu alabalığının epidermisinde fagositik hücrelerin birkaç tipinin varlığı tespit edilmiştir (Peleteiro ve Richards, 1990). Atlantik salmonlarda fagositik hücrelerin lateks partiküllerini inhibe ettiği bildirilmiştir (Dalmo vd., 1997).

Granüositler memelilerde; nötrofil, eozinofil ve bazofil olmak üzere üç farklı hücre tipine ayrılmıştır. Balıklarda nötrofillerle birlikte, az olmakla beraber eozinofil ve bazofillerin varlığı ispatlanmıştır. Bu hücreler salmonidlerin kan preparatlarında da görülmektedir (Ellis, 1976; 1977). Gökkuşluğu alabalığının böbrek, solungaç, intestinal bölge ve kanında eozinofiller bulunmuştur. Memelilerde nötrofiller önemli fagositik hücrelerden olup, yangı oluşumu sırasında çok hızlı bir şekilde harekete geçerler. Nötrofiller; balıklarda önemli bir granulopoetik organ olan böbreklerde daha fazla bulunmakta, dalakta ise daha az görülmektedir.

Balıklarda bulunan nötrofiller memeli nötrofillerine morfolojik ve histokimyasal bakımından benzerlik göstermektedir. Nötrofillerin fagositik aktivitesi balıklarda kesin olarak açıklanmıştır. (Ellis, 1977; 1981). Nötrofillerin Pisi (*Pleuronectes platessa*) balıklarında karbon taneciklerini fagosite edemediği bildirmiştir (Ellis (1976). Ancak Finn ve Nielson (1971), gökkuşluğu alabalıklarında deneysel olarak oluşturulan iltihaplanmaya karşı nötrofillerin ve makrofajların fagositozunu kesin olarak bildirmişlerdir. Fizyolojik ve patolojik bir işleme tabi

tutulan omurgalıların vücudunun pek çok organ ve dokularında fagositik hücrelerin bulunabileceği bildirilmiştir (Dalmo vd., 1997).

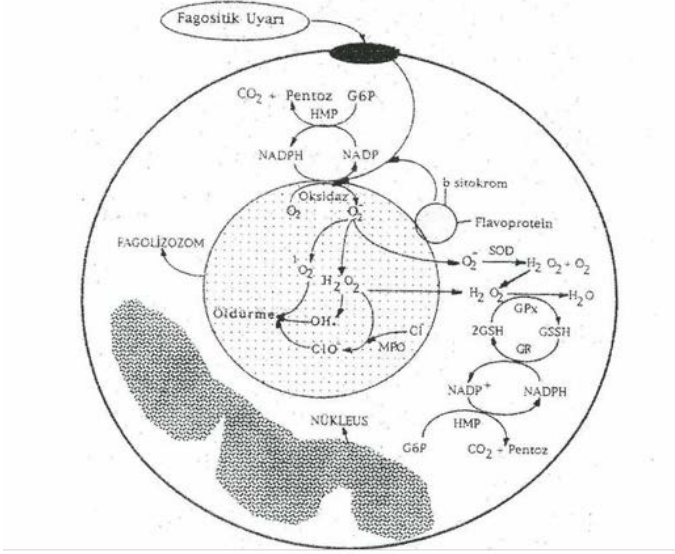
Bir diğer önemli hücre tipi de makrofajlardır. Makrofaj terimi, bir ya da daha fazla çekirdeği bulunan ve 1-10 µm boyutlarındaki partikülleri yutabilme özelliğine sahip hücreler için kullanılmaktadır. Patojen mikroorganizmalara karşı savunmada, bütün çok hücreli organizmaların önemli non-spesifik savunma mekanizmalarından biridir. Makrofajların vücutta çok yönlü bir işleve sahip olması (fagositoz, antijenlerin işlenmesi ve sunulması, salgısal aktivite, tümorisidal etkinlik vd.) bu hücrelerin öneminin ne kadar fazla olduğunu göstermektedir. Memelilerde konakçı savunması kanda monosit, dokularda makrofajlar ile endositoz/fagositoz, sitoliz, çeşitli salgı ürünlerinin salınması gibi işlevler sonucunda oluşmaktadır. Makrofajların, immunoglobulinler için spesifik reseptörler ve komplementin C3 parçası yardımıyla yabancı organizmayı sararak onu yok ettiği bildirilmiştir. Makrofaj hücre membranındaki yabancı karbonhidratlar ve onların reseptörleri istilacı mikroorganizmaların tanınmasında ve yok edilmesinde etkili olabilmektedir (Dalmo vd., 1997).

### **2.1.1. Fagositoz**

Fagositoz, vücudun istilacı mikroorganizmalara karşı savunmasında ve artık maddelerin uzaklaştırılmasında önemli rol oynayan bir süreçtir. Diğer bir deyimle, vücuda giren her türlü tanınmayan partikül ve mikroorganizmaları yakalamak, bir vezikül içinde hücreye almak ve sindirerek yok etme işlevine fagositoz denmektedir (Arda vd., 1994). Fagositoz, respiratory burst ismi verilen bir reaksiyonla ilişkilidir. Bu reaksiyon vücutta oksijen ve glikoz tüketiminin artmasıyla süperoksit radikalleri ve diğer oksijen ara ürünlerinin şekillenmesi ile karakterizedir.

Bunlar fagosite edilmiş bakterileri öldürmek için kullanılır (Nazıroğlu vd., 2003) (Şekil 1).

**Şekil 1. Oksijene Bağımlı Bakteri Öldürme Aktiviteleri**



**Kaynak:** (Nazıroğlu ve diğ., 2003).

## 2.2. Doğal Bağışıklıkta Humoral Faktörler

### 2.2.1. Komplement Sistem (Kompleman)

Komplement sistem 20 – 30 kadar plazma proteini ve çeşitli reseptörlerin oluşturduğu omurgalıların pek çok savunma mekanizmasında merkezi rol oynayan multikompleks bir savunma sistemidir. Komplement sistemin aktivasyonu sonucu gerçekleşen opsinizasyonda (fagositik hücreler tarafından komplement komponentleri ile yabancı antijenlerin taşınması); istilacı ve infekte hücrelerin lize edilmesi ve inflamasyon (anafilatoksik ve kemotaktik aktivite ile aktif biyolojik peptitlerin üretimi) meydana gelir. Balıkta memelilerde olduğu gibi, komplement sistem; antikora bağımlı klasik yol, non-spesifik savunma mekanizmaları ile ilişkili olup bazı mikrobiyal hücre duvarı polisakkaritleri ile konakta başlayan alternatif yol,

mikroorganizmalarda karbonhidrat yapısında mannoz bağlayıcı lektin (MBL)'in bağlayıcısı ile aktive lektin yolu olmak üzere üç farklı yolla aktive olmaktadır (Ellis, 1999, Magnadottir vd., 2005).

Komplementin biyolojik olarak önemli işlevlere sahip olduğu bildirilmiştir. Hematopoezisin, aşağı vertebralılar ve memelilerde iskelet ve damar gelişimi, üreme ve organ rejenerasyonunda etkili olduğu ispatlanmıştır (Lange vd., 2004a). Memeli plazmasındaki komplement komponentlerinin pek çoğu, karaciğerde sentezlenmektedir. Memeli monositleri ve doku makrofajlarının C1, C2, C3, C4, C5, faktör B, D, H ve I gibi komplement elemanlarını sentezleme yeteneğinde olduğu tespit edilmiştir. Balıklarda C3'ün sentezi hakkında bilgi pek fazla değildir. Bununla beraber, Atlantik halibut ve morina balıklarında C3'ün oluşumunu açıklamak için yapılan immunohistokimyasal çalışmalarda çeşitli organların gelişimi sırasında C3'ün lokal olarak üretilebileceği görülmüştür. Atlantik halibutlarda C3, 5 – 99 günlük safhada doku ve çeşitli hücrelerde saptanmıştır (Lange vd., 2004b). 5. günde C3'ün oluşumu yumurta sarısı ve iskelet kas liflerinde olmuştur. 15. günde, hepatosit ve karaciğer endotelial hücrelerde, 30. günde kemik ve beyin nöronlarında, 40. günde göz retinasının ganglion bölgesinde ve elipsoidlerde bulunmuştur. İmmunohistokimyasal tekniklerle morina balığında C3'ün, yumurta sarısı kesesinin membranında, karaciğer, böbrek, beyin, solungaç, yutak, intestinal epitelial ve mukozal hücreler ile kalbin epikardial epitelial ve endokardial endothelial hücrelerinin her ikisinde de saptanmıştır (Lange vd., 2004a; b).

### **2.2.2. Lizozim**

Lizozim non-spesifik savunma mekanizmasının önemli humoral faktörlerinden biridir. Omurgalı ve omurgasızların her ikisinde de yaygın olarak bulunmaktadır. Lizozim peptidoglikan bakteriyel hücre duvarlarının  $\beta$ -(1, 4) zincir glikozid bağının

hidrolizini de içine alan bakterisidal bir enzimdir. Lizozim her ne kadar gram pozitif bakterilere karşı savunmada etkili rol oynasa da gram negatif bakteriler, parazitler ve virüslere karşı çok daha etkilidir (Jolles ve Jolles, 1984).

Lizozim pek çok balık türünün mukus, lenfoid doku, serum ve diğer vücut sıvılarında bulunmaktadır (Grinde vd., 1988). Lizozimin varlığı, *Oncorhynchus kisutch* ve diğer salmonidler, levrek ve tilapiaların oositlerinde, döllenmiş yumurtalarında ve larval safhasında tespit edilmiştir. Balıklarda serum lizozimin lökosit orjinli olduğu sanılmaktadır. Prelarvada lizozim lokalizasyonunun; tilapialarda beslemenin başlamasından daha önce başladığı immunohistokimyasal olarak ortaya konulmuştur. Lizozim primordial yüzme kesesinde, yumurta sarısı ve karaciğerde tespit edilmiş olmasına rağmen böbrekte bulunamamıştır. Lizozim gökkuşağı alabalığının döllenmiş yumurtalarında saptanmıştır. Lizozim, *Aeromonas salmonicida*, *Renibacterium salmoninarum* ve *Flavobacterium psychrophilum* gibi bazı bakterilerin vertikal olarak dişi anaçtan yumurtalarla taşınmasının engellenmesinde önemli bir role sahiptir (Magnadottir vd., 2005).

### **2.2.3. C-Reaktif Protein (CRP)**

CRP; bakteri, mantar ve parazitlerin yüzey yapısının bir parçası olan fosforiklor ile reaksiyon veren bir proteindir. CRP, omurgasızlar da dâhil olmak üzere birçok hayvan türünde saptanmıştır. Komplementi aktive etme yeteneği nedeniyle humoral ve fagositik savunma mekanizmalarını harekete geçirme işlevlerinde rol oynar. Memelilerde CRP, normal serumda çok az miktardadır. İltihaplanma sırasında hızla artmaktadır. Bu nedenle memelilerde CRP bir akut faz proteini olarak kabul edilmiştir. Bununla beraber CRP'nin, pek çok balık serumunda yüksek konsantrasyonlarda (yaklaşık  $50 \mu\text{g ml}^{-1}$ ) olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık şoku ve iltihaplanmayı giderici maddelerin

kullanımı sırasında normal miktarın 20 kat arttığı görülmüştür (Ellis, 1999). CRP'nin pisi balıkları ve kanal yayın balıklarının serumundaki düzeylerinin kış aylarında daha az olduğu ortaya konulmuştur. Bunun, kanal yayın balıklarının kışın *Saprolegnia* enfeksiyonuna maruz kalmalarından dolayı olabileceği sanılmaktadır. Yaygın olarak yayılım gösterdiğinden ve serum konsantrasyonu yüksek olduğundan CRP'nin savunma sistemlerinde önemli bir rol üstlendiği düşünülmektedir. Gökkuşacağı alabalığında CRP'nin komplemanı aktive ettiği ve *Vibrio anguillarum*'a karşı fagositozu artırdığı (Nakanishi vd., 1991) ve bu bakteriye karşı geliştirilen savunma sırasında CRP miktarının 3 kat yükseldiği tespit edilmiştir (Murai vd., 1990).

#### **2.2.4. Transferin**

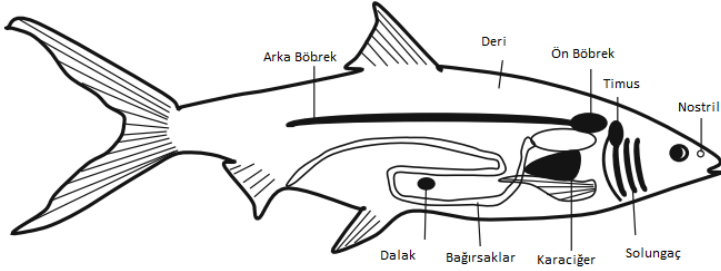
Metal bağlayıcı (apotransferrinler seruloplazmin ve metallothionin gibi) proteinler bakterilerin büyümesini engeller. Bütün bu maddeler bazı balık türlerinde tespit edilmiştir. Metallothioninlerin spesifik bağlayıcıları makrofajların plazma membranında solunum faaliyetinin hızlanmasını başlattığı ileri sürülmüştür. Apotransferrinler; *Listeria monocytogenes* gibi intraselüler bakterileri içine alan patojenlere karşı, demirleri bağlayarak antimikrobiyal özellik gösterirler (Dalmo vd., 1997).

### **3. BALIKLARDA KAZANILMIŞ BAĞIŞIKLIK**

#### **3.1. Balıkların Lenfoid Organları**

Balıkların başlıca lenfoid organları timüs ve ön böbrektir. İkincil olarak böbrek, dalak ve mukozaya bağlı lenfoid doku sayılabilir. Bir balıkta lenfoid organların yerleri Şekil 2'de görülmektedir.

## Şekil 2. Lenfoid Organların Balıklardaki Yeri



**Kaynak:** (Makeş ve Rajendran, 2022)

### 3.1.1. Timus

Solungaçların dorsoleteral bölgesinde bulunan genellikle bir çift lobdan oluşmuş Timus T hücrelerinin gelişmesinin başladığı, önemli bir lenfoid organdır. Nadiren tek parça halinde de görülebilir. Timus, pembemsi-gri renkte, yumuşak ve yüzeyi loblu olup etrafı medlastinal yağ ile çevrilidir. Yaşa bağlı bir gelişim göstermektedir. Genç bireylerde yetişkinlerden daha büyüktür. Bazı tilapia türlerinde timusun, döllendikten sonraki 24 saat içinde oluştuğu bildirilmiştir. Timusda dış tabaka yani korteks ve iç tabaka yani medulla genellikle birbirinden ayrıdır. Korteks medulladan daha fazla timosit ve az miktarda da epitelyal hücre içermektedir. Medulla hücre bakımından daha az yoğunluk göstermektedir. Fakat epitelyal hücre bakımından daha zengin bir yapı göstermektedir. Bu hücre tipleri retikülosit ya da epitelyosit olarak isimlendirilmekte olup yaşam süreleri bakımından farklılık göstermektedir. Örneğin retikülositlerde yaşam süresi epitelyositlere göre daha kısadır (McL Pres ve Evensen, 1999).

Organa niteliksiz olarak giren öncü T lenfositlerine T lenfosit kimliği kazandırmak ve otoreaktif T hücrelerini ortadan kaldırmak timusun en önemli görevidir. T lenfositleri hücrel immun yanıtta sorumlu olan, bazı tipleri antikor yanıtına da yardımcı olan hücrelerdir. Ön böbrekten çıkan öncü T hücreleri, kısa sürede timusa girer (bu andan itibaren timosit adını alır) ve

burada çeşitli değişim aşamalarını tamamlayarak olgun T lenfosit haline dönüşürler. Timusda T lenfositlerinin geçirdiği en önemli değişim, yabancı antijenleri ayırt edebilme yeteneğini kazanmalarındır. Timus, yabancı antijenlere karşı yanıt verebilecek lenfositlerin çoğalmasını desteklerken, vücudun kendi antijenlerine karşı reaksiyon verebilecek lenfositleri ortadan kaldırır (Arda vd., 1994; Diker, 1998).

### **3.1.2. Böbrek**

Böbrek, bütün omurgalılarda vücut boşluğuna yerleşmiştir. Balıklarda ön böbrek lenfo-myeloidin predominantıdır. Salmonid türlerde olduğu gibi bazı balıklarda, böbrek tek parça olarak görünüyorsa da diğer bazı balık türlerinde ön ve arka böbrek olmak üzere iki lob halinde görülmektedir. Ön böbrek önemli bir hematopoetik organdır ve yüksek vertebratlardaki kemik iliği ile morfolojik olarak benzerlik göstermektedir. Ön böbrek immün direncin oluşmasında ve işlevinin düzenli olarak devam etmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Ön böbrek, antikorların bol miktarda üretildiği yerdir. Paranzima dokusunda bulunan melano-makrofajlar, aşılama sonrası oluşacak antikorları tutma bakımından önem taşımaktadır (McL Pres ve Evensen, 1999).

### **3.1.3. Dalak**

Dalak, paranzima içinde kırmızı ve beyaz pulpa olarak ayrılmıştır. Kırmızı pulpa, organın önemli bir kısmını teşkil etmekte ve makrofaj ile lenfosit hücre popülasyonunu kapsamaktadır. Beyaz pulpa, porlu bir yapıya sahiptir. Melanomakrofajlar ve elipsoidler olmak üzere iki parçadan oluşmuştur. Melanomakrofaj merkezleri eritrosit yıkımında ve metabolik artıkların atılmasında önemli bir işlev görmektedir. Melanomakrofajların, antijenleri uzun süre tutma özelliğinde olduğu bilinmektedir (McL Pres ve Evensen, 1999).

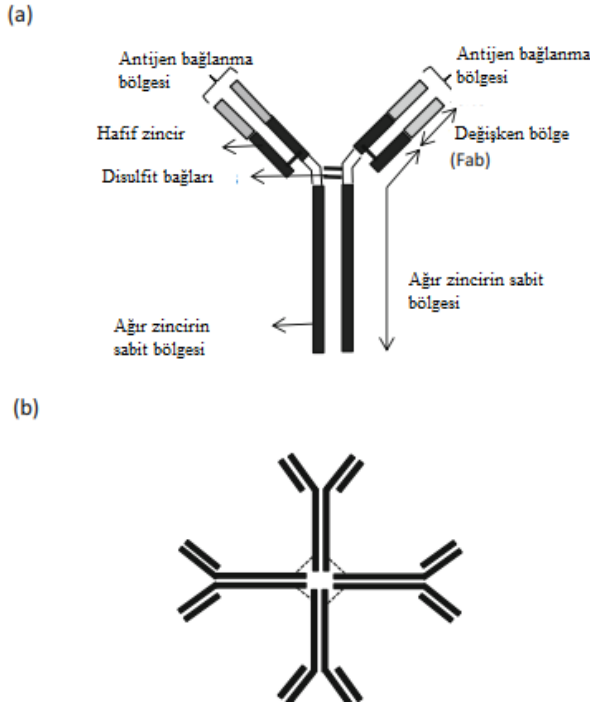
### **3.2. Balıkların Kazanılmış Savunma Sisteminde Humoral Faktörler**

İmmunoglobulinler, balıklarda spesifik savunma mekanizmalarının en önemli elemanlarını oluşturmaktadır. B lenfositlerin başkalaşımı ile ortaya çıkan immunoglobulinler antijenik uyarımlar sonucu vücutta plazma hücreleri tarafından sentezlenen ve homolog antijenler ile birleşerek spesifik bir reaksiyon verebilen glikoprotein karakterindeki moleküllerdir. İmmunoglobulinler bütün memelilerin kan sıvısında (plazmada) bulunur. Daha az miktarda dokularda hücreler arası sıvılarda yer alırlar. Kan veya plazma pıhtılaştığında serumda bulunurlar. Memelilerde IgG, IgM, IgA, IgD ve IgE olmak üzere beş farklı immunoglobulin sınıfı bulunduğu bilinmektedir (Arda ve diğ., 1994). Teleostlarda IgM, IgD ve IgT olmak üzere üç tür immünoglobulin bulunmaktadır. Tetramer olan IgM, serum ve mukusta yüksek konsantrasyonlarda bulunan ana immünoglobulindir. Konsantrasyonu türler arasında geniş bir şekilde değişir ve yaş, sıcaklık ve mevsimden etkilenir (Sanchez vd., 1993; Magnadottir vd., 1999). IgM, solungaç, deri, bağırsak ve safra dışında serumda da bulunur. IgD, teleostlarda bildirilen ikinci immünoglobulindir; memelilerin IgD'sine benzerlik gösterdiği için bu adı almış ve evrimsel olarak korunmuş bir moleküldür (Perdiguero vd., 2019). IgD, deri ve solungaç mukozal bağışıklıkta önemli bir rol oynar. İmmünoglobulin konsantrasyonu patojenlere ve parazitlere maruz kalındığında artar ve bu balığı istilacı patojenlere karşı korumada önemli bir rol oynar. IgT'nin bağırsak mukozal bağışıklıkta IgA'nın memelilerdeki rolüne benzer şekilde önemli bir rol oynadığı bildirilmiştir. IgM, IgD ve IgT salgılayan B lenfositleri alt kümesi farklıdır (Zhang vd., 2010).

Kıkırdaklı balıkların serumunda IgM'nin pentamerik (19 S) ve monomerik (7 S) formları; kemikli balıklarda ise tetramerik (17 S) ve monomerik formları bulunmaktadır. Memelilerde bu

sınıf antikorlar genellikle plazma proteini olarak bulunurlar ve immun yanıtta teşekkül eden ilk immunoglobulinleri oluştururlar. Sonra daha küçük molekül olan IgG'nin oluşmasına yardımcı olurlar. Memelilerde IgM ile IgG serumda ve doku aralıklarında bulunurken, IgA mukus ve süt sekresyonlarında bulunmaktadır. Balıklarda antikorlar ise serumda, doku sıvılarında, sindirim kanalında, deriden ve solungaçlardan salgılanan mukus içinde bulunmaktadır (Köprücü ve Yaman, 2016). İmmünoglobulinler, sistemik bağışıklıktaki rolünün yanı sıra, mukozal bağışıklıkta da önemli bir rol oynar. Teleost Ig'lerinin yapısı, iki aynı ağır zincir ve iki aynı hafif zincir içeren memeli Ig'leriyle benzerdir. Ağır ve hafif zincirler, disülfid bağlarıyla bir arada tutulur (Şekil 3).

**Şekil 3. Omurgalı İmmünoglobulinlerin Yapısı (a); Teleost Balıklarda İmmünoglobulinlerin Yapısı (b)**



**Kaynak:** (Makesh ve Rajendran, 2022)

Balıklarda biyokimyasal ve IgM'nin miktarının tespiti için doku homojenizatlarında *in situ*, flovisitometri, ELISA ve Western blot tekniklerinin kullanıldığı kayıt edilmiştir (Köprücü ve Algül, 2014; Köprücü ve Algül, 2015;). *Dicentrarchus labrax*'larda olgun B hücreleri ve IgM döllemeden sonra 50.günde saptanmıştır. Sazanlarda ise bu sürenin 14 gün olduğu bildirilmiştir. Kanal yayın balıkları (*Ictalurus punctatus*) ve gökkuşığı alabalığında bir haftalık larvalarda IgM'nin varlığı tespit edilmiştir. Genellikle balıklar 20-30 mm boya ulaştığında IgM'nin ilk oluşum zamanının olabileceği bilinmektedir. Bununla beraber bir antikor direncinin oluşumu ile IgM miktarı arasındaki ilişkinin zayıf olduğu da rapor edilmiştir (Magnadottir vd., 2005; Magnadottir, 2006).

#### **4. İMMUN SİSTEMİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER**

İmmun sistemi etkileyen en önemli faktörlerden biri su sıcaklığıdır. Balık üretim ve yetiştiriciliğinde optimal büyüme ve performanslarını sağlayan su sıcaklığıdır. Balık türlerine göre farklılık göstermekle birlikte gökkuşığı alabalığı için 18-20°C, sazanlar için 25-30°C ve kanal yayın balıkları için 25-30°C aralığındaki su sıcaklıkları aşilmamalıdır. Çok düşük ve yüksek sıcaklıklarda balık metabolizmasında meydana gelen fizyolojik olaylar sonucunda bağışıklık sistemi baskılanmakta ve enfeksiyonlara karşı dayanıksız bir durumla karşı karşıya kalınmaktadır. Raida ve diğ., (2008) 15 ve 25 °C'de tutulan gökkuşığı alabalıklarının *Yersinia ruckeri* aşısı ile aşıladıktan sonra korunma oranının yüksek sıcaklıktaki balıklara oranla düşük sıcaklıktaki balıklarda daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Fakat bazı hastalık etkenleri su sıcaklığı azaldıkça balıklarda yüksek mortalitelere sebebiyet verebilmektedir. Bunun nedeni düşük sıcaklıklarda patojenin yüksek virülens özelliği göstermesi ve yem alma durumu bozulacak olan balıkların bağışıklık

sisteminin baskılanmış olmasıdır (Guijarro vd., 2015). Balıklarda üretilen antikor miktarı sıcaklıkla orantılıdır. İnaktif *Edwardsiella ictaluri* ile aşılanan kanal yayın balıklarının 12-15°C'de tutulanlarının 28°C'de aşılanan balıklardan daha yavaş bir antikor yanıtı geliştirdiği bilinmektedir (Plumb vd., 1986).

Balıklarda bağışıklığı etkileyen bir başka faktör de yaştır. Yaşla birlikte balıklarda bağışıklığın aktivasyonunda artış gözlenmektedir. Joosten vd., (1995) *Cyprinus carpio* ve *Sparus aurata*'yı *Vibrio anguillarum*'a karşı intramusküler olarak aşılamış ve serum antikor düzeyini tespit etmiştir. Balıklarda serum antikor düzeyinin yaşla birlikte önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir.

Balıklar aşılanacağı zaman üretim, yetiştirme uygulamaları ve çevresel koşullar da göz önüne alınması gereken faktörlerdir. Stres, bağışıklık ve enfeksiyon arasındaki ilişki balıklarda ortaya konulmuştur. Su sıcaklığı, pH, tuzluluk veya sertlikte ani değişiklikler gibi olumsuz çevresel koşullar, tek başına veya bir arada, balıklarda stres yanıtlarından sorumludur (Klesius vd., 2003). Stresli olabilen yetiştirme uygulamaları, düşük çözünmüş oksijen, yüksek nitrit ve amonyak seviyeleri, aşırı stoklama oranları, toksik alg patlamaları ve diğer kötü su kalitesi koşullarını içerebilir. Doğru yönetim uygulamaları, bu stres faktörlerini balık üretiminde önemli ölçüde azaltabilir. Stresli koşulların aşı başarısızlığına neden olma olasılığı çok yüksektir.

Bağışıklama yolları da aynı zamanda serum antikor seviyelerini de belirler. Antijenlerin intramusküler veya intraperitoneal olarak enjeksiyonu, serumda antikor miktarını önemli derecede artırabilir. İmmersiyon veya oral yolla yapılan bağışıklama sistemik yanıtıdan ziyade mukozal bağışıklık yanıtını uyarır (Makesh ve Rajendran, 2022).

## 5. SONUÇ

Balıklarda savunma mekanizmalarının ve bu mekanizmaların memeli ve diğer hayvan türlerinden farklılıkların bilinmesi balık immünolojisi ile ilgili konularda yapılacak araştırmalara, daha sağlıklı balık üretimine ve balıkçılık sektörünün gelişmesine katkıda bulunacaktır. Savunma mekanizmalarının görev, işlev ve diğer sistemlerle etkileşimlerinin bilinmesi, immun yanıtı başlatan ve etkileyen faktörlerin anlaşılması, infeksiyöz ve inflamatuvar hastalıkların tanısı ile tedavisinde de önemli bir adım oluşturmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Arda, M., Minbay, A., Aydın, N., Akay, Ö., İzgür, M., Diker, K.S., (1994), *İmmunoloji*, Ankara, Medisan Yayınevi.
- Dalmo, R.A., Ingebrigtsen, K., Bogwald, J., (1997), Non-specific defence mechanisms in fish, with particular reference to the reticuloendothelial system (RES), *Journal of Fish Diseases*, 20, 241- 273.
- Diker, S.K., (1998), *İmmunoloji*, Ankara, Medisan Yayınevi. A
- Ellis, A. E., (1976), Leucocytes and related cells in the plaice (*Pleuronectes platessa*), *Journal of Fish Biology*, 8, 143-156.
- Ellis, A.E., (1977), The leucocytes of fish: a review, *Journal of Fish Biology*, 11, 453-491.
- Ellis, A.E., (1981), Non-specific defense mechanisms in fish and their role in disease processes, *Developmental Biological Standardisation*, 49, 337-352.
- Ellis, A.E., (1988), Vaccination against enteric redmouth (ERM). In: Ellis, A.E. (ed) *Fish vaccination*, pp. 85-92 London: Academic Press.

- Ellis, A.E., (1999), Immunity to bacteria in fish, *Fish and Shellfish Immunology*, 9, 291–308.
- Elumalai, P., Thompson, K., Lakshmi, S., (2023). *Fish Vaccines: Health Management for Sustainable Aquaculture*. CRC Press.
- Finn, J. P., Nielson, N.O., (1971), Effect of temperature on inflammatory response in rainbow trout, *Journal of Pathology and Bacteriology*, 105, 257-268.
- Firdaus-Nawi, M., Zamri-Saad, M., (2016), Major components of fish immunity: A review, *Pertanika Journal of Tropical Agriculture Sciences*, 39 (4): 393 – 420.
- Grinde, B., Lie, Q., Poppe, T, Salte, R., (1988), Species and individual variation in lysozyme activity in fish of interest in aquaculture, *Aquaculture*, 68, 299-304.
- Guijarro, J.A., Cascales, D., Garcia-Torrico, A.I., Garcia-Domiguez, M., Mendez, J., (2015), Temperaturedependent expression of virulence genes in fish-pathogenic bacteria, *Front Mircrobiology*, 6, 700.
- Jolles, P., Jolles, J., (1984), What's new in lysozyme research? Always a model system, today as yesterday, *Molecular Cell Biochemistry*, 63,165-89.
- Joosten, P.H.M, Aviles-Trigueros, M., Sorgeloos, P, Rombout, J.H.W.M., (1995), Oral vaccination of juvenile carp (*Cyprinus carpio*) and gilthead seabream (*Sparus aurata*) with bioencapsulated *Vibrio anguillarum* bacterin, *Fish and Shellfish Immunology*, 5, 289–99.
- Köprücü, S., Algül, S., (2014), Investigation of the leptin levels in the blood serum of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) and *Capoeta trutta* (Heckel, 1843), *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99, 430–435.

- Köprücü, S., Algül, S., (2015), Comparatively examining of the apelin-13 levels in the *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) and *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99, 210-214.
- Köprücü, S., Yaman, M., (2016), Histological and histochemical characterization of the digestive tract of European catfish (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758), *Cellular and Molecular Biology*, 62(13), 1-5
- Klesius, P.H., Shoemaker, C.A., Evans, J.J., (2003), The disease continuum model: bi-directional response between stress and infection linked by neuroimmune change. Pages 13–34 in C. S. Lee and P. J. O'Bryen, editors. Biosecurity in aquaculture production systems: exclusion of pathogens and other undesirables. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Lange, S.R., Bambir, S., Dodds, A.W., Magnadottir, B., (2004a), An immunohistochemical study on complement component C3 in juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.), *Developmental and Comparative Immunology*, 28, 593-601.
- Lange, S.R., Bambir, S., Dodds, A.W., Magnadotti, B., (2004b), The ontogeny of complement component C3 in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) an immunohistochemical study, *Fish and Shellfish Immunology*, 16, 359-67.
- Magnadottir, B., Jonsdottir, H., Helgason, S., Bjornsson B., Jorgensen, T.O., Pilstrom, L., (1999), Humoral immune parameters in Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). I. The effects of environmental temperature, *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 122, 173–80.
- Magnadottir, B., (2006), Innate immunity of fish (overview), *Fish and Shellfish Immunology*, 20, 37-151

- Magnadottir, B., Lange, S., Gudmundsdottir, S., Bøgwald, J., Dalmo, R.A., (2005), Ontogeny of humoral immune parameters in fish, *Fish and Shellfish Immunology*, 19, 429-439.
- Makesh, M., Rajendran, K.V., (2022), Fish immune system and vaccines, *Springer*.
- McL Pres, C., Evensen, Q., (1999), The morphology of the immune system in teleost fishes, *Fish and Shellfish Immunology*, 9, 309-318.
- Murai, T., Kodama, H., Naiki, M., Mikami, T., Izawa, H., (1990), Isolation and characterization of rainbow trout C-reactive protein, *Developmental and Comparative Immunology*, 14, 49-58.
- Nakanishi, Y., Kodama, H., Murai, T., Mikami, T., Izawa, H., (1991), Activation of rainbow trout complement by C-reactive protein, *American Journal of Veterinary Research*, 52, 397-401.
- Nazıroğlu, M., İspir, Ü., Yonar, M.E., (2003). Balıklarda E vitaminin immun cevap üzerine etkileri., *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 9(1), 101-106.
- Peleteiro, M.C., Richards, R.H., (1990), Phagocytic cells in the epidermis of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, *Journal of Fish Diseases*, 13, 225-232.
- Perdiguerro, P., Martín-Martín, A., Benedicenti, O., Díaz-Rosales, P., Morel, E., Muñoz-Atienza, E., Garcia-Flores, M., Simon, R., Soletto, I., Andrea Cerutti, A., Tafalla C., (2019), Teleost IgD+ IgM B cells mount clonally expanded and mildly mutated intestinal IgD responses in the absence of lymphoid follicles, *Cell Reports*, 29, 4223–4235.

- Plumb, J.A., Quinlan, E.E., (1986), Survival of *Edwardsiella ictaluri* in Pond Water and Bottom Mud, *The Progressive Fish-Culturist*, 48, 212-214.
- Raida, M.K., Buchmann, K., (2008), Bath vaccination of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) against *Yersinia ruckeri*: effects of temperature on protection and gene expression, *Vaccine*, 26, 1050–1062.
- Sakai, M., 1999, Current research status of fish immunostimulants, *Aquaculture*, 172, 63-92.
- Sanchez, C., Babin, M., Tomillo, J., Ubeira, F.M., Dominguez, J., (1993), Quantification of low levels of rainbow trout immunoglobulin by enzyme immunoassay using two monoclonal antibodies, *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 36, 65–74.
- Tacchi, L., Musharrafieh, R., Larragoite, E.T., Crossey, K., Erhardt, E.B., Martin, S., LaPatra, S.E., Salinas, I., (2014), Nasal immunity is an ancient arm of the mucosal immune system of vertebrates, *Nature Communications*, 5, 1-24.
- Van Muiswinkel, W.B., (1992), Fish immunology and fish health, *Netherlands Journal of Zoology*, 42, 494-499.
- Zhang, Y.A., Salinas, I., Li, J., Parra, D., Bjork, S., Xu, Z., (2010), IgT, a primitive immunoglobulin class specialized in mucosal immunity, *Nature Immunology*, 11, 827–35.



# BİTKİLERDE SOMATİK KROMOZOMLARIN GÖZLEMİ<sup>1</sup>

Derya GÜLOĞLU<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Canlıları, aralarındaki ilişkiler ve belirli özelliklerine göre gruplara ayırarak ve isim vererek inceleyen bilim dalına Taksonomi denir. Taksonomi bilimi, herhangi bir canlıyı sınıflandırmanın hangi kurallar çerçevesinde, nasıl ve neye göre yapılacağını anlatan, canlıların gruplar veya türler halinde organize edildiği hiyerarşik bir bilim dalıdır. Bu konuda çalışmalar yapan uzman kişiler ise taksonomist olarak adlandırılır.

Herhangi bir canlı türünün yapısını belirlemek ve o canlı türünü tanımlayabilmek için hem morfolojik(yapısal) hem de sitolojik(hücre sel) çalışmalar yapılmak zorundadır (Jahier, 1996). Ancak, bir türün kesinlik kazanabilmesi için morfoloji ve sitoloji çalışmaları tek başına yeterli değildir. Bir canlı türünün hem taksonomik olarak yerini belirlemek, hem de ıslah çalışmalarında karşılaşılan sorunları çözebilmek için, o türe ait kromozomların sayısı, yapısı, sentromerlerinin konumu, satelit kromozom olup olmadığının belirlenmesi oldukça önemli ve gereklidir.

Sitolojik incelemeler, her canlı türüne ait kromozomların şekil, morfoloji ve sayısının, kendine özgü karakterler taşıdığını göstermiştir. Canlıların sınıflandırılmasının, kromozomlarının sayısı ve yapısına göre kategorize edilmesiyle sitotaksonomi

---

<sup>1</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Atabey Meslek Yüksekokulu, deryaguloglu@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1839-8710.

bilimi ortaya çıkmıştır. Sitotaksonomi alanında çalışan araştırmacılar, hiyerarşik olarak daha yüksek seviyeli sınıflar, türler ve cinsler arasındaki kalıtsal ve hücrenel farklılıkları göz önüne alarak, yapısal olarak ayrılmayan türlerin sınıflandırılmasında ve evolüsyon yönünden akrabalık ilişkilerinin belirlenmesinde sağlıklı bilgiler edinmektedirler.

Bitki ıslahçıları ise, taksonomi ve sitoloji alanında çalışan araştırmacıların yürüttükleri kromozom çalışmalarından faydalanarak, türler arası melezlemeler ve melezlemeler üzerine etkisi olan kromozomlar hakkında bilgi sahibi olmayı ve böylece ıslah çalışmalarında istenilen sonuçları almayı hedeflemektedirler (Fukui ve Nakayama, 1996).

Somatik bir hücrenin bölünmesi sırasında, metafazda yapılan gözlemler, kromozomların morfolojilerini belirlemeyi ve onlar arasında karşılaştırmalar yapmayı sağlayarak sistematik ve tarımsal açıdan önemli bilgiler vermektedir.

## **2. SOMATİK KROMOZOMLARIN SAYIMI VE İNCELENMESİ**

Birçok araştırmacı mitoz kromozomların gözlemi için çeşitli materyallerde farklı yöntemler kullanmaktadır. Somatik hücrelerde mitoz bölünmenin gözleminde, kromozom sayısını ve kromozom morfolojisini belirlemek veya sentromerin yapısı konusunda bilgi edinmek gibi çeşitli ve birbirinden farklı amaçlar olabilir.

Kromozomların gözlemi hangi amaçla ve yöntemle yapılacak olursa olsun, somatik bölünmede incelenen hücrelerde kromozomlar kendine özgü yapısal özelliklerini göstermelidir. Yani, bir kromozoma ait sentromer ve konumu, kısa kolu, uzun kolu ve -varsa- satelit kromozomu belirgin ve ölçülebilir durumda olmalıdır. Ancak bu şekilde, kromozomları açıkça ve

kolaylıkla gözlenebilen hücrelerle bir canlının kromozomlarının morfolojileri belirlenebilir. Bu nedenle, somatik hücrelere ait kromozom gözlemlerinde kromozomların bazik boyalarla iyi bir şekilde boyanması, sitoplazmanın olabildiğince açık renkli olması ve hücre zarının da parçalanmamış olması gereklidir. Aksi halde, gözlemi yapılan kromozomların başka bir hücreden gelip gelmediği konusunda kuşku oluşabilir. Kromozomlar, hücre içinde kolaylıkla sayım yapmaya imkân verecek kadar dağılmış ve aynı düzlem üzerinde bulunmalıdır. Ayrıca, incelenecek hücrelerin metafaz devresinde olmasına, mukayese edilecek kromozomların benzer yapısal gelişme içinde olmasına da dikkat edilmelidir.

### **2.1. Materyal Temini**

Sitolojik çalışmalardan elde edilen sonuçlara etkili olan en önemli faktör, incelenecek materyalin teminidir. Kromozomların sağlıklı bir şekilde incelenebilmesi için, ortamın sıcaklık derecesi ve bitkinin gelişme zamanı gibi mitoz bölünmeye etki eden koşulların iyi bilinmesi oldukça önemlidir. Mitoz bölünmenin incelenmesinde yararlanılacak hücrelerin belirlenmesi için, kromozomların en belirgin ve kolaylıkla sayılabilecek durumda olduğu metafaz safhasından elde edilmiş hücrelerin incelenmesine çalışılmalıdır.

Sitolojik çalışmalarda kullanılacak materyalin temin edilmesinde kısa süre içinde ve bol miktarda kök ucu verebilen, ekonomik ve her zaman kolayca bulunabilenler tercih edilmelidir.

### **2.2. Materyalin Elde Edilmesi**

Somatik kromozomların incelenmesinde, bitkilerde mitoz bölünmenin fazla olduğu dokular ve organlar üzerinde çalışmak daha başarılı sonuçlar alınmasını sağlar. O nedenle bitkilerin, özellikle kök ucu, meristem ve genç dokularındaki

mitoz bölünme safhalarını tam zamanında yakalamak, kromozomların gözlemi için oldukça önem taşımaktadır.

Mitoz bölünmenin fazla olduğu bitki dokuları ve organları çeşitli şekillerde elde edilebilir. Sıklıkla yararlanılan yöntemler:

### **2.2.1. Tohumların Petri Kaplarında Çimlendirilmesi**

Bitki tohumları, içine ve kapağına kurutma kağıdı kaplanarak musluk suyu ile ıslatılan petri kaplarında kolaylıkla çimlendirilebilir. Nemli kurutma kağıtları bulunan petri kaplarına 10-15 adet bitki tohumu birbirine değmeyecek şekilde yerleştirilir. Tohumların üzeri de yeterince ıslatılmış bir kurutma kâğıdı ile kapatılır. Hazırlanmış petri kapları, 1-3 gün 18°-24°C'de (oda sıcaklığı) veya sıcaklık derecesi ayarlanabilen dolaplarda ya da odalarda bekletilerek tohumun çimlenmesi sağlanır. Petri kutuları her gün kontrol edilir ve çimlenmiş olan tohumların 1-2 cm boyundaki uçları kesilerek alınır.

Seçilen çimlendirme yönteminin seçiminde tohumların büyüklüklerinin herhangi bir etkisi yoktur. *Trigonella* (Martin vd., 2010), *Solanum* (Kıran, 2016), *Trifolium* (Dirihan, 2014) ve kızılıcak (Zarifi ve Güloğlu, 2016) türleri petri kutularında rahatlıkla çimlendirilmiş ve kök ucu materyali elde edilmiştir. Tohum çimlendirme ortamı olarak ince kum veya pamuk döşenmiş petri kapları da kullanılabilir.

### **2.2.2. Saksılarda Yetiştirilen Bitkilerden Kök Uçlarının Elde Edilmesi**

Çimlendirme ortamı olarak, aynı ölçekte ince kum ve toprak, 2 ölçek elenmiş, fermente edilmiş(yanmış) çiftlik gübresi karıştırılarak hazırlanan harç, sulama sonunda, saksı dibinde birikecek fazla suyu direne edebilecek şekilde delinmiş saksılara doldurulur. Saksılara, daha önceden petri kaplarında çimlendirilip kök ucu alınan bir tane tohum dikilir. Sitolojik

çalışmalara bu tohumdan elde edilecek bitkiden alınan yeni kök uçları ile devam edilir. Ya da doğrudan doğruya, saksıya bir adet ekilen tohumun çimlenmesi sonucu uzayan kök uçları da kromozom gözlemleri için kullanılabilir. Uzamış köklerin hangi tohuma ait kök olduğu bilinemeyeceğinden, bir saksıya birden fazla tohum ekilmemesi önemlidir.

Saksıya, bir bitkinin vejetatif üretim materyali olarak kullanılan, yaprak, kardeş ve genç dallar gibi bir parçası da dikilebilir. Dikimden yaklaşık 2-10 gün sonra, saksı ters çevrilerek içindeki toprak düzgün bir şekilde çıkarıldığında, bitki köklerinin gelişip uzadığı görülür. Bu kökler 1-1,5 cm kadar kesilir ve somatik kromozomların incelenmesi bu şekilde elde edilmiş materyal ile yapılır. Domuz ayrığı tohumları saksılarda ve sera koşullarında kolaylıkla çimlendirilmiş ve kromozom gözlemleri için materyal kolaylıkla elde edilmiştir(Tosun vd., 1999). Kök ucu alınmış, gelişmiş genç fideler, yeniden saksıya dikilir. Saksı sulanır ve bir süre sonra yeniden gelişen kökler kesilerek tekrar kullanılabilir.

### **2.2.3. Soğanlı ve Yumrulu Bitkilerden Kök Uçlarının Elde Edilmesi**

Kök ucu elde etmek istediğimiz bitkiye ait soğan, içine su doldurulmuş bir kap içerisine, soğanın alt kısmı suya dokunacak şekilde koyulur. Bu şekilde, 25-30°C'de bekletilen soğanın cam kap içinde köklenmesi sağlanır. Kökler 1-2 cm uzadığında kesilerek alınır.

### **2.2.4. Tarlada Yetiştirilen Bitkilerden Kök Uçlarının Alınması**

Petri kaplarında ve saksılarda olduğu gibi, tarlada yetiştirilen bitkilerden gelişen fidelerden elde edilen kök uçları da kromozomların gözleminde materyal olarak kullanılabilir. Bu bitkiler de kısa sürede gelişen kök uçları verirler. Ancak, bu şekilde yetiştirilen fidelerden ilkbahar mevsiminde süren genç

kökler alınmalı ve incelenmelidir. Toprağın tavda olduğu zaman genç fideler hassas bir şekilde topraktan çıkarılarak 1-2 cm kadar uzayan kök uçları kesilerek alınır.

### **2.2.5. Genç Yaprakların Uçlarının Kullanılması**

Bitkilerin genç yapraklarının ucundaki meristem doku, mitoz bölünmenin fazla olduğu büyütken kısımlardır. Çok genç yaprakların ucundaki bu dokulara ait hücreler de kromozom gözlemi için uygun birer materyaldir.

### **2.2.6. Çiçek Primordiumlarının Kullanılması**

Somatik kromozomların gözleminde, çiçek tomurcuklarının erken devrelerinde, primordium durumundaki ilk yapılar da materyal olarak kullanılabilir (Razaq vd., 1994).

### **2.2.7. Büyütken Konilerin Kullanılması**

Bitkilerde mitoz bölünmenin en fazla olduğu kısımlar, büyütken dokulardır. Bu nedenle, bitkinin uç meristemleri ve dalların uç kısmındaki büyüme noktaları somatik kromozomların gözleminde kullanılacak elverişli kısımlardır.

### **2.2.8. Çok Genç Yumurtalardan Faydalanma**

Mitoz kromozomların elde edilmesinde, gelişme durumunda olan yumurtalar, bitki çiçeklerinin taç yaprakları ve sülük kökler incelenebilecek bitki kısımlarıdır.

## **2.3. Materyale Uygulanan İlk İşlem**

Somatik kromozomların gözleminde, kromozomların sayısının ve morfolojilerinin detaylı bir şekilde görülebilmesi için, materyale uygulanan ilk işlemde kullanılan çözeltiler, kromozomların yapılarını açıkça belirlemeyi sağlayacağından, çok önemlidir (Cour, 1935; Singh, 2003). Araştırmacılar tarafından araştırma materyalinin ilk işleminde kullanılan farklı çözeltiler vardır. (Rezaei vd., 2013). Yaygın olarak yararlanılan çözeltiler:

### **2.3.1. $\alpha$ -monobromonaftalin( $\alpha$ -onobromonaphthalene)**

Kök uçları kesildikten sonra,  $\alpha$ -monobromonaftalinin sudaki doymuş çözeltisinde farklı sürelerde (3-24 saat) ve farklı sıcaklıklarda bekletilir (Mirzaghaderi, 2010). Çözelti, 250 cm<sup>3</sup> saf su içine birkaç damla  $\alpha$ -monobromonaftalin damlatılıp çalkalanarak hazırlanır.

$\alpha$ -monobromonaftalin çözeltisi, buğday ve arpanın yanı sıra, çim türlerinde (Ahloowalia, 1965), çilekte (Owen ve Miller, 1993) ve bademde (Kazem vd., 2010) yapılan ilk işlemde başarılı sonuçlar vermiştir.

### **2.3.2. Paradiklorobenzen (paradichlorobenzene)**

Somatik kromozomların incelenmesinde kullanılan ve eczanelerden kolaylıkla bulunabilen Paradiklorobenzen, doymuş çözeltisi ile yapılan ilk işlemde iyi sonuçlar alınır. Çözelti, kromozomların ayrılmasını ve kolaylıkla incelenmesini sağlar(Carey ve McDonough, 1943; Sharma ve Bhattacharya, 1956).

Paradiklorobenzen, Parthenium (Meyer, 1948), çay (Bezbaruah, 1968), *Amaranthus* (Nazeer, 1983), soya fasulyesi (Palmer ve Heer, 1973), *Vicia*, *Lathyrus* ve *Pisum* (Srivastava, 1966) gibi birçok bitki türünde etkili bir şekilde kullanılmıştır.

Bu çözeltinin en önemli güçlüğü, paradiklorobenzen uygulamasında kromozomlarda istenilen etkinin oluşması için, uzun süreye ihtiyaç duyulmasıdır.

Çözeltinin hazırlanması; Ağzı sıkıca kapatılmış cam bir şişe içine 500 cm<sup>3</sup> saf su koyulur. 2,5-10 g paradiklorobenzen kristali bu su içine eklenir. Karışım, 24 saat boyunca 60°C sıcaklıkta bekletilir. Bitki kökleri, ilk işlem için bu çözelti içinde oda sıcaklığında birkaç saat bekletilir.

### **2.3.3. Kolkisin ( Colchicine)**

Somatik kromozomların sayımı, ölçümü ve yapılarının belirlenmesi ve mukayese edilmesinde kolkisin farklı konsantrasyonlarda sudaki çözeltileri de ilk işlemde başarı ile kullanılan çözeltilerdir. Çözelti, kromozomların hücre içinde dağılmasına etki eder, iğ ipliklerinin oluşmasına engel olur ve anafazın oluşumunu önler. Böylece, metafaz kromozomlarının bulunduğu hücrelerin sayısını artırır(Conagin, 1972; Palevitz, 1993).

### **2.3.4.8-Hidroksikinolin (8-hydroxyquinoline)**

8-hidroksikinolinin kromozomlar üzerine etkisi kolkisin çözeltisinin etkisine çok benzer. Yani kromozomları bu çözelti de kısaltır fakat metafaz safhasına etkisi yoktur. Bu çözeltinin kromozomların kısalmasına etkisi, kolkisin etkisi ile aynıdır. İlk işlemde bu çözeltinin kullanılmasıyla kromozomların sentromer bölgesi oldukça açık bir şekilde gözlenir. Bu çözelti, *Aloa vera* (Vig, 1968) ve orkide türlerinde (Pridgeon, 1999) iyi sonuçlar vermiştir.

Çözelti: 200 cm<sup>3</sup> saf ve sıcak su içinde, 0.058 g 8-hidroksikinolin eritilerek hazırlanır.

### **2.3.5. Kumarin (Coumarin)**

Kesilmiş bitki kök uçları bu çözeltide bekletildiğinde, kromozomlar birbirinden ayrılıp yayılır ve kısalır. Ancak, kumarin çözeltisinin dezavantajı, kök uçlarının bu çözelti içinde uzun süre bekletilmesi sonucu, kromozomların büzülmesine neden oluşudur. O nedenle ilk işlemde kumarin kullanılacaksa, bekleme süresinin çok iyi ayarlanması gerekmektedir.

### **2.3.6. Erimekte Olan Buz**

Materyalin, tespit çözeltisine koyulmadan önce çok düşük sıcaklık derecelerinde bekletilmesi, kromozomların büzülmesini ve gözlemlerin daha iyi yapılmasını sağlar. Bu

amaçla kök uçları çeşitli yöntemlerle soğuğa maruz bırakılır. Bu yöntemler;

a. Çimlenme ortamı olarak kum kullanılan saksılarda yetiştirilen bitkiler, buzdolabında, soğuk hava depolarında veya sıcaklığı ayarlanabilen iklim dolaplarında 2°C sıcaklıkta 1-3 gün süreyle bekletilebilir.

b. Petri kaplarında çimlendirilmiş tohumlar, yine petri kapları içindeki suya koyulup buzdolabında bir birkaç gece bekletilerek ilk işlem yapılabilir.

c. Çimlendirilmiş bitkilerden elde edilen kök uçları, petri kapları içinde suya koyularak buzdolabında belli bir süre bekletilir ve daha sonra materyale ilk işlem uygulanabilir.

Erimekte olan buz, daha çok tahıllar ve ılıman iklim çim bitkileri için tavsiye edilir(Maluszynski, 2003).

## **2.4. Materyalin Tespiti**

Materyalin, bitkinin canlı olduğu koşullardaki durumuna yakın bir şekilde tespiti, tespit amacıyla kullanılan sıvının etkinliği, etki hızı ve hücreleri mümkün olduğunca canlı olduğundaki durumunu bozmadan tespit edebilmesi büyük önem taşır (Kashtwari vd., 2017). Tespit çözeltisi, hücreleri çok hızlı bir şekilde sertleştirmeli ve dokulara girişi de oldukça hızlı olmalıdır. Bu amaçla çeşitli tespit çözeltileri kullanılmaktadır (Glauert ve Lewis, 2014). Bitki dokularına kolaylıkla girebilen ve yaygın olarak kullanılan tespit çözeltileri; Glasial asetik asit, Asetik alkol, Carnoy(1886)'un çözeltisi ve Osmik asit çözeltileridir.

### **2.4.1. Glasial Asetik Asit**

Materyale uygulanan ilk işlemi takiben, kök uçları glasial asetik asitte yarım saat bekletilir. En yaygın olarak kullanılan çözelti, seyreltilmediği takdirde, oda sıcaklığının altındaki sıcaklıklarda buz kristalleri oluşturur. Bu nedenle,

mutlaka su ile seyreltilmiş haldeki çözeltinin ilk işlemde kullanılması önerilir. (Lassek, 1950; Armarego ve Chai, 2009).

#### **2.4.2. Asetik Alkol**

Çözelti; 1 ölçek glasial asetik asitin 3 ölçek absolü alkol ile karıştırılmasıyla hazırlanır. Bu karışımın 200 cm<sup>3</sup> 'üne birkaç damla demir klorürün sudaki eriyiğinin eklenmesiyle kromozomların daha iyi boyanması sağlanır. Bu çözelti katılaşma yapmayan ve nükleik asit kaybını önleyen bir çözelti olarak kabul edilir. (O'Brien ve McCully, 1981). Dokulara çok hızlı bir şekilde nüfuz eder. Alkolün, kromozomları büzme etkisi, asetik asitin şişme etkisi ile dengelenir.

#### **2.4.3. Carnoy(1886)'un Tespit Çözeltisi**

Çözelti; 6 ölçek absolü alkol ve 3 ölçek glasial asetik asit, 1 ölçek kloroform çözeltisiyle karıştırılarak hazırlanır. Bir başka yöntem de; 6 ölçek absolü alkol ve 1 ölçek glasial asetik asitin 3 ölçek kloroform çözeltisi ile karıştırılması şeklindedir. Oldukça etkili bir sabitleyici olan çözelti, ilk kez 1886'da Carnoy tarafından hazırlanmıştır. Çiçek tomurcuklarının incelenmesinde yaygın olarak kullanılır.

#### **2.4.4. Osmik Asit**

Çözelti, 100 ml saf su içine 1 g osmik asit ilave edilip karıştırılarak hazırlanır. İlk kez Shultze (1864) tarafından kullanılan çözelti, hücrelerin oldukça gerçekçi bir durumda kalmasını sağlamaktadır. Ancak, dokulara nüfuzu çok yavaştır (Hayat, 2012).

### **2.5. Materyalin Muhafazası**

İlk işlemi yapıp, tespit çözeltisi uygulanan materyalin tamamı aynı anda incelenmeyecekse, materyalin uzun süre ve bozulmadan muhafaza edilmesi gerekir. Tespit işlemi yapıldıktan sonra materyal, birkaç kez 5'er dakika musluk suyunda yıkanarak, tespit çözeltisinden arındırılır ve % 70'lik

alkolde +4°C sıcaklıkta depolanır. Materyalin uzun süre ve bozulmadan depolanmasını sağlamak için ve tüp içinde bulunan alkolün uçmasını önlemek amacıyla tüplerin ağzı sıkıca kapatılmalıdır.

## **2.6. Hidroliz**

Dokuları oluşturan hücrelerin birbirinden ayrılması, kromozom incelemelerinde oldukça önemli bir konudur. Hidroliz işlemi, hücreleri birbirinden ayırarak onların gözlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. Hücrelerin, özellikle boyama işleminden önce yapılması gereken bir işlem olan hidroliz, somatik kromozomların incelenmesinde, materyal bitkinin hangi kısmından elde edilmiş olursa olsun (meristem doku, yumurta, primordium vb.) hücreler arasındaki bağlayıcı maddeyi eriterek, hücrelerin üst üste gelmeden tek bir düzlem halinde yayılmasını ve mikroskop altında net bir şekilde incelenmesini sağlamaktadır.

% 70'lik alkolde depolanmış veya tespit çözeltilisinde bekletildikten sonra doğrudan doğruya boyanması istenen materyalin, birkaç kez saf suda yıkanarak alkolü giderildikten sonra hidrolizi yapılır. Sıcaklık, hidroliz süresi ve hidroliz işleminde kullanılan hidroklorik asidin (HCl) konsantrasyonu çok önemlidir. Genel olarak, 60 °C sıcaklıkta, 1N HCl kullanılarak yapılan hidrolizde, materyal 5 dakikadan 20 dakikaya kadar değişen sürelerde bekletilmektedir. Süre, materyalin cinsine göre değişiklik gösterir ve kromozomların boyayı mümkün olduğu kadar içine alması açısından önemli olduğu için, çok iyi ayarlanmalı ve materyale göre doğru olarak belirlenmelidir. Ayrıca, soğuk hidroliz olarak adlandırılan, 5 N HCl'de materyalin 20° - 26°C'de, değişen sürelerde bekletilmesi de bir diğer hidroliz yöntemidir.

## 2.7. Boyama

Canlı hücreler, saydam özellikte olduğundan, mikroskop altında incelenmelerini kolaylaştırmak için materyale boyama işlemi yapılır. Kromozom incelemesi yapılacak kök uçlarının boyanmasında Feulgen ve Asetokarmin boyaları en sık kullanılan boyalardır.

Hidroliz işlemine tabi tutulmuş kök uçları, boya içinde en az bir saat oda sıcaklığında bekletilir. Kromozomlar ve hücre çekirdeği boyandığı için kök uçlarının 1-2 mm kadar olan uç kısmı diğer kısımlara nazaran daha koyu pembe renk alır. Yeterince boyandıktan sonra, boyadan çıkarılan kök uçları oda sıcaklığında 5-10 dakika saf suda bekletilir ve daha sonra ezme preparat yapılır. (Aase 1946; O'Mara, 1939)

Fuksin kristalinden elde edilen feulgen boyası, kristalin suda çözünmesiyle pembemsi bir renk alır. İlk kez Feulgren ve Rossenbeck, (1924) tarafından kromozomlara ait DNA bileşenlerini gözlemlemek için kullanılmıştır. Boyanın, daima koyu renkli bir şişede ve karanlıkta muhafaza edilmesi ve 6 aydan daha uzun bir süre depolanmaması önerilmektedir (Lhotka ve Davenport, 1949)

Asetokarmin boyası, bitki üzerinde yaşayan *Coccus cacti* olarak bilinen bir böceğin gövdelerinin kurutularak toz haline getirilmesiyle elde edilen karmin maddesinden elde edilmiş bir boyadır. Günümüzde, karmin sentetik olarak da üretilmektedir (Allevi vd., 1991). Boya, karminin asetik asitte çözülmesiyle elde edildiği için asetokarmin olarak adlandırılır (Belling, 1921).

Asetokarmin ile boyama işleminde farklı yöntemler kullanılır. En basit ve yaygın yöntem, deney tüpüne konulan kök uçlarının asetokarmin boyası içinde birkaç dakika kaynatılması şeklindedir. Bir başka yöntemde ise, kök uçları küçük deney tüpündeki asetokarmin boyası içine koyulur ve ağzı kapatılan

tüp, 60°C'ye ayarlanan etüvde 15-20 dakika bekletilir ve uç kısmı boyanan materyalden ezme preparat hazırlanır.

### **2.7.1. Feulgen Boyasının Hazırlanışı**

Toz haline getirilmiş 1 g fuksin bazik kristali 500 ml'lik bir erlenmayere koyulur. Kaynatılmış 200 cm<sup>3</sup> saf su fuksin bazik üzerine yavaş yavaş eklenir. Boya 50°C'ye kadar soğuyuncaya kadar devamlı olarak karıştırılır ve 20 cm<sup>3</sup> 1 N HCl eklenir. Boya, ağzı kapatılabilen bir şişeye süzülür ve 2 g potasyum metabisülfid(K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) eklenerek ışık görmeyecek şekilde en az bir gece bekletilir. Böylece rengi pembe olan boya, bekletildikten sonra açık çay rengini alır. Boya, 4 °C sıcaklıkta depolanabilir.

### **2.7.2. Asetokarmin Boyasının Hazırlanışı**

100 cm<sup>3</sup> % 45'lik asetik asitten (45 cm<sup>3</sup> glasial asetik asit + 55 cm<sup>3</sup> saf su) cam balona koyulur. Bu cam balon, kaynar su içine oturtularak 10 dakika ısıtılır. % 45'lik asetik asitin sıcaklığı kaynayan suyun sıcaklığına geldiğinde 1 g toz karmin boyası yavaş yavaş eklenir ve 10 dakika boyunca sürekli karıştırılır. Daha sonra boya soğutulur depolanır.

## **2.8. Kök Uçlarında Mitoz Bölünmenin İncelenmesi - Ezme Preparat Yöntemi**

Ezme preparat yöntemi, meyvelerde yapılacak kromozom gözlemlerinde en yaygın kullanılan preparat hazırlama yöntemidir. Bu yöntemle, elma (Lecuyer vd., 1991), çilek (Iwatsubo ve Naruhashi, 1991) ve üzüm (Martens ve Reisch, 1988) kromozomları başarılı bir şekilde incelenmiştir. Ezme preparat yönteminde ana odak, mitotik kromozomların incelenmesi ve karyotipik tanımlamadır. Bu nedenle kullanılan teknik, kromozomların iyi bir şekilde yayılmasına olanak sağlamalıdır. Yöntem, sırasıyla şu şekildedir(Elçi, 1994):

1. Steril bir lam üzerine küçük bir damla % 45'lik asetik asit damlatılır.

2. Boyanan bir kök ucu lam üzerine koyularak, 1-2 mm'lik uç kısmı kesilir.

3. Kök ucu mümkün olduğunca küçük parçalara bölünerek % 45'lik asetik aside karıştırılır. Hazırlanmış kök ucu parçalarının üzerine lamel kapatılır ve taşan sıvı temizlenir.

4. Lamel üzerine bir kurşun kalemin arkasıyla nazik darbeler vurularak köklerin ezilmesi sağlanır. Daha sonra, lamele üstten bastırılarak ezme preparatı hazırlanmış olur. Ezme preparatları, mitoz bölünme gözlemi yapılması için mikroskop altında incelemeye alınır.

Hazırlanan preparatlar kısa süre içinde incelenmeyecekse veya sonradan ulaşılmasının gerekebileceği hallerde, bunların daimi preparatlar haline getirilmesi gerekmektedir. Aksi halde bozulurlar.

Preparatların devamlı hale getirilmesi için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır:

1. Lam ve Lamelin Birbirinden Ayrılması Yöntemi
2. Alkol Buharı Değiş-Tokuşu Yöntemi
3. Hızlı Dondurma Yöntemi
4. Sıvı Nitrojen Yöntemi

Devamlı preparat hazırlanmasında en kolay uygulanan yöntem şu şekildedir (Elçi, 1994):

1. 1/1 oranında karıştırılmış % 45'lik asetik asit + % 95'lik etil alkol içinde preparatların lamelleri düşürülür.

2. Lamalar 1/1 oranında karıştırılmış tersiyer butil alkol + % 95'lik etil alkol içine alınır.

3. Lamlar 2 kez tersiyer butil alkol banyosundan geçirilir.

4. Kanada balzamu ile kapatılır.

### **3. KARYOTİP ANALİZİ**

Karyotip analizi ve kromozom ölçümlerinde preparatların yeni yapılmış veya devamlı preparat olması önemli olmayıp, ikisi de kullanılabilir. Bu amaçla, aynı düzlemde dağılmış, yapıları net olarak görülebilen, aşırı derecede büzülmemiş, en uygun somatik hücreler seçilir ve mikroskoplara entegre edilmiş dijital fotoğraf makineleri ile fotoğrafları çekilir. Kromozomların ölçümleri karyotip analizi için hazırlanmış çeşitli bilgisayar programlarından biri kullanılarak ölçülür.

Daha sonra kromozomlar boylarına göre büyükten küçüğe doğru sıralanır. Diploid kromozom sayısı (2n), kromozomların karyotip formları( metasentrik, submetasentrik, telosentrik, akrosentrik), kromozomların uzun kolu, kısa kolu, toplam uzunluğu, kol oranı, kromozom indeksi ve sentromer durumu belirlenerek idiogramları çizilir( Levan, et al. 1964).

### **4. SONUÇ**

Somatik kromozomların incelenmesi ve karyotip analizlerinin yapılması, kromozomlar arasındaki farklılık ve benzerliklerin belirlenmesini ve türler arasındaki akrabalık dereceleri konusunda sağlıklı bilgiler elde edilmesini sağlar. Karyotip analizinde, kromozomların tanımlanmasında ve sınıflandırılmasında en önemli kriter, sentromerin konumudur. Bu amaçla karyotip analizi yapmak için kromozoma ait belli parametrelerin ölçümü yapılarak, idiogramlar hazırlanır. Bu parametreler, kromozom sayısı, kromozomların kısa kol ve uzun kol uzunluğu, toplam kromozom boyu, kol oranı ve kromozom

indeksidir. Ölçümleri yapılan kromozomlar, boylarına göre büyükten küçüğe sıralanır ve idiogramları çizilir.

Bu amaçla, farklı şekillerde elde edilen materyallerde mitoz bölünmenin en fazla olduğu hücrelerde kromozom gözlemi yapılmalıdır. Bu gözlemler sırasında, hücre bölünmesi metafaz safhasında olmalı, materyale uygulanan ilk işlem ve materyalin tespiti uygun çözeltilerle yapılmalı, hücrelerin dokulardan ayrılabilmesi için doğru sıcaklık ve sürede hidroliz işlemi yürütülmeli, kromozomlar birbirinden ayrılmış halde ve aynı düzlem üzerinde olmalı ve ezme preparatlar hazırlanırken oldukça nazik davranılmalıdır.

Bu çalışmada, canlıların çeşitliliği, genetik özellikleri, sınıflandırılması ve tanımlanabilmesi için kromozomların sayısı ve morfolojilerinin belirlenmesini sağlayan kromozom gözlemlerinin yapılması ve karyotiplerinin belirlenmesi için izlenecek yollar basit bir şekilde anlatılmıştır.

## **KAYNAKÇA**

- Aase, H.C.(1946). Cytology of cereals. II. *The Botanical Review*, 12, 255-334.
- Ahloowalia, B.S.(1965). A root tip squash technique for screening chromosome number in *Lolium*. *Euphytica*, 14(2), 170-172. <https://doi.org/10.1007/BF00038983>
- Allevi, P., Mario, A., Pierangela, C., Alberto, F., Antonio, S., Steve, B., Max, M., & John, T. (1991). The first total synthesis of carminic acid. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, (18), 1319-1320. <https://doi.org/10.1039/C39910001319>

- Armarego, W.L., & Chai, C.L.L.(2009). *Purification of Laboratory Chemical-* Six Edition. [https://doi.org/10.1016/0039-9140\(82\)80240-3](https://doi.org/10.1016/0039-9140(82)80240-3)
- Belling, J. (1921). On counting chromosomes in pollen-mother cells. *The American Naturalist*, 55(641), 573-574. <https://doi.org/10.1086/279843>
- Bezbaruah, H. P. (1968). An evaluation of preparatory procedures for leaf-tip chromosomes spreads of the tea plant (*Camellia sinensis*). *Stain Technology*, 43(5), 279-282. <https://doi.org/10.3109/10520296809115082>
- Carey, M. A., & McDonough, E. S. (1943). On the production of polyploidy in *Allium* with paradichlorbenzene. *Journal of Heredity*, 34(8),238-240. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a105294>
- Carnoy, J. B. (1886). *La cytotidiérèse de l'oeuf: La vésicule germinative et les globules polaires de l'Ascaris megalcephala*.
- Conagin, C. H. (1972). Colchicine effects on *Arachis hypogaea* L. *Bragantia*, 31, 187-198. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051972000100015>
- Cour, L. L. (1935). Technic for studying chromosome structure. *Stain Technology*, 10(2), 57-59. <https://doi.org/10.3109/10520293509116010>
- Dirihan, S., Zarifi, E., Güloğlu, D., & Sevimay, C. S. (2014). Türkiye'de Kültürü Yapılan İskenderiye Üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ve İran Üçgülü (*T. resupinatum* L.) Türlerinin Karyotip Özellikleri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 7(1), 49-54. ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X
- Elçi, Ş. (1994). *Sitogenetikte araştırma yöntemleri ve gözlemler*. 100. Yıl Üniversitesi Yayınları, 18.

- Feulgren, R., & Rossenbeck, H. (1924). Mikroskopisch-chemischer Nachweis einer Nucleinsäure vom Typus der Thymonucleinsäure und die-darauf beruhende elektive Färbung von Zellkernen in mikroskopischen Präparaten. <https://doi.org/10.1515/bchm2.1924.135.5-6.203>
- Fukui, K., & Nakayama, S. (1996). *Plant chromosomes: laboratory methods*. CRC press.
- Glauert, A. M., & Lewis, P. R. (2014). Biological specimen preparation for transmission electron microscopy. In *Biological Specimen Preparation for Transmission Electron Microscopy*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400865024>.
- Hayat, M. E. (2012). *Basic techniques for transmission electron microscopy*. Elsevier.
- Iwatsubo, Y., & Naruhashi, N. (1991). Karyomorphological and cytogenetical studies of *Rubus parvifolius*, *R. coreanus* and *R. x hiraseanus* (Rosaceae). *Cytologia*, 56(1), 151-156. <https://doi.org/10.1508/cytologia.56.151>
- Jahier, J. (1996). *Techniques of plant cytogenetics*. Science Publishers.
- Kashtwari, M., Zargar, S. A., & Wani, A. A. (2017). Laboratory Techniques of Studying Plant Chromosomes. *Chromosome Structure and Aberrations*, 75-107. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-81-322-3673-3_4)
- Kazem, Y., Houshmand, S., Madani, B., & MartínezGómez, P. (2010). Karyotypic studies in Iranian wild almond species. *Caryologia*, 63(2), 117-123. <https://doi.org/10.1080/00087114.2010.10589716>
- Kıran, Y. (2016). *Solanum dulcamara* (Solanaceae) Türünün Karyolojik Yönden İncelenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi*

*Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2).  
<https://doi.org/10.17798/bitlisfen.282258>.

- Lassek, A. M. (1950). A study of the precipitating effects of basic fixing solutions. *The Anatomical Record*, 107(4), 409-414. <https://doi.org/10.1002/ar.1091070407>
- Lecuyer, M. P., Zhang, Y. X., Tellier, M., & Lespinasse, Y. (1991). In vitro pollen tube division of irradiated and non-irradiated apple pollen. *Agronomie*, 11(6), 483-489.
- Levan, A., Fredga, K., & Sandberg, A. A. (1964). Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 52(2), 201-220. <https://doi.org/10.1111/j.1601-5223.1964.tb01953.x>
- Lhotka, J. F., & Davenport, H. A. (1949). Deterioration of Schiff's reagent. *Stain Technology*, 24(4), 237-239. <https://doi.org/10.3109/10520294909139614>
- Maluszynski, M. (Ed.). (2003). *Doubled haploid production in crop plants: a manual*. Springer Science & Business Media.
- Martens, M. H. R., & Reisch, B. I. (1988). An improved technique for counting chromosomes in grapes. *HortScience*, 23(5), 896-899. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.23.5.896>
- Martin, E., Akan, H., Ekici, M., & Aytac, Z. (2010). Karyology of ten Turkish *Trigonella* L. (Leguminosae) species from section *Cylindrica* Boiss. *Turkish Journal of Botany*, 34(6), 485-494. <https://doi.org/10.3906/bot-0809-17>
- Meyer, J. R. (1948). Modification of mitosis by chemicals. *Science*, 108(2799), 188-188. <https://doi.org/10.1126/science.108.2799.188.a>

- Mirzaghaderi, G. (2010). Simple metaphase chromosome preparation from meristematic root tip cells of wheat for karyotyping or in situ hybridization. *African Journal of Biotechnology*, 9(3). ISSN 1684–5315
- Nazeer, M.A.(1983). Comparative morphology of the somatic karyotypes of vegetable amaranths and its phylogenetic significance. *Cytologia*, 48(2),237-244.  
<https://doi.org/10.1508/cytologia.48.237>
- O'Brien, T. P., & McCully, M. E. (1981). *The study of plant structure: principles and selected methods. (No Title)*.ISBN: 0959417400
- O'Mara, J. G. (1939). Observations on the immediate effects of colchicine. *Journal of Heredity*, 30(2), 34-37.  
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jhered.a104665>
- Owen, H. R., & Miller, A. R. (1993). A comparison of staining techniques for somatic chromosomes of strawberry. *HortScience*, 28(2), 155-156.  
<https://doi.org/10.21273/HORTSCI.28.2.155>
- Palevitz, B. A. (1993). Morphological plasticity of the mitotic apparatus in plants and its developmental consequences. *The Plant Cell*, 5(9), 1001.  
<https://doi.org/10.1105/tpc.5.9.1001>
- Palmer, R. G., & Heer, H. (1973). A Root Tip Squash Technique for Soybean Chromosomes 1. *Crop Science*, 13(3),389-391.  
<https://doi.org/10.2135/cropsci1973.0011183X001300030031x>
- Pridgeon, A. M. (Ed.). (1999). *Genera orchidacearum: Volume 1: Apostasioideae and cyripedioideae* (Vol. 1). OUP Oxford.

- Razaq, Z. A., Vahidy, A. A., & Ali, S. I. (1994). Chromosome numbers in Compositae from Pakistan. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 800-808. <https://doi.org/10.2307/2399925>
- Rezaei Osalou, A., Daneshvar Rouyandezagh, S., Alizadeh, B., Er, C., & Sevimay, C. S. (2013). A comparison of ice cold water pretreatment and  $\alpha$ -bromonaphthalene cytogenetic method for identification of Papaver species. *The Scientific World Journal*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/608650>
- Schultze, M. (1864). *Über den Bau der Leuchtorgane der Männchen von Lampyrus splendidula*.
- Sharma, A. K., & Bhattacharyya, N. K. (1956). Chromosome breakage through paradichlorobenzene treatment. *Cytologia*, 21(4), 353-360. <https://doi.org/10.1508/cytologia.21.353>
- Singh, R. J. (2016). *Plant cytogenetics*. CRC press.
- Srivastava, L. M. (1966). Induction of mitotic abnormalities in certain general of tribe Viciaeae by paradichlorobenzene. *Cytologia*, 31(2), 166-171. <https://doi.org/10.1508/cytologia.31.166>
- Tosun, M., Akgün, İ., & Sağsöz, S. (1999). Erzurum yöresinde yetişen yabani domuz ayrığı (*Dactylis glomerata* L.) bitkilerinde bazı sitolojik özelliklerin belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(supp1), 219-227.
- Vig, B. K. (1968). Spontaneous chromosome abnormalities in roots and pollen mother cells in *Aloe vera* L. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 254-261. <https://doi.org/10.2307/2483672>

Zarifi, E., & Güloğlu, D. (2016). An improved Aceto-Iron-Haematoxylin staining for mitotic chromosomes in Cornelian cherry (*Cornus mas* L.). *Caryologia*, 69(1), 67-72. <https://doi.org/10.1080/00087114.2015.1109930>

# ALKOL, DAVRANIŞ BOZUKLUĞU VE ZEBRA BALIĞI

Ünal İSPİR<sup>1</sup>

Muhammet Enis YONAR<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ

Alkol kullanımını ve alkolizm, tüm dünyada önemli tıbbi sorunlara neden olan hem toplumsal ve hem de maddi sorunları beraberinde getiren büyük bir problemdir (Zarkin vd, 2012). Bu maddenin insanlarda görülen oldukça fazla olumsuz etkilerine rağmen, tüketimi birçok kültürde sosyal olarak kabul edilebilir kalmaktadır (Pavis vd, 1997). Alkolle ilişkili bozukluklar, uygun tedavi seçeneklerinin veya etkili önlemlerin hala eksik olduğu büyük bir tıbbi ihtiyaç olarak devam etmektedir. Alkolün insan vücudundaki etkilerinin ve etki mekanizmalarının analizi, çeşitli hayvan modellerinin kullanımıyla açıklanmaya çalışılan bir süreçtir. Bu süreç insanın alkolle ilişkili hastalıklara karşı tedavi metotlarının geliştirmesine yardımcı olabilecek bir yaklaşımdır. Bu alanda hızlı bir ivme kazanan bir hayvan modeli de zebra balığı (*Danio rerio*)'dır (Chatterjee ve Gerlai, 2009).

Zebra balığı (*Danio rerio*), Güney Asya'ya özgü küçük bir tatlı su balığı olup başarılı bir şekilde çeşitli farmakolojik ve toksikolojik modelleme çalışmalarında kullanılmış ve kullanılmaktadır (de Souza vd., 2018). Zebra balığı, aynı zamanda geleneksel ve gelişimsel nörotoksisitenin *in vitro* hücresel testleri

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, unalispir@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-2077-0219.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, meyonar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9519-4247.

arasındaki boşluğunu dolduran ara bir modeldir. Bu *in vitro* testler, metabolik aktivasyon gibi önemli biyolojik süreçleri ve beyin gelişimi için gerekli olan hormonal ve büyüme faktörlerini kapsamayabilir (d'Amora ve Giordani, 2018). Beyin bölgeleri döllenmeden sonra 24 saat içerisinde hızlı bir şekilde oluşur. Nöronlar en erken döllenmeden 2-3 gün sonrasında tanımlanabilir (Guo, 2009). Tüm bunlar kısa bir süre içinde çok sayıda sonuç elde etmeye olanak tanır. Ayrıca zebra balıklarında beyin organizasyonu memelilerle benzerdir ve nörogelişimsel benzerliklere sahiptir (Guo, 2009) (Şekil 1). Bu nedenle, zebra balıklarının larvaları, gelişimsel nörotoksisite araştırmaları için bilimsel açıdan iyi bir alternatif modeldir ve genel olarak nörobilim araştırmaları için uygundur (Kalueff vd., 2013; Stewart vd., 2015).

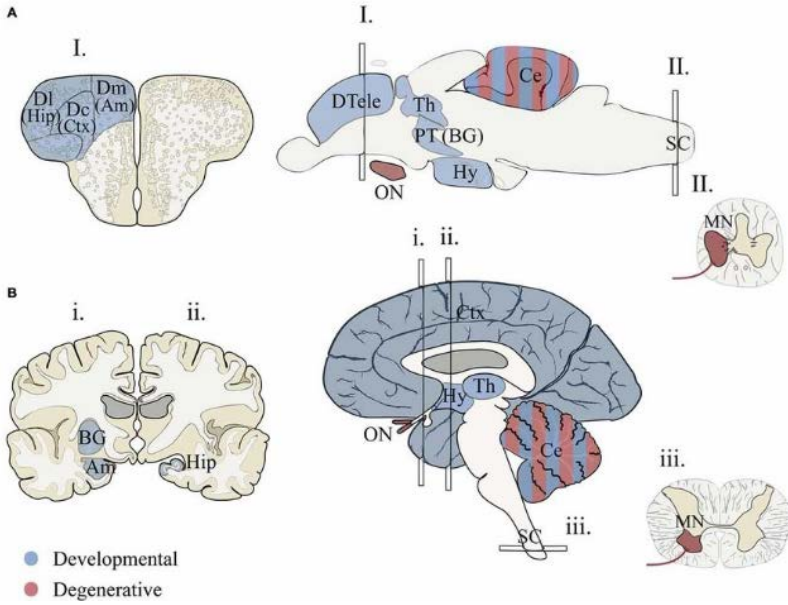
Akut ve kronik olarak alkole maruz kalmış zebra balıklarında davranış bozuklukları gözlemlenmiştir (Clayman vd., 2017; Gerlai vd., 2000; Lockwood vd., 2004). Uygulanan alkol dozuna bağlı olarak davranış bozukluğuna neden olduğunu, birçok durumda düşük ila orta dozlarının çeşitli davranışları artırdığını ve genellikle yüksek dozlarının bunları bastırdığını yansıtan bir durumun söz konusu olduğu görülmektedir.

## **2. LOKOMOTOR DAVRANIŞ**

Zebra balıkları, nöro-davranış araştırmalarında yaygın olarak kullanılan bir model organizmadır çünkü bu model birkaç benzersiz avantaj sağlamaktadır. Örneğin, zebra balıkları yüksek üreme yeteneğine sahiptir ve çiftleştğinde yüzlerce embriyo üretebilir. Bu embriyolar aynı zamanda küçük ve üç ila dört günde serbestçe yüzme yeteneğine sahip olup larvaları hızlı bir şekilde gelişir. Bu da farklı deneysel koşullar altındaki lokomotor davranışlarının eş zamanlı olarak izlenmesini kolaylaştırır. Bu yaklaşım, gerçekten de nörobiyoloji (Sakai vd., 2018),

farmakoloji (Patton vd., 2021) ve toksikoloji (Polaka vd., 2022) gibi alanlarda yeni bilgiler sağlamıştır.

**Şekil 1. İnsan Nörogelişimsel Bozuklukları ve Nörodejeneratif Hastalıklarla İlişkili Beyin Bölgeleri İçin Zebra Balığı ve İnsanlar Arasındaki Yapısal Benzerlik**



(A) yetişkin zebra balığı bölümleri I. telensefalon, beyin II. omurilik. (B) yetişkin insanın beyin bölümleri. I. telensefalon (ön ön beyin), ii. beyin ve iii. omurilik. Am, amigdala; BG, bazal ganglionlar; Ce, beyincik; Ctx, korteks; Dc, dorsal merkezi beyin zarı; Dl, dorsal lateral beyin zarı; Dm, dorsal medial beyin zarı; DTele, dorsal telensefalon; Kalça, hipokampus; Hy, hipotalamus; MN, motor nöron; PT, arka tüberküloz; Th, talamus; ON, optik sinir

**Kaynak:** (Kozol vd., 2016).

Zebra balıklarının bağımlılık yapan ilaçlara akut ve kronik maruziyeti, bir dizi farklı davranışsal bozukluk oluşturabilir. Bunlar arasında lokomotor aktivite açısından yüzme hızı, yeni tank testi, yüzmede bozukluklar (zigzaglar, dönüş açısı vs.), donma, saldırganlık, grup tercihi, av öncesi tepki, sürüleşme davranışı, pigment tepkisi ve ışık/karanlık tercihi bulunmaktadır (Kalueff vd, 2013). Belirli bir zaman aralığında kat edilen mesafe

gibi lokomotor aktivitedeki değişimler, zebra balığı çalışmalarında ve bağımlılık yapan maddelerin kemirgenler üzerindeki yaygın etkilerini belirlemek için geniş bir şekilde kullanılmıştır (Brennan, 2011). Zebra balığının test tankındaki konumu, kimyasallara duyarlılığı test etmek için bir değişken olarak kabul edilmiş ve sıklıkla anksiyete çalışmaları ile birlikte kullanılmıştır (Levin vd., 2007; Stewart vd., 2015; Bencan ve Levin, 2008).

Lokomotor davranışlar zebra balığının yaşam süresi boyunca beslenme, sosyal ve savunma aktivitelerinde önemli bir rol oynar. Larval zebra balığının lokomotor repertuarının kinematığı ve genetik yapısı evrimsel biyologlar tarafından iyi bir şekilde karakterize edilmiştir (Brustein vd., 2003; Drapeau vd., 2002). Granato vd. (1996), lokomotor aktivitenin embriyogenez boyunca normal gelişimini tanımlamışlardır. Döllenen 18 saat sonrasında, embriyo içinde spontan kas kasılmaları başlar ve 24 saat sonra mekanik uyarı, embriyonun seğirmesine neden olacaktır. 48 saat sonrasında embriyo, kuyruğun ucu dokunulduğunda bir kuyruk sıçraması tepkisi gerçekleştirebilir ve başına dokunulduğunda hızlı bir kaçış tepkisi gösterebilir. Diğer çalışmalar, zebra balığı larvalarındaki rutin dönüşler (Budick ve O'Malley, 2000), J-dönüşleri (McElligott and O'Malley, 2005), O-manevraları (Burgess ve Granato, 2007), yavaş kayışlar (Budick ve O'Malley, 2000), patlama yüzüşleri (Budick ve O'Malley, 2000; Gahtan vd., 2005) ve yakalama yüzüşleri (Borla vd., 2002) gibi belirgin motor öğelerinin küçük bir setten oluştuğunu göstermiştir.

Zebra balığının larvaları küçük boyutları, dış gelişimleri, optik şeffaflıkları ve büyük sayılarda erişim sağlamaları gibi belirgin özellikleri nedeniyle gelişimsel genetik çalışmalar için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Lockwood vd. (2004), alkolün akut uygulamasına larval zebra balıklarının verdiği tepkiyi incelemiştir. Larval balıkların, alkollün dozuna bağlı

olarak yetişkinler gibi lokomotor tepki sergilediğini göstermişlerdir. Orta düzey dozların hiperaktiviteye neden olduğu, yüksek dozunun nörodepresif bir etkiyle birlikte hipoaktivite ve sedasyona yol açtığını tespit etmişlerdir. Clayman vd., (2017), yetişkin zebra balıklarının 0.00%, 1.00%, 1.25%, 1.50%, 1.60% 1.75% olacak şekilde alkole maruz bırakmış ve etanolün neden olduğu değişikliği incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlar, erkek ve dişi zebra balıklarının, anksiyeteye bağlı olarak etanolün neden olduğu davranışsal korelasyonları incelemek için önemli bir model olduğunu ortaya koymuştur. Agues-Barbosa vd. (2023), zebra balıklarının embriyonik gelişimleri boyunca alkole maruz bırakmış ve davranış bozukluklarını incelemiştir. 24 saatten sonraki döllenmiş yumurtaları 2 saat boyunca %0, %0.5 veya %1 alkol ile muamele etmiş ve 6, 45 ve 90. günde lokomotor ve anksiyete benzeri davranışları araştırmışlardır. 6. günde, %1 alkol uygulanan grupta hiperaktivite gözlenirken, %0,5 ve %1 alkol uygulanan balıklarda hipolokomasyon tespit edilmiştir. 45. günde lokomasyon devam etmiştir. Yetişkin aşamasında (90. günde) artmış bir lokomotor aktivite ve anksiyojenik tepkiler görülmüştür. Alkol bir psikoaktif maddedir. Alkolün biyolojik mekanizmalar üzerine etkileri geniş bir şekilde araştırılmış olmasına rağmen, nikotin gibi maddelerle birlikte verilen tepkiler üzerine çok az çalışma yapılmıştır. Araujo-Silva vd. (2023), alkol ve nikotine akut maruziyet sonrasında anksiyete benzeri ve lokomotor davranışlar gözlemlenmiştir.

### **3. ALKOL VE SALDIRGANLIK**

Aynı türün üyeleri arasındaki saldırganlığın alkol tüketimi ile arttığı gerçeği defalarca gösterilmiştir. Alkolün tehlikeli uyarılardan kaçınma yeteneğini azaltarak özellikle anksiyete ile ilgili davranışları inhibe etmesi nedeniyle saldırgan davranışları

tetiklediğini göstermektedir. Bu durum, canlıyı dış saldırılara karşı daha açık hale getirir. Yüksek dozlardaki alkol uygulamasının, laboratuvar hayvanlarında agresif davranışları azaltma eğilimi de gösterilmiştir, bu da alkolün sakinleştirici ve kas aktivitesi üzerinde inhibe edici bir etkisini yansıtmaktadır (Yudko vd., 1997).

Alkolün saldırganlık üzerindeki etkisi, aralarında inhibitör nörotransmitter gamma-aminobütirik asit (GABA)' in de bulunduğu çeşitli nöromodülatörler tarafından etkilenmektedir. GABA reseptör fonksiyonundaki değişikliklerin, alkolün davranışsal etkisinde rol oynayabileceğini gösterilmiştir (Takahashi vd., 2010). Diğer hayvansal modellerde, düşük alkol konsantrasyonlarının davranışta bir kontrolsüzlük ve saldırganlık eğilimine neden olduğu ve bunun kısmen alkolün GABAerjik etkisinden kaynaklandığı açıklanmıştır. Bunun aksine, yüksek konsantrasyonlarda etanol genel bir depresandır. Zebra balığı üzerinde, düşük ve orta dozlarda alkol (0.25-0.5%) bir uyarılma durumuna ve yüksek agresyon seviyelerine neden olur. %1 alkol konsantrasyonları motor bozukluklara yol açar ve daha yüksek dozlar uyusukluğa neden olabilir (Gerlai vd., 2000). Etanolün sedatif özellikleri inhibe edici bir nörotransmitter olan GABAerjik sistemine olan etkilerine bağlanmaktadır (Wu vd., 2014). GABA, enzim glutamik asit dekarboksilaz (GAD) tarafından glutamattan sentezlenir. Etanol, GABA tipi reseptörlerde bir agonisttir (Paul, 2006) ve etanol maruziyeti, kendi başına farklı GABAA alt birimlerinin ekspresyonunu etkiler (Paiva vd., 2020). Örneğin, %1'lik etanol, akut (4 gün) ve kronik (16 gün) maruziyetin ardından yetişkin zebra balıklarında GABAA $\alpha$ 1 reseptör geni gabra2A'nın ekspresyonunu düşürmüştür. Bununla birlikte, GABAB reseptörü geni gabbra'nın ekspresyonu 8 gün maruziyetin ardından azalmış ancak 4 gün sonra arttığı tespit edilmiştir (Paiva vd., 2020). Etanolün GABAA alt birimi ekspresyonundaki farklar, farklı

stresle başa çıkma stratejilerine sahip zebra balığı davranış gruplarına da yansımaktadır. GABAA alt birimlerinin gabra1 ve gabrg2 ekspresyonu, 0.75% etanola 14 günlük kronik maruziyete yanıt olarak, hem proaktif (riskli davranışlarda artış) hem de reaktif zebra balıklarında artmaktadır.

Alkolün saldırganlığı tetikleme mekanizmalarından bir diğeri ise serotonin hormonudur. Serotonin (5-HT veya 5-hidroksitriptamin), amino asit L-triptofanından sentezlenir. Serotonerjik hücre gövdeleri, beyin sapının raphe çekirdeklerinde bulunur. Ancak, 5-HT içeren aksonal süreçler retina, koku ampulleri, hipotalamus, hipokampus ve striatum dâhil olmak üzere beyin boyunca bulunur (Frazer ve Hensler, 1994). Zebra balıklarında, pretectal kompleks, paraventriküler kompleks/posterior tuberculum/hipotalamus ve beyin sapı ve arka beyin bölgelerinde yer alan çok sayıda serotonerjik çekirdek bulunmaktadır (Herculano vd., 2014). Zebra balığı üzerinde yapılan çalışmalar, alkol tüketimi ile serotonin sinyali arasında, dopamin için gözlemlenen eğilimlere paralel bir etkileşimi göstermektedir. Akut maruziyet sonrasında yetişkin balıklarda artmış 5-HT ve metaboliti 5-HIAA düzeyleri rapor edilmiştir (Chatterjee ve Gerlai, 2009). Bu veriler, sıçanlarda (Langen vd., 2002) ve insanlarda (Lovinger, 1997) benzer çalışmalarla uyumludur. Genel olarak, etanol maruziyeti 5-HT düzeylerini tutarlı bir şekilde artırır (Gerlai vd., 2009). Zebra balığı modelinde, 5-HT<sub>1B</sub> agonisti uygulamasının alkol tarafından indüklenen anksiyolitik benzeri yanıtı taklit ettiği ve bu etkinin triptofan hidroksilazın inhibitörü veya 5-HT<sub>1B</sub> reseptörü antagonistinin varlığında ortadan kalktığı gösterilmiştir (Müller vd., 2020).

Alkole artan saldırganlık, dopamin nörotransmitter sistemindeki değişikliklerle de ilişkilendirilmiştir. Alkolün frontal korteks (Doherty vd., 2016) ve amigdala (Yoshimoto vd., 2000) dahil olmak üzere beyinin çeşitli bölgelerinde

dopaminerjik devreleri aktive ettiği ve bu etkinin saldırgan davranış üzerindeki etkisinde bir rol oynadığı düşünülmektedir. Etanolün beyindeki dopaminerjik yollar üzerindeki genel etkileri, yaşa, maruz kalma süresine, etanol öncesi işleme ve/veya incelenen beyin bölgesine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir (Ma ve Zhu, 2014). Zebra balıklarında (Chatterjee vd., 2014; Gerlai vd., 2009) soya bağlı farklılıklar, etanol duyarlılığının genetik bir bileşen olduğunun öne sürülmesine neden olmaktadır.

#### **4. ALKOL VE SOSYAL DAVRANIŞ**

Sürü davranışı, zebra balığında sosyal davranışın nörobiyolojisini incelemek için bir araç olarak kullanılmıştır (Soares vd., 2018). Alkol maruziyeti; bilişsel fonksiyonlar, bellek ve dikkat, yürütme fonksiyonu, duygu düzenleme ve sosyal iletişim dâhil birçok nörogelişimsel alanda bozulmalara neden olabilir. Sosyal davranış, alkole maruz kalmış zebra balığı embriyolarında etkilenen ve ardından yetişkin olarak test edilen sürüleşme davranışını değerlendirerek zebra balığında incelenebilir. Yetişkin zebra balıklarının doğal olarak sürü oluşturma eğilimi vardır. Sürüleşme, avlanma stratejilerinde, predatörlük karşıtı davranışlarda ve eşleşme süreçlerinde yer alan son derece karmaşık bir davranıştır (Fernandes vd., 2015). Sürü davranışı, zebra balığında sosyal davranışın nörobiyolojisini incelemek için bir araç olarak kullanılmıştır (Soares vd., 2018). Çeşitli insan beyin hastalıkları, bozulmuş grup davranışı ile ilişkilidir ve kronik alkol zehirlenmesi, sosyal davranış bileşenlerini etkileyebilir (Kalueff vd., 2015).

Bu grup oluşturma davranışının dinamikleri son derece karmaşıktır ve günümüz de bile hala tartışılmaktadır. Sürü oluşturma konusunda birçok çevresel faktör rol oynar, bunlar arasında bitki örtüsü, su akış hızı, sıcaklık, balığın yaşı, coğrafi konum, mevcut sürü büyüklüğü, predasyon, erken yaşam

deneyimi ve yiyecek bulunabilirliği gibi faktörler bulunmaktadır (Arganda vd, 2012; Suriyampola vd., 2016).

Sürüleşme, birkaç adaptif avantaj sağlayarak predatörlerden kaçınmayı kolaylaştırır. Bir arada büyük bir grup olmak, bireyselle kıyasla grubun daha uyanık olabilmesini sağlar ve predatörlerin varlığı daha etkili bir şekilde tespit edilebilir. Yiyecekleri daha iyi algılayabilir ve grup içindeki balıklar saldırı durumunda daha kolay kaçabilir, bu da "seyrelme etkisi" olarak adlandırılır (Pitcher ve Parrish, 1993). Grup halinde yüzme, aynı zamanda bir hidrodinamik avantajı temsil eder, bu sayede arka tarafta yüzen bireyler, azalmış su direnci nedeniyle daha az enerji kullanır (Suriyampola vd., 2016).

Birçok memelide beyin, sosyal davranışın çeşitli yönlerine arabuluculuk etmektedir ve bu beyin bölgeleri, zebra balığı beyinde haritalandırılmış olup büyük oranda benzerlik tespit edilmiştir (Şekil 1). Örneğin, memelilerdeki amigdala, hipokampus, nucleus accumbens ve ventral tegmental alan (sosyal ödül), sırasıyla zebra balığının ventral telensefalonu, lateral dorsal telensefalonu, dorsal-ventral telensefalonu ve posterior tuberculuma benzerdir (Geng ve Peterson, 2019). Dopamin ve serotonin salınımının, zebra balığının sosyal davranışının şekillenmesinde önemli roller oynadığı gösterilmiştir (Fernandes vd., 2015). Bu sistemlerin farmakolojik olarak bozulması, reseptör antagonistleri aracılığıyla sosyal davranışın anormal ifadesine yol açar (Scerbina vd., 2012). Ayrıca, embriyonik alkol maruziyetinin, zebra balığında bu nörotransmitter sistemlerinin tıpkı memelilerde olduğu gibi işleyişini değiştirdiğine dair bilgiler mevcuttur (Fernandes vd., 2015).

## **5. ALKOLÜN KAYGI VE KORKU ÜZERİNE ETKİSİ**

Kaygı, kötü bir şeyin olmasını beklediğimizde hissettiğimiz duygu bozuklukları olarak adlandırılmaktadır. Korku ve kaygının farklı şeyler olduğu savunulsa da, her ikisi de bu negatif bir hisle ilgilidir. Kaygı, kötü bir şeyin olmasını beklediğimizde ortaya çıkan durumdur; korku ise gerçekte kötü bir şey yaşandığında ortaya çıkan durumdur. Kaygı bozuklukları, bugün dünyadaki önemli sağlık sorunlarından biridir ve mevcut olan tedaviler pek etkili değildir.

Günlük hayatımızda korkuyu sıkça hissederiz. Yırtıcı ve zehirli hayvanlardan, yüksek yerlerden ve kötü insanlardan korkarız. Korku, insanlar ve diğer hayvanlarda gözlemlenen bir duygudur ve bir hayvan, kendisine zarar verebilecek bir şey algıladığında geçici de olsa hızlıca bir dikkat kesilme durumuna geçer. Bir hayvanın korku hissine karşı tepkisi, tehlikeli bir durumdayken onu korumaya yardımcı olmaktadır. Korku, beyinin belirli bölgeleri tarafından üretilir; örneğin amigdala, singulat korteks bölgesi olarak adlandırılan beyin kısımlarında, duyu organlarıyla birlikte (görme, işitme, koku, dokunma ve tat) tehlikeye yanıt üretir (Hall ve Suboskii 1995; Gerlai vd., 2009). Duyu organlarımız, bize potansiyel olarak tehlikeli bir şeyin varlığı konusunda uyarıda bulunmaktadır.

Alkolün sosyal davranış ve öğrenme üzerindeki etkisi açık bir şekilde görünse de, kaygı üzerindeki etkisi konusunda birçok farklı bilgiler bulunmaktadır. Zebra balıklarında korku ve kaygıyı incelemek için kullanılan modeller Tablo 1'de verilmiştir. Gelişimsel nörotoksositeyi ölçmenin bir yolu davranış üzerinden yapılmaktadır. Davranış, içsel ve dışsal çevresel ipuçlarına verilen bir tepkidir ve hem merkezi hem de periferik sinir sistemleri tarafından kontrol edilir. Bu nedenle, sinir sistemi gelişimindeki bozukluklar, davranışı değiştirecek ve nihayetinde

bir organizmanın sağlığını ve hayatta kalma şansını etkileyecektir. Davranışın geleneksel ölçümleri, motor, duyu ve bilişsel son noktaları içerir. Bu son noktalar, biyolojik organizasyonun birkaç seviyesinde entegre edilir ve bir bozulma olduğunu göstermesine rağmen, genellikle bu tepkilerin altında yatan mekanizmaları belirlemek için yeterince spesifik değildirler. Örneğin, davranıştaki değişiklikler, sinir iletimini inhibe eden veya nöronlarda fonksiyonel değişikliklere neden olan faktörlerden kaynaklanabilir. Buna rağmen, davranış, çevresel bir kimyasal maruziyetin sonuçlarını değerlendirmek için optimal birinci seviye testi olarak kalır (Hill vd., 2021).

**Tablo 1. Zebra Balıklarında Korku ve Kaygıyı İncelemek İçin Kullanılan Modeller**

Model	Kaynak	Önem
Koşullu davranış Koşullu alarm reaksiyonu	Hall ve Suboskii (1995)	Kaçınma: Dipte yaşama Etkinlik: Toplam yol uzunluğu Uyarılma: ? Diğer: Ani yüzme, tigmotaksis, donma, düzensiz yüzme
Mekik kutusundan kaçınma	Xu vd., (2007)	Kaçınma: Kaçınma yanıtlarının yüzdesi Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Ani yüzme, tigmotaksis, donma, sinyalden sonra düzensiz yüzme
Engelleyici kaçınma	Blank vd., (2009)	Kaçınma: Koşullu olarak caydırıcı ortama girme gecikmesi Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Başka test içi önlem yok
Hızlı başlama alışkanlığı	Best vd., (2008)	Kaçınma: Ortaya çıkan hızlı başlangıç yanıtlarının sayısı Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Başka test içi önlem yok
Koşulsuz davranış Yırtıcı hayvanlara/yırtıcı incelemesine yanıt	Dugatkin vd., (2005)	Kaçınma: Yırtıcıdan uzaklık Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Ani yüzme, tigmotaksis, donma, düzensiz yüzme, dipte yaşama

Hızlı başlangıç hazırlığı	Eaton vd., (1977)	Kaçınma: Ortaya çıkan hızlı başlangıç yanıtlarının sayısı Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Başka test içi önlem yok
Açık alan	Gerlai vd., (2000)	Kaçınma: Orta sahada geçirilen süre; tigmotaksis Etkinlik: Kat edilen toplam mesafe Uyarılma: ? Diğer: Ani yüzme, tigmotaksis, donma, düzensiz yüzme, dipte yaşama
Yeni nesne denetimi	Wright vd., (2006)	Kaçınma: Nesnenin yakınında geçirilen süre; nesneden uzaklık Etkinlik: Test içi ölçüm yok Uyarılma: ? Diğer: Başka önlem yok
Yeni tank testi	Gerlai vd., (2009)	Kaçınma: Tankın dibinde geçirilen süre; üst yarıya geçişlerin sayısı ve gecikmesi Etkinlik: Toplam yol uzunluğu Uyarılma: ? Diğer: Ani yüzme, tigmotaksis, donma, düzensiz yüzme
Sığınma	Miller ve Gerlai, (2007)	Kaçınma: Sürü arkadaşları arasındaki ortalama mesafe Etkinlik: Toplam yol uzunluğu (odak balığı) Uyarılma: ? Diğer: Başka önlem bildirilmedi

**Kaynak:** (Maximino vd., 2010)

Yeni tank testi, zebra balıklarında kaygı araştırmaları için önemli bir testidir (Stewart vd., 2014). Bilinmeyen bir ortama bırakılan zebra balıkları başlangıçta tankın dibine dalma eğilimindedir, ancak bu tepki, balıkların daha rahat hissetmeye başlaması ve keşfe çıkmasıyla muhtemelen azalmaktadır (Levin vd., 2007). Parker vd., (2014), 7 gün boyunca % 0.12 etanola maruz kalan zebra balıklarının, tedavi edilmemiş kontrol gruplarına kıyasla tankın dibinde önemli ölçüde daha fazla zaman harcadığını bildirmiştir. Bununla birlikte, 24 ila 27 saat arasında 3% etanola maruz kalan yetişkin balıkların, kontrol gruplarına kıyasla su tabanına oranla daha yukarıda tespit eden çalışmalar da

bulunmaktadır. Bunun kaygının bir sonucu olduğu ileri sürülmektedir.

## 6. SONUÇ

Bu derleme, zebra balıklarında alkolün korku ile ilişkili davranışları nasıl etkilediğini anlamak için yapılan çalışmaların genel bir özetini sunmaktadır. Ancak, bu alandaki araştırmalardan elde edilen bulguların konsolidasyonu ve moleküler düzeydeki mekanizmaların daha ayrıntılı anlaşılması için daha fazla çalışma gereklidir. Gelecekteki araştırmaların, alkolün zebra balıklarında davranışlara etkilerini daha kapsamlı bir şekilde ele alması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Agues-Barbosa, T., de Souza, A.M., Gomes-de-Lima, J.N., & Luchiari, A.C., (2023), Long-term behavioral alterations following embryonic alcohol exposure in three zebrafish populations, *NeuroToxicology*, 96, 174-183.
- Araujo-Silva, H., de Souza, A.M., Mamede, J.P.M., de Medeiros, S.R.B., Luchiari, A.C., (2023), Individual differences in response to alcohol and nicotine in zebrafish: Gene expression and behavior, *Development, Growth & Differentiation*, 65 (8), 434-445.
- Arganda, S., Perez-Escudero, A., de Polavieja, G.G., (2012), A common rule for decision making in animal collectives across species, *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 109, 20508–20513.
- Bencan, Z., Levin, E.D., (2008), The role of alpha7 and alpha4beta2 nicotinic receptors in the nicotine-induced anxiolytic effect in zebrafish, *Physiol Behav.*, 95, 408–412.

- Best, J.D., Berghmans, S., Hunt, J.J.F.G., Clarke, S.C., Fleming, A., Goldsmith, P., Roach, A.G., (2008), Non-associative learning in larval zebrafish, *Neuropsychopharmacology*, 33, 1206–1215
- Blank, M., Guerim, L.D., Cordeiro, R.F., Vianna, M.R.M., (2009), A one-trial inhibitory avoidance task to zebrafish: rapid acquisition of an NMDA-dependent long-term memory, *Neurobiol Learn Mem.*, 92, 529–34.
- Borla, M.A., Palecek, B., Budick, S., O'Malley, D.M., (2002), Prey capture by larval zebrafish: Evidence for fine axial motor control, *Brain Behav Evol.*, 60, 207–229.
- Brennan, C.H., (2011), Zebrafish behavioural assays of translational relevance for the study of psychiatric disease, *Rev Neurosci.*, 22, 37–48.
- Brustein, E., Saint-Amant, L., Buss, R.R., Chong, M., McDearmid, J.R., Drapeau, P., (2003), Steps during the development of the zebrafish locomotor network, *J. Physiol.*, 97, 77–86.
- Budick, S.A., O'Malley, D.M., (2000), Locomotor repertoire of the larval zebrafish: swimming, turning and preycapture, *J. Exp. Biol.*, 203, 2565–2579.
- Burgess, H.A., Granato, M., (2007), Modulation of locomotor activity in larval zebrafish during light adaptation, *J. Exp. Biol.*, 210, 2526–39.
- Chatterjee, D., Gerlai, R., (2014), High precision liquid chromatography analysis of dopaminergic and serotonergic responses to acute alcohol exposure in zebrafish, *Behav. Brain Res.*, 200 (1), 208213.
- Chatterjee, D., Shams, S., Gerlai, R., (2014), Chronic and acute alcohol administration induced neurochemical changes in

the brain: comparison of distinct zebrafish populations. *Amino Acids*, 46 (4), 921-930.

Clayman, C.L., Malloy, E.J., Kearns, D.N., Connaughton, V.P., (2017), Differential behavioral effects of ethanol pre-exposure in male and female zebrafish (*Danio rerio*), *Behavioural Brain Research*, 335, 174-184.

d'Amora, M., Giordani, S., (2018), The utility of zebrafish as a model for screening developmental neurotoxicity, *Frontiers in neuroscience*, 12, 976.

de Souza Anselmo, C., Sardela, V.F., de Sousa, V.P., Pereira, H.M.G., (2018), Zebrafish (*Danio rerio*): A valuable tool for predicting the metabolism of xenobiotics in humans?, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 212, 34-46.

Doherty, J.M., Schier, C.J., Vena, A.A., Dilly, G.A., Gonzales, R.A., (2016), Medial Prefrontal Cortical Dopamine Responses During Operant Self-Administration of Sweetened Ethanol, *Alcohol. Clin. Exp. Res.*, 40, 1662–1670.

Drapeau, P., Saint-Amant, L., Buss, R.R., Chong, M., McDearmid, J.R., Brustein, E., (2002), Development of the locomotor network in zebrafish, *Prog Neurobiol.*, 68, 85–111.

Dugatkin, L.A., McCall, M.A., Gregg, R.G., Cavanaugh, A., Christensen, C., Unseld, M., (2005), Zebrafish (*Danio rerio*) exhibit individual differences in risk-taking behavior during predator inspection, *Ethol Ecol., Evol.*, 17, 77–81.

Eaton, R.C., Bombardieri, R.A., Meyer, D.L., (1977), The Mauthner-initiated startle response in teleost fish, *J. Exp. Biol.*, 66, 65–81.

- Fernandes, Y., Rampersad, M., Gerlai, R., (2015), Embryonic Alcohol Exposure Impairs the Dopaminergic System and Social Behavioral Responses in Adult Zebrafish, *Int. J. Neuropsychopharmacol.*, 1–8.
- Frazer, A., Hensler, J., (1994), *Serotonin*, Basic Neurochemistry, 5th ed; Siegel, G.; Agranoff, B.; Albers, R.; Molinoff, P., Eds., New York, Raven Press.
- Gahtan E, Tanger P, Baier H. Visual prey capture in larval zebrafish is controlled by identified reticulospinal neurons downstream of the tectum. *J Neurosci.* 2005; 25:9294–303.
- Geng, Y., and Peterson, R. (2019). The zebrafish subcortical social brain as a model for studying social behaviour disorders. *Dis. Model. Mech.* 12:dmm039446.
- Gerlai, R., Lahav, M., Guo, S., (2000), Rosenthal A. Drinks like a fish: Zebra fish (*Danio rerio*) as a behavior genetic model to study alcohol effects, *Pharmacol. Biochem. Behav.*, 67, 773–782.
- Gerlai, R., Chatterjee, D., Pereira, T., Sawashima, T., Krishnannair, R., (2009), Acute and chronic alcohol dose: population differences in behavior and neurochemistry of zebrafish. *Genes Brain Behav.*, 8 (6), 586-599.
- Granato, M., van Eeden, F.J., Schach, U., Trowe, T., Brand, M., Furutani-Seiki, M., Haffter, P., Hammerschmidt, M., Heisenberg, C.P., Jiang, Y.J., Kane, D.A., Kelsh, R.N., Mullins, M.C., Odenthal, J., Nusslein-Volhard, C., (1996), Genes controlling and mediating locomotion behavior of the zebrafish embryo and larva, *Development*, 123, 399–413.

- Guo, S. (2009), Using zebrafish to assess the impact of drugs on neural development and function, *Expert opinion on drug discovery*, 4 (7), 715-726.
- Hall, D., Suboski, M.D., (1995), Visual and olfactory stimuli in learned release of alarm reactions by zebra danio fish (*Brachy Danio rerio*), *Neurobiol Learn Mem.*, 63, 229–40.
- Herculano, A.M., Maximino, C., (2014), Serotonergic modulation of zebrafish behavior: towards a paradox, *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 55, 50-66.
- Hill, B.N., Coldsnow, K.D., Hunter, D.L., Hedge, J.M., Korest, D., Jarema, K.A., Padilla, S., (2021), Assessment of Larval Zebrafish Locomotor Activity for Developmental Neurotoxicity Screening. *Experimental Neurotoxicology Methods*. Llorens, J., & Barenys, M. (Eds.), 327-351.
- Kalueff, A.V., Stewart, A.M., Gerlai, R., Court, P., (2015), Zebrafish as an emerging model for studying complex brain disorders, *Trends Pharmacol.*, 35 (2), 63–75.
- Kalueff, A.V., Gebhardt, M, Stewart, A.M., Cachat, J.M., Brimmer, M., Chawla, J.S., Craddock, C., Kyzar, E.J., Roth, A., Landsman, S., Gaikwad, S., Robinson, K., Baatrup, E., Tierney, K., Shamchuk. A., Norton, W., Miller, N., Nicolson, T., Braubach, O., Gilman, C.P., Pittman, J., Rosemberg, D.B., Gerlai, R., Echevarria, D., Lamb, E., Neuhauss, S.C., Weng, W., Bally-Cuif, L., Schneider, H., (2013), Towards a comprehensive catalog of zebrafish behavior 1.0 and beyond, *Zebrafish*, 10, 70–86.
- Kozol, R.A., Abrams, A.J., James, D.M., Buglo, E., Yan, Q., Dallman, J.E., (2016), Function over form: modeling

- groups of inherited neurological conditions in zebrafish, *Frontiers in molecular neuroscience*, 9, 55-62.
- Langen, B., Dietze, S., Fink, H., (2002), Acute effect of ethanol on anxiety and 5-HT in the prefrontal cortex of rats, *Alcohol*, 27 (2), 135-141.
- Levin, E.D., Bencan, Z., Cerutti, D.T., Anxiolytic effects of nicotine in zebrafish, *Physiol Behav.*, 90, 54–58.
- Lockwood, B., Bjerke, S., Kobayashi, K., Guo, S., (2004), Acute effects of alcohol on larval zebrafish: a genetic system for large-scale screening, *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 77 (3), 647-654.
- Lovinger, D.M., (1997), Serotonin's role in alcohol's effects on the brain, *Alcohol Health Res. World*, 21 (2), 114-120.
- Ma, H., Zhu, G., (2014), The dopamine system and alcohol dependence, *Shanghai Jingshen Yixue*, 26 (2), 61-68.
- Maximino, C., de Brito, T.M., da Silva Batista, A.W., Herculano, A.M., Morato, S., Gouveia Jr, A., (2010), Measuring anxiety in zebrafish: a critical review, *Behavioural brain research*, 214 (2), 157-171.
- McElligott, M.B., O'Malley, D.M., (2005), Prey tracking by larval zebrafish: axial kinematics and visual control, *Brain Behav Evol.*, 66, 177–196.
- Miller, N.Y., Gerlai, R., (2007), Quantification of shoaling behavior in zebrafish (*Danio rerio*). *Behav. Brain. Res.*, 184, 157–66.
- Müller, T.E., Ziani, P.R., Fontana, B.D., Duarte, T., Stefanello, F.V., Canzian, J., Santos, A.R.S., Rosemberg, D.B., (2020), Role of the serotonergic system in ethanol-induced aggression and anxiety: A pharmacological

- approach using the zebrafish model, *Eur. Neuropsychopharmacol.*, 32, 66–76.
- Paiva, I.M., Sartori, B.M., Castro, T.F.D., Lunkes, L.C., Virote, B.D.C.R., Murgas, L.D.S., de Souza, R.P., Brunialti-Godard, A.L., (2020), Behavioral plasticity and gene regulation in the brain during an intermittent ethanol exposure in adult zebrafish population, *Pharmacol., Biochem. Behav.*, 92, 172909.
- Parker, M., Annan, L., Kanellopoulos, A., Brock, A., Combe, F., Baiamonte, M., Mui-Tech, M., Brennan, C. H., (2014). The utility of zebrafish to study the mechanisms by which ethanol affects social behaviour and anxiety during early brain development, *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*, 55, 94–100
- Patton, E.E., Zon, L.I., Langenau, D.M. (2021), Zebrafish disease models in drug discovery: from preclinical modelling to clinical trials, *Nature Reviews Drug Discovery*, 20 (8), 611-628.
- Paul, S.M., (2006), Alcohol-sensitive GABA receptors and alcohol antagonists, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 103 (22), 8307-8308.
- Pavis, S., Cunningham-Burley, S., Amos, A., (1997), Alcohol consumption and young people: exploring meaning and social context, *Health Educ. Res.*, 12, 311–322.
- Pitcher, T.J., Parrish, J.K., (1993), Functions of shoaling behaviour in teleosts, in *Behaviour of Teleost Fishes*, ed. T. J. Pitcher, London: Chapman and Hall.
- Polaka, S., Koppiseti, H., Pande, S., Tekade, M., Sharma, M.C., Tekade, R.K., (2022), Zebrafish models for toxicological screening. In *Pharmacokinetics and Toxicokinetic Considerations* (pp. 221-240), Academic Press.

- Sakai, C., Ijaz, S., Hoffman, E.J., (2018), Zebrafish models of neurodevelopmental disorders: past, present, and future, *Frontiers in molecular neuroscience*, 11, 294.
- Scerbina, Y., Chatterjee, D., Gerlai, R., (2012), Dopamine receptor antagonism disrupts social preference in zebrafish: a strain comparison study, *Amino Acids*, 43, 2059–2072.
- Soares, M.C., Gerlai, R., Maximino, C, (2018), The integration of sociality, monoamines and stress neuroendocrinology in fish models: applications in the neurosciences, *Journal of fish biology*, 93 (2), 170-191.
- Stewart, A.M., Braubach, O., Spitsbergen, J., Gerlai, R., Kalueff, A.V., (2014), Zebrafish models for translational neuroscience research: from tank to bedside, *Trends in neurosciences*, 37 (5), 264-278.
- Stewart, A.M., Ullmann, J.F., Norton, W.H., Parker, M.O., Brennan, C.H., Gerlai, R., Kalueff, A.V. (2015), Molecular psychiatry of zebrafish, *Molecular psychiatry*, 20 (1), 2-17.
- Suriyampola, P.S., Shelton, D.S., Shukla, R., Roy, T., Bhat, A., Martins, E. P., (2016), Zebrafish social behavior in the wild, *Zebrafish*, 13, 1–8.
- Takahashi, A. Kwa, C., DeBold, J.F., Miczek, K.A., (2010), GABA(A) receptors in the dorsal raphe nucleus of mice: Escalation of aggression after alcohol consumption, *Psychopharmacology*, 211, 467–477.
- Wright, D., Nakamichi, J., Krause, J., Butlin, R.K., (2006), QTL analysis of behavioral and morphological differentiation between wild and laboratory zebrafish (*Danio rerio*), *Behav. Genet.*, 36:271–84.
- Wu, G., Liu, H., Jin, J., Hong, L., Lan, Y., Chu, C.P., Qiu, D.L., (2014), Ethanol attenuates sensory stimulus-evoked

responses in cerebellar granule cells via activation of GABA(A) receptors in vivo in mice, *Neurosci. Lett.*, 561, 107-111.

Xu, X., Scott-Scheiern, T., Kempker, L., Simons, K., (2007), Active avoidance conditioning in zebrafish (*Danio rerio*), *Neurobiol. Learn Mem.*, 87:72-7.

Yoshimoto, K., Ueda, S., Kato, B., Takeuchi, Y., Kawai, Y., Noritake, K., Yasuhara, M., (2000), Alcohol enhances characteristic releases of dopamine and serotonin in the central nucleus of the amygdala, *Neurochem. Int.*, 37, 369-376.

Yudko, E., Blanchard, D.C., Henrie, J.A., Blanchard, R.J., (1997), Emerging themes in preclinical research on alcohol and aggression, *Recent Dev. Alcohol.*, 13, 123-138.

Zarkin, G.A., Cowell, A.J., Hicks, K.A., Mills, M.J., Belenko, S., Dunlap, L.J., Houser, K.A., Keyes, V., (2012), Benefits and costs of substance abuse treatment programs for state prison inmates: Results from a lifetime simulation model, *Health economics*, 21 (6), 633-652.



# DÖL ALIMINDA KULLANILAN KULUÇKALAMA ÜNİTELERİ VE ARAÇLARI

Mücahit YÜNGÜL<sup>1</sup>

Mustafa DÖRÜCÜ<sup>2</sup>

Sibel DOĞAN<sup>3</sup>

## 1. GİRİŞ

Balık yetiştiriciliğinde yavru üretim tesisleri (kuluçkahaneler); anaç havuzları, yavru büyütme havuzları, sağım ünitesi, kuluçkalama ünitesi ve ön yavru büyütme ünitelerinden oluşmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre modern balık işletmeciliğinin en önemli bölümünü “kuluçkalama üniteleri” teşkil eder. Bu ünitelerdeki en önemli unsurların başında ise döllenen yumurta temini ve bu yumurtaların embriyonik gelişim süreçlerinin başarılı bir şekilde tamamlanması gelmektedir. Balık üretiminde döllenen yumurtalardan embriyonik evrelerin gelişimiyle yumurtadan larva çıkışının tamamlanmasına kadar geçen süreç “kuluçka işlemi” olarak adlandırılır (Akkuş, 2003; Timur ve Çağiltay, 2008; Atay ve Korkmaz, 2011).

Döllenen yumurtaların kuluçka döneminde embriyonik gelişim, birçok faktöre bağlı olarak yoğun bir bakım ve özen gerektirir. Doğal koşullarda yapılan kuluçkalama faaliyetlerinde elde edilen şartlara göre %10 ile %50 arasında bir verim düzeyi beklenir. Bu dönemde amacına uygun olarak kullanılan

---

<sup>1</sup> Su Ürünleri Yüksek Mühendisi, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, mucahityungul@hotmail.com, ORCID: 0000-0003-4226-0225.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, mdorucu@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1330-4965.

<sup>3</sup> Arş. Gör. Dr., Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, sibeldogan023@gmail.com.tr, ORCID: 0000-0003-4569-5435.

kuluçkalama araçları ile optimal düzeyde ısı, ışık, su sirkülasyonu ve su temizliğinin sağlanması durumunda, ayrıca dezenfeksiyon işleminin gerçekleşmesi durumunda kuluçkalama veriminin %50 seviyeler üzerine çıkacağı ve çok ideal şartlarda ise %90 - %95 arasında bir verim sağlanabileceği düşünülmektedir. Buna göre kuluçka ortamındaki su kalitesi ve suyun temizliği çok önemlidir. Özellikle yeterli su sirkülasyonu yanında, suyun çözülmüş oksijen miktarının yeterli, pH ve sertliğinin ise optimal düzeyde olması gerekmektedir. Ayrıca ölü yumurtaların ayıklanması da çok önemlidir. Çünkü ölen yumurtalarda *Saprolegnia sp.* mantarları kısa sürede enfeksiyona neden olur ve sağlıklı yumurtalara bulaşarak onların da ölümüne neden olurlar. Bu nedenle yumurtalar mutlaka parazit ve mantarlardan korunmalıdır (Hoşsucu, 1993; Aydın, 2009; Yılmaz v., 2011).

Suyun fiziksel, kimyasal özelliklerinin amaca ve balık türüne göre düzenlenmesinin yanı sıra yumurtaların kuluçkalanmasında kullanılan kuluçkalama ünitelerinin de dikkatli seçilmesi gerekmektedir. Bütün bu özellikleri istenilen düzeyde sağlayabilmek için de farklı kuluçkalama üniteleri ve bu ünitelerde kullanılan çeşitli şekil ve yapıdaki araçlar geliştirilmiştir (Hoşsucu, 1993; Aydın, 2009; Atay ve Korkmaz, 2011).

Kuluçkalama ünitelerinin kapasitesi; damızlık balık sayısına, üretilecek türlerin sayısına, bu türlerin üreme mevsimine, larva ve yavru besleme ünitelerinin kapasitesine, suyun kalite ve miktarına ve teknik personelin tecrübesine bağlı olarak değişim gösterir. Buna göre balıkları kuluçkalıklara yerleştirmeden önce hangi balık türünün, hangi kuluçkalığa bırakılacağını tespit etmek için balıkların temel özelliklerinin ve morfolojik yapılarının iyi bilinmesi gerekir. Bu nedenle döl alımında kullanılan kuluçkalama üniteleri ile ilgili yapılan bu çalışma, konu ile ilgili Türkçe kaynak eksikliğini gidererek, bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara, balıkçılara ve de işletme

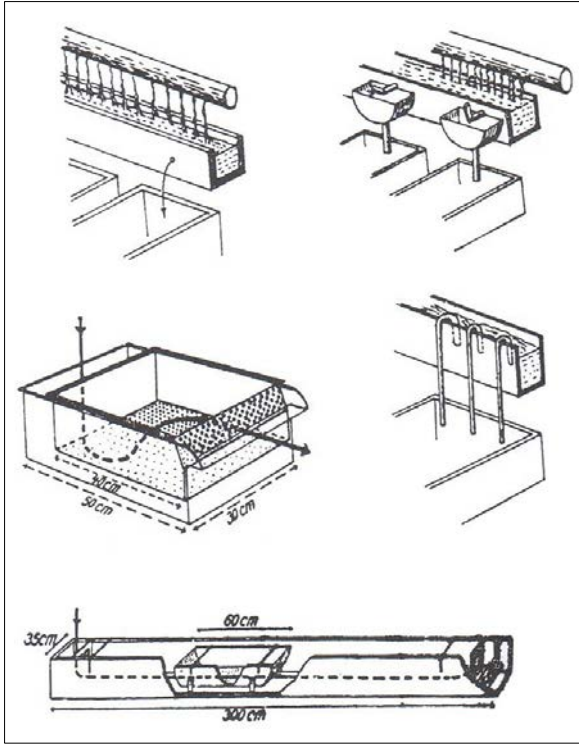
sahiplerine kaynak teşkil edeceği ve rehber olabileceği düşüncesiyle hazırlanmıştır (Timur ve Çağıltay, 2008; Atay ve Korkmaz, 2011; Özgür, 2011).

## 2. KULUÇKALAMA ÜNİTELERİ

### 2.1. Tekne Tipi Kuluçkalıklar

Tekne tipi kuluçkalıklar, en basit kuluçkalama tiplerinden olup, alabalık yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılır. Tekne tipi kuluçkalıklar, genellikle 3–4 metre uzunluğundadır. Bu kuluçkalıkta su tablaya alttan girer ve yumurtaların oksijenini sağladıktan sonra üstten çıkar (Şekil 1) (Hoşsucu, 1993; Çelikkale, 2002a; Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

Şekil 1. Tekne Tipi Kuluçkalıklarda Su Giriş Çıkışı



Kaynak: (Huet, 1986)

Tekne tipi kuluçkalıklar genellikle 35–50 cm genişliğinde, 20–30 cm derinliğinde ve 2,5 metre uzunluğundadır. Kuluçkalıkların içerisine genellikle 30x45x10 cm veya 30x55x10 cm civarında boyutları olan yumurta tablaları yerleştirilir (Hoşsucu, 1993; Çelikkale, 2002a; Atay ve Korkmaz, 2011).

### **2.1.1. Alabalık Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Yumurtalar, yumurtlama olgunluğuna eriştiğinde yumurtlama işlemi durdurulamaz veya geriye döndürülemez. Yumurtlama olgunluğuna erişen balıklar bu nedenle yumurtlatılmalı veya sağılmalıdır. Sağım işleminde cinsel olgunluğa erişmiş dişi balık baş kısmı yukarı, genital açıklık kısmı aşağı gelecek şekilde tutulur. Karnın yukardan aşağı doğru sıvazlanması hareketi ile yumurtalar genital açıklıktan sağım kaplarına boşaltılır. Aynı tutma yöntemi erkek balıklar için de kullanarak sağım işlemi yapılır. Genital açıklıktan çıkan sperm yumurtaların üzerine sağılır. Yumurta ve sperm bir tüy ya da plastik kaşık yardımı ile karıştırılır ve de döllenmek üzere bekletilir. Döllenen yumurtalar temiz su ile yıkanır ve daha sonra kuluçkalanmak üzere kuluçka dolaplarına yerleştirilir (Hoşsucu, 1993; Alpbaz, 2005).

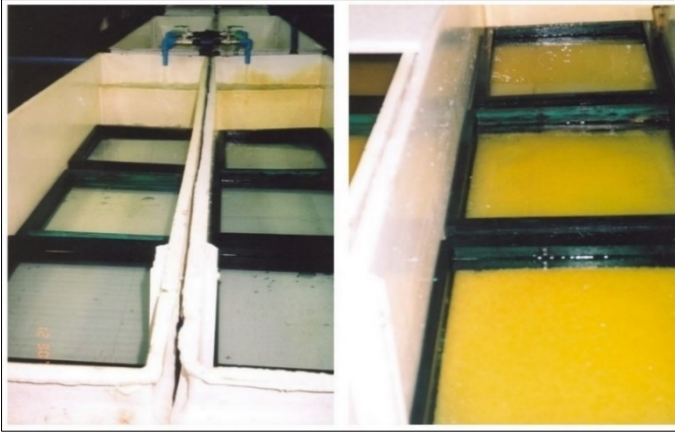
### **Yumurta Tablaları**

Yumurta tablaları; genellikle delikli paslanmaz çelik, alüminyum veya çinkodan ve bazen plastikten yapılmaktadır (Şekil 2). Metal levhadaki delikler 1,5–2,5 mm çapındadır. Bakır veya pirinçten 0,50–0,75 mm'lik tellerden yapılmış gözenekli tablalarda ise teller 1,5 mm aralıklı çekilmiştir (Atay, 2000; Çelikkale, 2002a; Dikel, 2009; Atay ve Korkmaz, 2011; Atay ve Bekcan, 2016).

Tablanın ön kısmı kapalı olduğundan, su tablanın altından girmek zorundadır. Bu giren su, tabladaki yumurtalar arasından yükselir, yumurtaların oksijen ihtiyacını karşılar ve tablanın arka üst kısmındaki süzgeçten çıkar. Bu yumurta tablalarının her bir

cm<sup>2</sup>'sine ihtiyaca göre 4–10 adet arasında yumurta yerleştirilir. Dolayısıyla 1 m<sup>2</sup>'lik tabla yüzeyine 40–100 bin arasında yumurta yerleştirilir. Bu verilen sayılar normal değerler ise de, bu değerler tablaların tek veya daha fazla katlı olma durumlarına, bozuk yumurtaların seçilip seçilmeyeceğine göre büyük farklılık gösterir. Bu nedenle 3–4 metre uzunluğundaki bir kuluçkalıkta 40–100 bin arasında, hatta 150 bine kadar olan yumurtaların kuluçkalanması gerçekleşmektedir (Çelikkale, 2002; Sarıhan ve Tekelioğlu, 2005; Dikel, 2009; Atay ve Korkmaz, 2011).

### **Şekil 2. Yumurta Tablaları ve Yumurtalardan Bir Görüntü**



### **2.2.Kuluçka Dolapları**

Kuluçka dolapları; kuluçkahanelerde yerden tasarruf etmek, daha az su kullanmak, suyun soğutulması ve ısıtılması gerektiğinde alabalık yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılır. Kuluçka dolapları, bir dolap içerisindeki raflar gibi birbiri üzerine yerleştirilmiş pek çok sayıda küçük tepside oluşan dikey su akışlı kuluçkalıklardır. Kuluçka dolapları, “damlalıklı” ve “dikey akışlı dolaplar” olmak üzere 2 tiptir. Genellikle alabalık yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılırlar (Çelikkale, 2002; Dikel, 2009; Atay ve Korkmaz, 2011; Çağıltay, 2011; Korkmaz, 2013; Atay ve Bekcan, 2016).

### 2.2.1. Damlalıklı Kuluçka Dolapları

Damlalıklı kuluçka dolapları, yumurtaları devamlı nemli tutma prensibine göre yapılmışlardır. Genellikle Amerika'nın bazı yerlerinde kullanılan bu kuluçkalığın üst kısmında delikli bir levha bulunur. Bu delikli tablaya gelen az miktarda su, dağıtıcı levhadan damlalar şeklinde alt yumurta tablalarına akmaktadır. 4-5 kat yumurta tablasından sonra su en alt tablaya gelir. Alt taban tablası oluklu olup, suyu toplama görevi yapar (Çelikkale, 2002; Tekelioğlu, 2005; Atay ve Korkmaz, 2011).

### 2.2.2. Dikey Akışlı Kuluçka Dolapları

Dikey akışlı kuluçka dolaplarında, larvalar yemleme dönemi öncesine (Serbest yüzme devresine kadar) kadar dolabın tepsilerinde tutulabilmektedir. Bunlar Avrupa'da yaygın olarak kullanılan "*Veco (İsviçre) tipi*" kuluçka dolapları olarak adlandırılır (Çelikkale, 2002; Tekelioğlu, 2005; Çağıltay, 2011).

**Şekil 3. Kuluçka Dolaplarından ve Dairesel Yumurta Tablalarından Bir Görüntü**



Dikey akışlı kuluçka dolapları, her biri iki kısımdan oluşan ayrı ayrı tabla ve teknelerden ibarettir. Bu dolapların yumurta tablaları tepsi şeklinde dairesel veya karedir (Şekil 3). Her dolapta 10 adet tepsi bulunur. Her tepsi şeklindeki yumurta

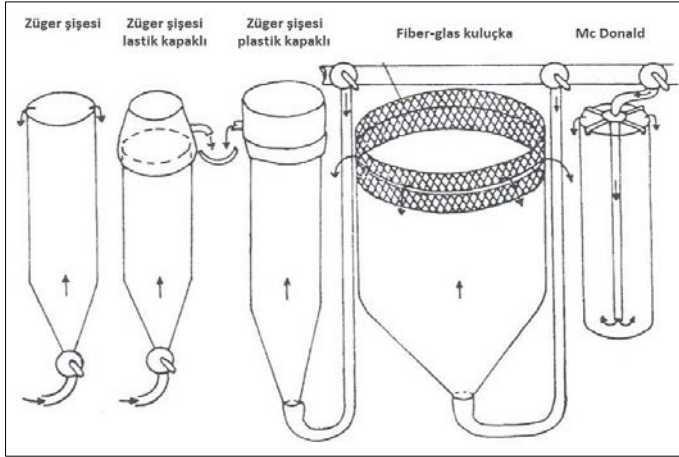
tablasına 10 bin adet alabalık yumurtası konulur (Çelikkale, 2002; Dikel, 2009; Çağıltay, 2011; Atay ve Bekcan, 2016).

Tablalar damlalıklı kuluçka dolaplarındaki gibi üst üste yerleştirilir. Su daima üst tekneden aşağıya doğru akar. Tablaların dış kısmı 62x53x9 cm ve iç kısmı 30x35x5 cm boyutlarındadır. Kuluçka dolapları için 15–45 litre/dakika su debisi yeterlidir (Hoşsucu, 1993; Atay ve Korkmaz, 2011; Atay ve Bekcan, 2016).

### 2.3.Huni Tipi Kuluçkalıklar

Huni tipi kuluçkalıklar, şekil olarak bir huniye benzer. Huni tipi kuluçkalıktan faydalanılarak züger şişeleri oluşturulmuştur. Çalışma prensipleri aynıdır. Daha az yer kaplayan, daha az suya gereksinim duyan ve kurulmaları kolay olan bu araçların kapasiteleri 30 bin – 50 bin adet yumurtadır. Bu tip kuluçkalıklar sazan ve yayın balığı yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılır (Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

#### Şekil 4. Yüzen Yumurtalar İçin Huni Tipi Kuluçkalıklar



**Kaynak:** (Woyarovich ve Horvath, 1984)

Huni tipi kuluçkalıklarda su huninin dar ağzından girer ve üst kısmından taşarak kuluçkalığı terk eder. Kuluçkalığa verilen suyun hızı yumurtaları askıda tutacak şekilde düzenlenir. Ağır yumurtalar için çapı 16–20 cm olan daha konik ve küçük

kapasiteli huni tipi kuluçkalıklar kullanılır. Yüzen ve yarı yüzen yumurtalar için huni tipi kuluçkalığın boğaz kısmı daha geniş olabilir (Şekil 4). Huni tipi kuluçkalıklar, yumurtaların birbirine yapışmalarını önler, daha fazla oksijen vererek yumurtaların normal gelişmelerini sağlar. Yaklaşık 10 litre kapasiteli huni tipi bir kuluçkalık için, yumurta gelişiminin hızlandığı durumlarda 0,2 litre/dakika su akışı yeterli gelmektedir. Eğer yumurtalar açılmalarına yakın bir durumda ise su akışı 0,5 litre/dakikada yeterli gelebilmektedir (Atay ve Korkmaz, 2011; Çağıltay, 2011; Korkmaz, 2013).

#### **2.4.Züger Şişeleri**

Huni tipi kuluçkalıklardan züger şişeleri 25 cm, diğerleri 60 cm aralıklarla dizilmeli ve su bağlantıları buna göre yapılmalıdır. Su kuluçkalıklara 20 ünite için 5 cm çaplı, 20 üniteden fazla olanlar için 7,5 cm çaplı borular ile sağlanmalıdır. Taban kısımları açık olan ve ters yerleştirilen bu şişelerin, huninin alt kesimi gibi daraltılmış boğaz kısmından verilen su girişinin basıncının yumurtalara zarar vermemesi için, ağız kısmına 3 cm yüksekliğinde cam boncuklardan oluşan bir katman yerleştirilir. Camdan yapılan züger şişelerinin kapasiteleri 6-16 litre arasındadır (Hoşsucu, 1993; Tekelioğlu, 2005; Atay ve Korkmaz, 2011).

##### **2.4.1.Sazan Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Sazan yumurtalarının kuluçkalanması sırasında uygulanması gereken işlemler şu şekildedir: Kuluçkalanma sırasında su sıcaklığı 20–22 °C olmalıdır. 1 litrelik züger şişesine 20 bin adet yumurta konur. 20 bin adet şişmiş yumurtanın hacmi 200 ml'dir. Bölünme başlamış olduğundan, güçlü sarsıntılar yumurtaya zarar verir. Yumurtalar suyla doldurulmuş züger şişelerine yerleştirilir. Züger şişeleri uzun bir hortumla donatılmıştır (Şekil 5). Bu hortumun görevi, suyun züger şişelerinin alt kısmından tahliyesini sağlamaktır (Çağıltay, 2011).

**Şekil 5. Züger Şişelerinden Bir Görüntü**

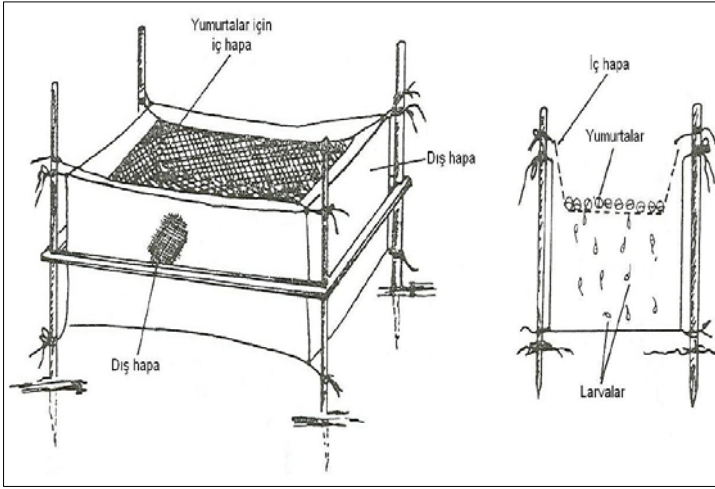


Züger şişelerine ilk 10 saatte orta derecede bir su akışı sağlanır. 10 litrelik bir züger şişesi için 0,8-1 litre/dakikalık su akışı sağlanmalıdır. 10 saatten sonra yumurtanın oksijen içeriği arttığından, su miktarı 1,5-2,5 litre/dakikaya çıkarılır. Yumurtaların züger şişelerinin tabanında serbestçe yüzmeleri gerekir. Yumurtaların açılmasından 4,5 saat önceki embriyonun oksijen ihtiyacı önemli olduğundan, su akışı 2,5-3 litre/dakikaya çıkarılır. Kuluçkalamanın 2. gününde mantar gelişmesini önlemek için yumurtalar malaşit yeşili ile muamele edilirler. Malaşit yeşili çözeltisinin züger şişelerinde 5 dakika durmasına izin verilerek, yavaşça ve suyla uzaklaştırılması sağlanır. Kuluçkalamanın 3. gününde larva çıkışı beklenir. İlk birkaç larvanın yumurtadan çıkmasından sonra, işlemler hızlandırılır. 10 dakika sonra su akışı verilince, yumurtadan çıkış büyük ölçüde başlar. Yumurtadan çıkan larvalar suyla birlikte larva yetiştirme kaplarına aktarılır (Hoşsucu, 1993; Sarıhan ve Tekelioğlu, 2005; Çağıltay, 2011).

## Hapalar

Bu sistem daha çok Güney Doğu Asya ülkelerinde kullanılmaktadır. Hapalar genellikle 2x1x1xm boyutlarında, gözenekli, bezden yapılmış, iç içe geçmiş iki bez elekten oluşan ve stoklama havuzlarına yerleştirilen havuzlardır. Bunlar içerisinde özellikle “*Hindistan Hapası*” olarak adlandırılan tip en çok kullanılmaktadır. Bu tip, bambu sııklarla tutturulmuş 1 metre derinliğinde dikdörtgen prizma şeklinde bir bez havuzdan ibarettir (Şekil 6) (Çelikkale, 2003; Emre, 2004; Dikel, 2009; Atay ve Korkmaz, 2011).

**Şekil 6. Yumurta ve Larvaların Hapalardaki Görünümü**



**Kaynak:** (Woyarovich ve Horvath, 1984)

Bu bez havuzların taban kısmına uygun otlar yerleştirilir. Su sıcaklığı istenilen düzeye (20 °C'nin üzerine çıktığında) ulaştığında özellikle akşamüzeri, damızlık dişi ve erkek sazanlar buraya yerleştirilirler. Genellikle ertesi sabah balıkların çoğunluğu yumurtlamış olur. Ancak yumurtlamayanların da yumurtlamasını garanti etmek için 30-48 saat kadar daha beklenir. Bu süre sonunda otlar üzerine tutunmuş olan yumurtalar otlarla birlikte açılma havuzlarına alınırlar ve burada çıkış sağlanır (Çelikkale, 2002b; Özdemir, 2011).

## **Kakabanlar**

Hapalardan biraz daha farklı olan bir diğer sistem ise Endonezya ve yakın ülkelerde kullanılan kakaban sistemidir. Bunun için çeşitli uzunluktaki bambu sııklar ve çeşitli lifimsi maddeler kullanılır. Bu amaçla kullanılan havuzlar genellikle küçüktür. Yani 20-30 m<sup>2</sup> civarındadır. Bu havuzlar sert tabanlı olmalı, çamur ve mil içermemelidir. Havuz tabanı millenmeye müsait ise kullanılmadan birkaç gün önce kurutulur. Ya da havuz tabanına kum, çakıl döşenir veya havuz tabanı betonlanır. Kakabanların yerleştirilecekleri havuzlarda su bitkileri bulunmamalıdır. Eğer bu bitkiler varsa havuzlardan temizlenmelidir (Çelikkale, 2002b; Özdemir, 2011).

Kakabanlar uzun, 4-5 cm çapında bambu sııklar ve bunların üzerine yerleştirilen çeşitli lifimsi materyalden oluşmaktadır. Yumurta toplayıcı olarak görev yapan bu lifimsi materyaller taze kesilmiş çayır otları ile ot kuyruğu şeklindeki çeşitli lifli bitkilerden oluşabilmektedir. Fakat bu amaç için daha çok Hint selülozu kullanılmaktadır. Kakabanı oluşturmak için 40-70 cm uzunluğundaki selülozik lifler, 1,2-1,5 metre uzunluğunda ve 4-5 cm enindeki bambular arasına sıkıştırılarak iki yüzlü bir tarak gibi şekillendirilir. Bunların 6-7 tanesi bir araya getirilerek birlikte yerleştirilip kaldırılacak bir küme oluşturulur. Bu hazırlanmış olan kakabanlar uzun bambu sııklar üzerine yerleştirilerek havuza bırakılır. Bu bambular kakabanları su içerisinde yüzer durumda tutar. Ancak liflerin ağırlığı ile kakabanlar bir miktar suya batar. Bu şekilde hazırlanmış her kakaban için 5-8 kg'lık dişi anaç hesap edilir. Bu şekilde hazırlanmış kakabanlar su ile doldurulan yumurtlama havuzlarına yerleştirilirler. Yumurtlama işlemi için damızlıklar bu havuza konduktan sonra havuzlara az bir su bağlanır. Kakabanlar kontrol edilir. Yumurtalarla dolan kakabanlar yavru çıkış havuzlarına taşınır ve çıkarılanların yerine yeni bir kakaban yerleştirilir (Çelikkale, 2002b; Özdemir, 2011).

## **Yumurtlama Havuzları**

Havuzlarda sazan yetiştiriciliğinde döl alımında kullanılan en yaygın yöntem, yumurtlama havuzlarında döl alımı şeklindedir. Yumurta elde edilmesi için çeşitli tipte havuzlardan yararlanılır. Hatta büyütme ve besleme havuzları bile bu maksat için kullanılabilir. Fakat modern ve planlı çalışılan sazan işletmelerinde yumurta alımı amacı ile yumurtlama havuzları bulunur. Yumurtlama havuzlarının büyüklüğü; işletmenin büyüklüğüne ve yavru ihtiyacına, damızlık durumuna, işletmenin yönü ve çalışma şekline bağlı olarak değişir (Çelikkale, 2002b; URL 2, 2008; Özdemir, 2011).

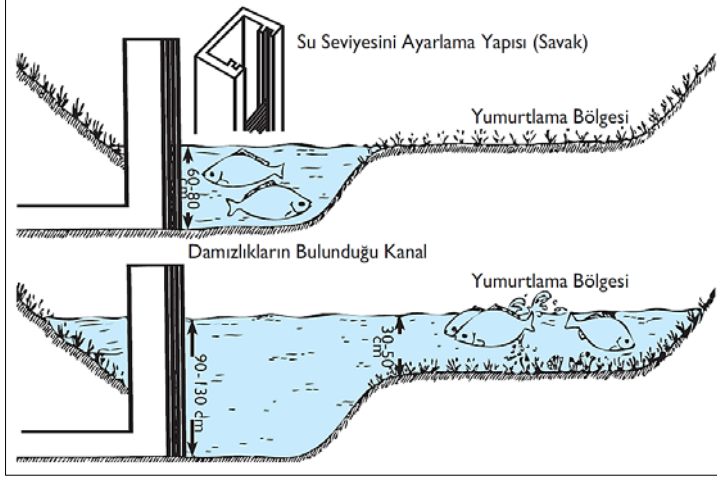
Sazanlarda yumurtlama havuzu olarak en çok “Dubisch tipi yumurtlama havuzları” kullanılır. Bazı bölgelerde ise “Hofer tipi yumurtlama havuzları” da kullanılmaktadır. Bu yumurtlama havuzları sazanların doğadaki üreme koşullarını sağlayacak özellikte yapılırlar. Doğal koşullarda sazanlar; ot yönünden gelişmiş sığ kıyı şeridinde veya su basmış çayırılık kısımlarda, 20 °C'nin üzerindeki su sıcaklığında yumurtlarlar. Bu nedenle yumurtlama havuzları sığ ve otlulu olur. Su sıcaklığı 20 °C'yi bulduğunda ve geceleri de 18 °C'nin altına düşmediği zamanlarda bu havuzlara su doldurularak ve havuz büyüklüğüne bağlı olarak balık sayısı değişmek üzere erkek ve dişi damızlık balıklar yerleştirilir. Genellikle bir gün sonra balıklar yumurtlarlar. Ancak su sıcaklığında meydana gelebilecek olası düşmeler, bu yumurtlama işlemini geciktirebilir (Çelikkale, 2002b; URL 2, 2008; Özdemir, 2011; Bekcan, 2013a).

### *Dubisch Tipi Yumurtlama Havuzları*

Dubisch tipi yumurtlama havuzlarının iç kısmında çok meyilli olan duvarları takip edecek şekilde açılmış, 30-40 cm genişliğinde ve 20-30 cm derinliğinde dört tarafını çevreleyen bir kanal mevcuttur. Bu havuzların orta kısımları tamamen otlarla kaplı olup (Şekil 7) “yumurtlama yatakları” olarak isimlendirilir

(Çelikkale, 2003; Tekelioğlu, 2005; URL 2, 2008; Çağıltay, 2011; Bekcan, 2013a; Korkmaz, 2013; Yardımcı, 2019).

**Şekil 7. Dubish Tipi Toprak Yumurtlama Havuzunun Görünümü**



**Kaynak:** (Woyarovich ve Horvath, 1984)

Dubisch havuzlarının büyüklüğü birkaç yüz m<sup>2</sup> den 100 m<sup>2</sup>'ye kadar olabilir. Ancak çoğunlukla 250 m<sup>2</sup>'yi aşmaması önerilir. Derinlik orta kısımda 30-40 cm ve yan kanallarda ise 60-70 cm olarak önerilir. Bu kanallar, yan duvarların hemen bitiminde değil 25-30 cm içeride olacak şekilde kazılırlar. Bunun faydası yan duvarlardan akan toprağın kanalı doldurmasını önlemesidir. Kanalların yan duvarları çok dik olmamalı, hafif bir eğimle su bitkileriyle kaplı kesime bağlanmalıdır. Böylece yumurta döken balıklar havuzun her yerinde gözlenebilir ve de balıkların yumurta bırakıp bırakmadıkları anlaşılabilir. Yan duvarlar (Şekil 7), taban da olduğu gibi yine otlarla kaplıdır (Çelikkale, 2003; Tekelioğlu, 2005; URL 2, 2008; Çağıltay, 2011; Özdemir, 2011; Yardımcı, 2019).

Yumurtlama havuzlarına yumurtlama sezonunda su doldurulur. Orta ve kenar kısımlarına ise suya dayanıklı çayır otları ekilerek su doldurma zamanına kadar bu otların büyümeleri sağlanır. Otların yüksekliğinin 10 cm civarında olması en iyisidir. Kanallar ise tamamen otsuz olmalıdır. Damızlıklar otlar üzerine

yumurtalarını bırakınca havuzlardan alınır. Bu nedenle yumurtlama işleminden sonra su seviyesi taban seviyesine düşürülür. Damızlıklar zorunlu olarak kanala dolar ve buradan alınırlar. Yumurtalar ise açılana kadar bu havuzda kalır. Larvalar yumurtadan çıkışı takiben bir hafta içerisinde larva havuzlarına alınırlar (Çelikkale, 2003; Emre,2004; Özdemir, 2011).

#### *Hofer Tipi Yumurtlama Havuzları*

Bu havuzlarda duvar yüksekliği, su boşaltım sandığının bulunduğu kesimde 80-100 cm kadardır. Havuz tabanının karşı kıyıya doğru fazla bir eğimi vardır. Eğim su seviyesine kadar çıktığı gibi bazen su seviyesinden 20-30 cm kadar daha aşağıda sona erebilir (Çelikkale, 2002b; URL 2, 2008; Özdemir, 2011).

Su bitkileri ile kaplı olan bu sığ kıyı, yumurta bırakacak balıklar için yatak vazifesi görür. Bu havuzlarda balıklar, kendileri için ideal olan su derinliğinde yumurtalarını bırakma olanağına sahiptirler. Hofer tipi yumurtlama havuzları daha çok soğuk ve sisli bölgelerde tavsiye edilir. Ancak hava durumunda meydana gelebilecek ani bir değişimde, balıkların korunmaları için derince yerler de mevcuttur (Çelikkale, 2002b; Özdemir, 2011).

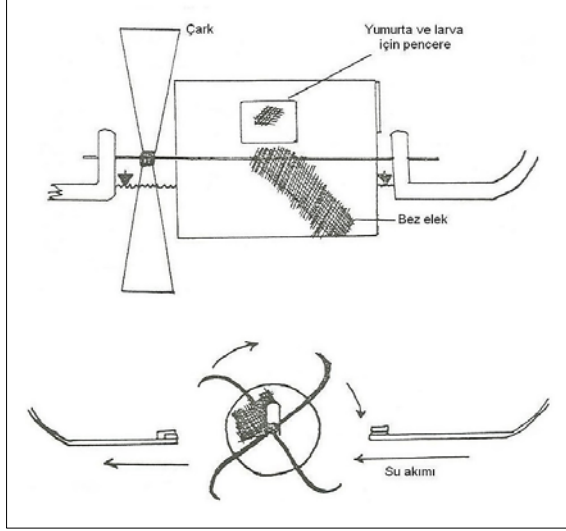
#### **2.5.Varil (Davul) Tipi Kuluçkalıklar**

Varil tipi kuluçkalıkların tabanı ve tavanı metal veya tahtadan, yanları da gözenekli bezden yapılmıştır. Bu kuluçkalıkların yan tarafında ise yumurtaların konacağı ve yavruların alınacağı, açılıp kapanabilen bir pencere bulunur. Merkezinde de bir motor veya su çarkı ile dönmesini sağlayan bir mil bulunur (Şekil 8) (Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

Nehirlere yerleştirilen varil tipi kuluçkalıklar, Mersin balıkları yumurtaları gibi ağır yumurtaların kuluçkalanmasında kullanılırlar. Bu tip kuluçkalıkların yumurta ve yumurtadan çıkan larvaların elden geçirilmesi gibi zorluklarının dışında,

kullanımları pratiktir ve yoğun üretim için de uygundurlar (Atay ve Korkmaz, 2011).

**Şekil 8. Varil Tipi Kuluçkalık**



**Kaynak:** (Woynarovich ve Horvath, 1984)

### **2.5.1. Mersin Balığı Yumurtalarının Kuluçkalanması**

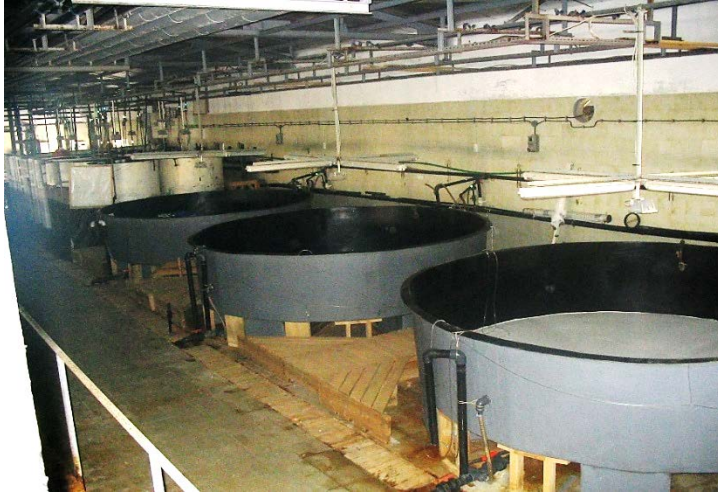
Hipofiz enjeksiyonundan sonra, yumurtaların olgunlaşmış olgunlaşmadıklarını bilmek gerekir. Bu amaçla sivri bir sonda üreme organına sokularak bir miktar yumurta alınır ve kontrol edilir. Yumurtalar henüz olgunlaşmamışsa bir süre daha beklenir. Yumurtalar olgun ise balık sudan çıkarılarak önce bayıltılır. Daha sonra yüzgeçler birkaç yerden kesilerek kanın gövdeden akması sağlanır ve böylece yumurtaların kan ile karışması önlenmiş olur. Balık, baş kısmı yukarı gelecek şekilde dik asılır. Yumurtalık tazyikli su ile yıkandıktan sonra, elde sıvazlanarak, alt kısma bırakılan leğene yumurtalar alınır. Daha sonra yumurtaların tümünü alabilmek için cinsiyet deliğinden itibaren göğüse kadar bıçak ile yarılr. Böylece geriye kalan yumurtalar elle alınır. Yumurtalar tartıldıktan sonra yıkanır, birer kg'lık leğenler içerisine dağıtılır. Nehir veya dere yataklarından alınan özel kırmızı toprak elenerek, ince zerrelili pudra haline getirilir. 0,5 kg

toprak,4-5 litre su ile karıştırılarak çamur haline getirilir. Yumurtalar bu karışımın içine atılarak 45 dakika el ile karıştırılır. Sonra yumurtalar musluk suyunun altına konarak yıkanır ve çamurdan arındırılır. Çamurdan arınan yumurtalarda dölleme işlemi uygulanır. Mersin balıkları yumurtalarının döllemesi için, çeşitli kuluçkalık tipleri kullanılmaktadır. Kullanılan bu tiplere “Varil tipi kuluçkalıklar” örnek verilebilir (Özdemir, 1982).

## **2.6.Kuluçka Tankları**

Akıntılı suyun bulunmadığı kuluçkahanelerde, yüzen yumurtalar geniş tanklarda pompalanan hava ile devamlı hareket halinde askıda tutularak ve oksijenlendirilerek kuluçkalanırlar (Şekil 9). Kuluçka tanklarında; 1 litre su kapasitesine 300–400 adet yumurta yerleştirilerek, 1 m<sup>3</sup> suda 300–400 bin yumurtanın açılması sağlanır. Kuluçka tankları, genellikle deniz balıklarının yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılır (Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

**Şekil 9. Kuluçka Tanklarından Bir Görüntü**



### **2.6.1.Çipura Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Çipura balıklarının yumurtaları pelajik olduklarından kuluçka tanklarından toplayıcılarla toplanır. Çipura yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılan kuluçkalıklar,

çeşitli şekillerde yapılabilmektedir. Kuluçkalıklarda kullanılan plankton bezlerinin, göze açıklığı 0,15-0,50 mm olmalı ve yüzdürücü olarak strafor kullanılmalıdır. Yumurtaların birbirine yapışmasını önlemek için kuluçkalıklarda su giriş ve çıkışı sağlanmalıdır. Su giriş çıkışının sağlandığı ve havalandırmanın yapıldığı kuluçkalıklara litre başına 500-2000 adet yumurta konulmaktadır. Kuluçka tanklarında su sıcaklığının 17–35 °C olması istenir. pH değerleri 7,5-8,5 arasında olmalı, oksijen değerleri de 5 mg/L'nin altında olmamalıdır. Kuluçkalıkta kullanılan su filtre edilmiş olmalıdır. Uygun ortam koşullarında döllenmeden 52–60 saat sonra yumurtalar açılmaya başlar. Yumurtadan çıkış oranı da %75 - %90 arasında değişim göstermektedir (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

### **2.6.2. Levrek Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Levrek yumurtalarının kuluçkalanmasında dizayn yönünden farklı kuluçkalama araçları geliştirilmiştir. Bu kuluçkalama araçları içerisinde en çok kullanılanlar arasında ilk olarak “*Kaliforniya tipi*” kuluçkalıkların tercih edildiği belirtilmiştir (Shelbourne, 1964). Daha verimli olarak kullanılabilen ikinci tip kuluçkalama aracının ise silindirik konik şekilli polyeşter tanklar olduğu belirtilmiştir (Barnabe ve Paris, 1983; Devauchelle, 1983). Bu tankların 55 cm yüksekliğinde 180 cm hacimli ve 93 cm yüksekliğinde 500 litre hacimli iki farklı modeli geliştirilmiştir. Bu tip kuluçkalama araçlarının diğeri bir avantajlı yönü de döllenmemiş veya kuluçkalanma sırasında ölen ve tankın dip kısmında biriken yumurtaların en alt kısmında bulunan bir vana sistemiyle ortamdaki uzaklaştırılabilmesidir (Uçal ve Benli, 1993; URL 3, 2015).

Yumurtaların kuluçkalanmasında tercih edilen bir diğeri yöntem; doğrudan larval tankların kullanılmasıdır. Hangi tip kuluçkalama aracı kullanılırsa kullanılsın, en önemli özellik kullanılan suyun niteliğidir. Levrek yumurtalarının kuluçkalanmasında en iyi çıkış oranı %20-30 arasındaki

tuzlulukta görülmüştür. Yumurtalar 26-28 °C sıcaklıkta 17-18 saatte açılmaktadır. Kuluçka oranı ise çevresel şartlara ve hormon uygulamasına bağlı olarak yaklaşık %40-85 arasında değişmektedir (Uçal ve Benli, 1993; Bekcan, 2013b; URL 3, 2015).

### **2.6.3. Mercan Balığı Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Bu balıkların yumurtalarının kuluçkalanmasında deniz suyu sirkülasyonu olan 50-100 ton kapasiteli kuluçka tankları kullanılmaktadır. Kullanılan bu kuluçka tanklarına giren su filtre edilmeli ve yüksek seviyede oksijen içermelidir. Genel olarak her bir tona 30-40 bin adet yumurta stoklanır. Kuluçkalıklarda aydınlatma yoğunluğu 100-3000 lüks arasında olmalı ve 3000 lüksü aşmamalıdır. Yumurtaların açılma süresi suyun sıcaklığına ve tuzluluğuna bağlı olarak değişim gösterir. Su sıcaklığı arttıkça açılma süresi kısalmış, azaldıkça da açılma süresi uzar. Yumurtalar 15 °C su sıcaklığında 60 saatte açılırken, 18 °C'de 40 saatte açılır. Mercan balıklarının yumurtalarının kuluçkalanmasında da tuzluluk %33,5 olarak belirtilmiştir (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

### **2.6.4. Sarı Kuyruk Balığı Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Bu balıkların yumurtalarının kuluçkalanmasında, diğer deniz balıklarının kuluçkalanmasında kullanılan ve deniz suyu sirkülasyonu olan tanklar kullanılmaktadır. Deniz suyunun sıcaklığına bağlı olarak ilk bölünme döllenmeden 30-40 dakika sonra meydana gelir. Döllenmeden sonraki kuluçkalanma süresi 23-27 °C'de 35 saat ve 19,8 °C'de 48 saattir. Hormon uygulanmış üretimde kuluçkalanma oranı da %60'ın üzerindedir (Bekcan, 2013b).

### **2.6.5. Kalkan Balıkları Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Yumurtlama ve larval yetiştiricilik için yuvarlak 2,7 m<sup>3</sup> tanklar kullanılabilir. Tanklar üzerindeki aydınlatma yoğunluğu 3000 lüks üzerindedir. Yumurtaların kuluçkalanmasında filtre edilmiş, antibiyotik ilave edilmiş deniz suyu kullanılır ve su sıcaklığı 12 °C olmalıdır. Yumurtaların kuluçka süresi sıcaklığa bağlı olarak değişmekle birlikte 85-95 gün derededir. Yumurtalar kuluçkalığa 2000 yumurta/L yoğunlukta olacak şekilde yerleştirilmelidir (Bekcan, 2013b).

### **2.7. Tilapia Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Tilapialarda yumurtlama; iklim şartlarının uygun olduğu ülkelerde havuzlarda ve hapa şeklindeki kafeslerde, iklim şartlarının nispeten daha zor olduğu ülkelere ise tanklarda ayrıca yetiştiriciliğin yapıldığı diğer sistemlerde olabilmektedir. Dişi bireyler tarafından açılan yuvalara bırakılan yumurtalar erkek bireyler tarafından döllendikten sonra kuluçkalanır. Dölllenme vücut dışında ve su içinde gerçekleşir. Döllenenin ardından Tilapialarda dişi bireyler kuluçka süresi olan 5-7 günü geçirmek üzere yumurtaları ağızlarına alarak kuluçkayı başlatırlar. Kuluçka su sıcaklığının 17-23 °C'ler arasında olduğu dönemde gerçekleşir. Genellikle ticari olarak yetiştiriciliği yapılan Tilapia türlerinin çok büyük bir kısmı, yumurtalarını ağızda taşır. Yuvalarda biriken yumurtalar döllendikten sonra genelde dişi balık tarafından ağızda toplanır. Toplanan yumurtalar yutağa kadar olan ağız boşluğunda çok iyi bir şekilde tutulur. Balık kuluçka süresince ara sıra ağzını açarak yumurtaları havalandırır. Yumurtadan çıkan yavrular, besin kesesinin çekilmesine kadar yaklaşık 6-10 gün boyunca, dişinin ağızında kalır. Hava kesesi de çoğu kez yavruların dişinin korunması altında olduğu, yumurtadan çıktıktan sonraki peryotta oluşur. Hava kesesinin oluşmasından birkaç gün sonra yavrular dişi balığın ağzını terk eder. Fakat dişiler sürekli olarak yavruların çevresinde dolaşır ve

onları oluşabilecek herhangi bir tehlikeye karşı sürekli olarak korur. Yavrular bir hafta daha ön beslenmeye tabi tutulduktan sonra buradan alınarak fitoplanktonca zenginleştirilmiş ön büyütme havuzlarına (toprak havuzlar) alınabilirler (Tekelioğlu, 2005; Dikel, 2021).

### **2.7.1. Havuz Sistemleri**

Toprak havuzlar, kültürü yapılan pek çok Tilapia türlerinin yavru ve balıkçık üretiminde yaygın olarak kullanılır. Havuzlar yaklaşık 100-1.000 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki küçük havuzlar olup, bu havuzlarda gübreleme ve su kontrolü gibi işlemler çok iyi düzenlenmiştir. Anaç balıklar, erkek ve dişi oranları 1:3 veya 1-2:4 oranında olacak şekilde 0,5-1 adet/m<sup>2</sup> gibi düşük yoğunlukta stoklanır. Yavrular ve küçük balıkçıklar periyodik olarak bir tül ya da ıgırla havuzlardan hasat edilir (Çağiltay, 2011; Dikel, 2021).

### **2.7.2. Hapalar**

Tilapiaların yumurtlamasında bir diğer metot ise Çin, Endonezya ve Filipinler'de hapa şeklindeki kafes sistemlerinde kullanılan yumurtlama metodudur. Hapalar, yumurtlama esnasında yumurtaların dışarıya çıkmasını önleyecek büyüklükte ağ gözü açıklığına sahip ağlarla çevrilmiş bir kafestir. Anaç balıklar bu kafeslerin içerisine stoklanır. Kafeslerdeki anaç stoklarının yoğunluğu 1 dişiye 1 erkek yani 1:1 oranında olacak şekildedir (Şekil 10) (Dikel ve Alev, 2009; Çağiltay, 2011; Dikel, 2021).

Yumurtaların döllenmesi için önce dişi balık bir zemin üzerine yumurta bırakır. Bu yumurtalar erkek balık tarafından döllenir. Daha sonra dişi, bazı türlerde erkek balık, bu döllü yumurtaları ağzına alır ve yumurtadan yavrular çıkıncaya kadar yumurtaları ağzında barındırır. Bu türler 100 ile 1500 arasında yumurta bırakabilirler (Alpbaz, 2005; Dikel, 2021).

**Şekil 10. Ağızda Bulunan Tilapia Yumurtalarından Genel Bir Görüntü**



**Kaynak:** (Alpbaz, 2005; Dikel ve Alev, 2009)

Yumurtaların döllenmesi için önce dişi balık bir zemin üzerine yumurta bırakır. Bu yumurtalar erkek balık tarafından döllenir. Daha sonra dişi, bazı türlerde erkek balık, bu dömlü yumurtaları ağzına alır ve yumurtadan yavrular çıkıncaya kadar yumurtaları ağzında barındırır. Bu türler 100 ile 1500 arasında yumurta bırakabilirler (Alpbaz, 2005; Dikel, 2021).

### **2.7.3. Tank Sistemleri**

Bazı yetiştiriciler, dişilerin ağzından yumurtaları uzaklaştırmayı tercih eder ve yumurtalar yapay olarak kuluçkalanır. Bu nedenle üreticiler topladıkları yumurtaları dişilerden kolayca toplayabilme yeteneğinde olmalıdır. Anaçlar hapalarda stoklanmalıdır. Dişilerden elde edilen yumurtalar döllenmesi için erkeklerle beraber yerleştirildikten 5 gün sonra toplanır. Yumurtalar bir kuluçkahaneye transfer edilir ve temiz akan suda kuluçkalıklara yerleştirilir. Yeni açılmış besin keseli fryler kuluçkalıklardan uzaklaştırılır. Bunlar besin keselerini absorbe etmelerine izin vermek için, temiz akan suyla tanklara yerleştirilir (Şekil 11). Fryler serbest yüzdükleri ve yem aramaya

başladıkları zaman, zooplanktonlarla dolu havuzlara transfer edilir ya da toz yemlerle beslenmek üzere daha büyük tanklara yerleştirilirler (Mumoğullarında ve Dikel, 2009; Çağıltay, 2011; Dikel, 2021).

**Şekil 11. Tilapia Yumurtalarının Kuluçkalanmasında Kullanılan Tanklardan Bir Görüntü**

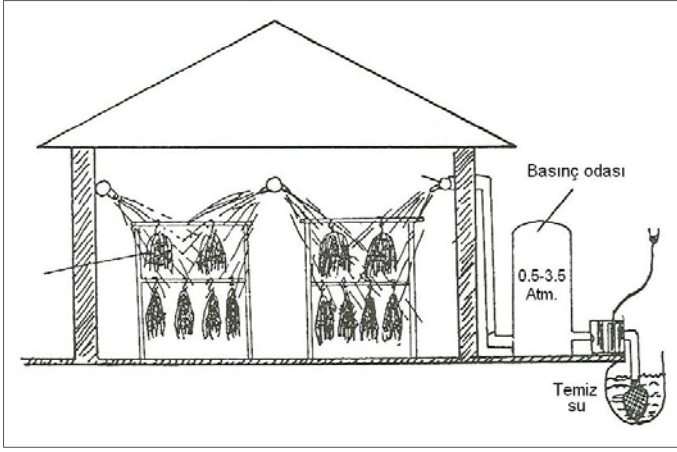


**2.8.Sprey Tipi Kuluçkalıklar**

Yapışkan ve sert kabuklu yumurtalar, sprej tipi kuluçkalıklarda açılırlar (Şekil 12). Sprej tipi kuluçkalıklarda yumurtalar oksijeni, sudan 20 kat daha fazla erimiş oksijen içeren havadan alırlar. Yumurtaların yüzeyine 0,5–4,5 atmosfer basıncında su sprejlenerek yumurtaların devamlı olarak nemli kalması sağlanır (Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

Sprej tipi kuluçkalıklar, tatlısu levreği (*Stizostedion lucioperca*) yumurtalarının kuluçkalanması için kullanılır. Bu yöntemde su basınçlı olarak püskürtüldüğünden, mantarların bulaşması ve gelişmesi söz konusu değildir (Atay ve Korkmaz, 2011).

**Şekil 12. Sprey Tipi Kuluçkacıklar**



**Kaynak:** (Woynarovich ve Horvath, 1984)

### **2.8.1. Tatlı Su Levreği Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Tatlı su levreği genel olarak doğal ortamda yumurtlama eğilimi gösterir. Tatlı su levreğinin yetiştiriciliğinde asıl amaç stokları korumak ve stok dengesini sağlamaktır. Havuzlarda doğal olarak döl alındığı gibi, sağım ve yapay dölleme de uygulanabilir. Dişinin yumurtalarının bir şerit şeklinde oluşu büyük bir sakınca oluşturmaz. Yumurtalar dişiden sağıldıktan sonra döllendir ve züger şişelerine yerleştirilirler. Çıkıştan hemen önce bu şeritler alınarak çıkış yalıklarına aktarılırlar. Bu çıkış yalıkları çok ince kafesli olmalıdırlar. Yumurta şeritleri, larva çıkışına hazır oldukları zaman direk büyütme havuzlarına nakledilir. Böylece yumurtaların o havuzlarda çıkışları sağlanmış olur (Çelikkale, 2002a).

### **2.9. Yuvarlak Kuluçka Havuzları**

Yuvarlak kuluçka havuzları 3,5–4 metre çapında, 1 metre derinliğinde, bir veya daha fazla kuluçka odası bulunan havuzlardır. İç odalar kısmen gözenekli ağlardan yapılıp, yumurta ve larvaların akıntı ile sürüklenerek kuluçka havuzundan ayrılması önlenir. Koni şeklindeki bu ağ torbalar yuvarlak

polyester tankların içine yerleştirilir ve koninin alt ucuna su sirkülasyonunu sağlayacak bir hortum bağlanır. Bu sayede yumurtalar ağ torba içerisinde sürekli hareket ettirilebilir. Bu tip kuluçkalıklarda her bir kuluçka torbasına 400–500 adet döllenmiş yumurta yerleştirilebilir. Yumurtaların sirkülasyonu için havuza 0,2–0,3 metre/saniye su akıntısı sağlanması gereklidir. Bu tip kuluçkalıklar, kefal ve levrek yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılır (Atay ve Korkmaz, 2011; Korkmaz, 2013).

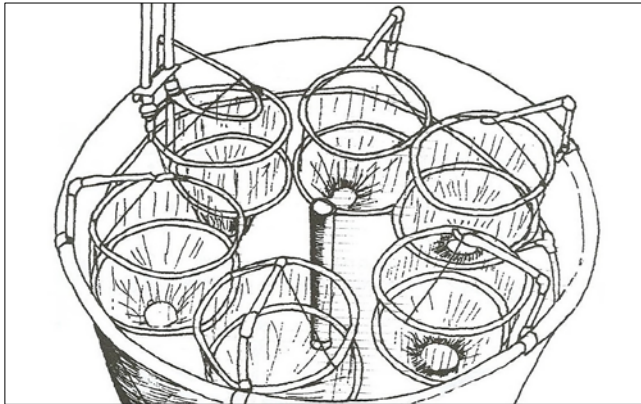
### **2.9.1. Kefal Yumurtalarının Kuluçkalanması**

Kefal yumurtaları, “akarsu sistemi kuluçkalık” ve “durgun su sistemi kuluçkalık” olarak adlandırılan 0,5-1 ton kapasiteye sahip yuvarlak polyester tanklarda kuluçkalanırlar (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

#### **Akarsu Sistemi Kuluçkalık**

Akarsu sisteminde; yumurtalar, suyun devamlı aktığı ve havalandırıldığı bir tanka asılan ince gözenekli konik bir kuluçka ağı içine yerleştirilir (Şekil 13). Konik ağın alt ucuna taze deniz suyu veren plastik bir boru yerleştirilir. Su alttan yukarı doğru çıkarken döllenmiş yumurtaların devamlı karışmasını ve oksijen almasını sağlar (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

**Şekil 13. Kuluçka Sepetleriyle Düzenlenen Bir Akarsu Sistemi Kuluçkalık**



**Kaynak:** (Atay ve Bekcan, 2016)

Bu tip kuluçkalıklarda 1 litre suya yaklaşık 300-350 adet yumurta bırakılır. Ancak 400 adetten fazla yumurta konulamaz. Yumurtalar 20-24,5 °C sıcaklıkta ve yaklaşık olarak %24-35 tuzlulukta 59-64 saat arasında açılırlar (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

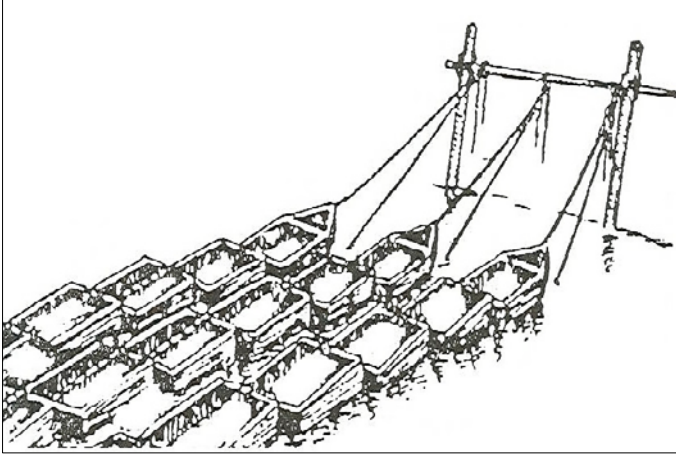
### **Durgun Su Sistemi Kuluçkalık**

Durgun su sisteminde; su akıntısının olmadığı, devamlı havalandırılan tanklarda %32 tuzluluk ve 20-24 °C su sıcaklığında yumurtalar kuluçka edilir. Buna göre su sifonla alınır ve üzerine ilave edilir. Döllenmeden itibaren 30 saat sonra embriyo iyice gelişir. Gözle bakınca yumurtalarda siyah renk maddesi görülür. Yumurtalar açılmadan önce döllenmiş yumurtalardan döllenme yüzdesi hesaplanır. Yumurtalar açılmaya yakınsa daha büyük tanklara alınır. Tanklardaki su sıcaklığı havanın durumuna göre elektrikli ısıtıcılarla istenilen derecede muhafaza edilir. Yeni açılan yumurtaların bir tanktan diğer bir tanka nakli sırasında aşırı ölümlere yol açılacağından, nakil yapılmamalıdır (Bekcan, 2013b; Atay ve Bekcan, 2016).

### **2.10. Kasa Tipi Kuluçkalıklar**

Mersin balıkları yumurtaları için çeşitli kuluçkalama araçları kullanılmaktadır. Tıpkı çocuk beşiklerinde olduğu gibi, bir mile tutturulmuş olan kuluçkalık, suyun hareketiyle sürekli olarak sallanır. Bu milin bağlandığı kalaslar sabit olabileceği gibi, su üzerinde yüzer de olabilir. Böylece yumurtalar sürekli olarak hem yıkanma imkanı bulurken, hem de oksijen ihtiyacını karşılamış olur. Kuluçkalığa bu hareketi vermek için ya akıntılı bir kanal kullanılır veya bununla doğrudan nehir suyuna yerleştirilirler. Bu amaçla kuluçkalıklar akıntıya karşı, birbirine bağlı olarak bir veya birkaç sıra halinde yerleştirilirler (Şekil 14) ve bir kazığa bağlanırlar (Çelikkale, 2002).

**Şekil 14. Kasa Tipi Kuluçkalıklar**



**Kaynak:** (Huet, 1971)

### **2.11. Jusenko Tipi Kuluçkalama Aracı**

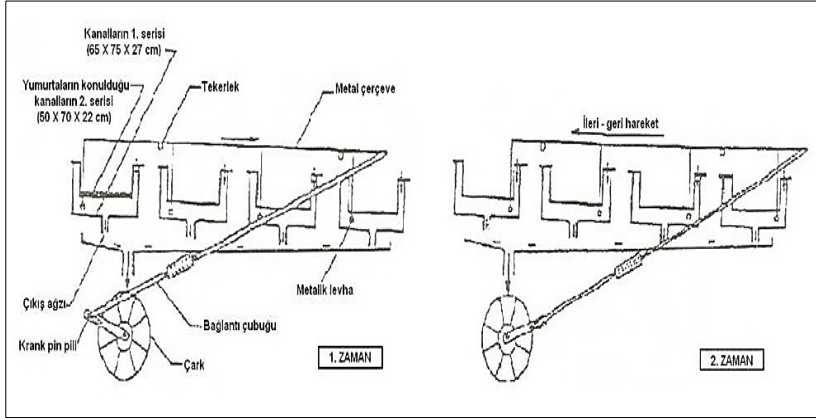
Mersin balıkları yumurtalarının kuluçkalanmasında kullanılan bir başka tip kuluçkalık ise, Rusya'da ve İran'da kullanılan "Jusenko" tipi kuluçkalama aracıdır. Aletin kuluçkalık kısmı madenidir ve çekmeceler halindedir. Bu çekmecelere ebatları 50x60x20 cm olan tablalar yerleştirilmiştir. Kuluçkalıktaki su seviyesi 15 cm'dir (Çelikkale, 2002; Alpbaz, 2005; Dikel, 2009).

Döllenen yumurtalar gelişmesini tamamlamak için bu tablolara yerleştirilir. Her tablaya konan yumurta miktarı yaklaşık olarak 100–400 bin adet arasında olup, yumurtaların 1,2–5,5 litre/dakikalık bir su akışı ile açılımları sağlanır. Yumurtaların her 15 saniyede bir defa havalandırılması hidromekanik sistemle sağlanır (Şekil 15) (Alpbaz, 2005; URL 1, 2009; Çağıltay, 2011; Atay ve Bekcan, 2016).

Kuluçkalıklar içinden devamlı olarak akması gereken su (30-70 ml/sn) ana havuzlardan filtre merkezine geçer. Buradan da bakterilerden arınmak için ultraviyole ışınlarından geçerek sterilize olur. Eğer kuluçka süresini geciktirecek bir derece de ise su sabit ısıtıcılardan geçtikten sonra kuluçkalığa gönderilir. Su

yumurtaların üzerinden geçtikten sonra altta bir kapta toplanır. Su limit bir ağırlığa erişince bulunduğu kabı dengede tutan kaldırıcı yukarıya kaldırır. Böylelikle kabın dengesi bozulur ve içindeki su kanala dökülür, kaldırıcı tekrar önceki halini alır. İşte bu kaldırıcıya bağlı olan sürgü kolu, bir yatak içinde ileri-geri hareketlerle bölmelerdeki yumurtaların yerlerinin değiştirilmesini, dolayısıyla havalanmasını sağlar (Çelikkale, 2002; Alpbaz, 2005; URL 1, 2009; Atay ve Bekcan, 2016).

**Şekil 15. Rusya'da Mersin Balıkları Yumurtalarının Açılmasında Kullanılan Jusenko Aracı**



**Kaynak:** (Çağıltay, 2011)

Yumurtaların kuluçkalanması esnasında yumurtaları *Saprolegnia* enfeksiyonlarına karşı korumak için genellikle malaşit yeşili (1/200.000) solüsyonundan yararlanılır. Yumurtalar bu solüsyonda 50-60 dakika bırakılabilirler (Arda vd., 2017). Rusya'daki işletmelerde ise bu amaçla sulandırılmış %4'lük formaldehit kullanılır. Kuluçkalama periyodu su sıcaklığına ve balık türlerine göre değişmekle beraber, 5–10 günlük bir zaman almaktadır. Optimal su sıcaklığı pek çok tür için 14–17 °C arasındadır (Çağıltay, 2011). Sıcaklık düştükçe kuluçka süresi uzarken, sıcaklık arttıkça da kuluçka süresi azalmaktadır. Mersin balıklarında bu süre 90 gün-derece olarak belirlenmiştir.

Diğer bir değişle 15 °C sıcaklıkta 6 günde yumurtalar açılmaktadır (Bekcan, 2013b).

### **3. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Su ürünleri yetiştiriciliği gün geçtikçe önemi artan bir üretim dalı olup; yetiştiricilikte önemli olan konuların başında yavru balık üretimi gelmektedir. Yavru balık üretim başarısını, yumurta ve spermaların kalitesi önemli derecede etkilemektedir. Bu nedenle yavru balık üretiminin yeterli bir düzeyde olmadığı durumlarda yetiştiricilik potansiyeli sınırlanmaktadır. Yavru üretim tesislerinde uygun bir zaman ve yüksek kalitede balık yumurtası üretilerek, bu yumurtaların iyi kalitede sperma ile döllenmesi ve uygun kuluçkalama teknikleriyle de yüksek sayıda larvaların elde edilmesi mümkündür.

Sonuç olarak; döl alımında kullanılan kuluçkalama üniteleri ile bu ünitelerde kullanılan araçlar modern balık işletmeciliğinin en önemli kısmını oluşturur. Bu bağlamda kuluçkalama ünitelerinin hijyenik ve sağlıklı şartlarda kurulumlarının iyi yapılması, uygun kalitede suyun temin edilmesi ve hastalıkların yayılmasının önlenmesi gibi konular, kaliteli yumurta ve yavru üretimi açısından büyük önem arz etmektedir. Balık yumurtalarının döllenme, gözlenme, larva çıkış ve yaşam oranlarının karşılaştırılmasında ise kuluçkalama üniteleri ayrıca bir öneme sahiptir. Bu konuda yapılan araştırmalarda gerek üretici ve gerekse ülkemizdeki doğal koşullar için uygun kuluçkalama metotları ve araçları değerlendirilmiş olup, buna göre bilinen ve uygulanan yöntemler içerisinde en çok kullanılan tekniklerin; tekne tipi kuluçkalıklar, dikey akışlı kuluçka dolapları ve züger şişeleri olduğu belirtilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akkuş, F. (2003). Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) Yumurtalarının Farklı Kuluçkalama Araçlarında Kuluçkalanması. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi.
- Alpbaz, A. (2005). Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Genel Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yetiştirilen Su Canlıları ve Üretim Yöntemleri). Bornova/İzmir: Alp Yayınları.
- Arda, M., Seçer, S. ve Sarıeyyüpoğlu, M. (2017). Balık Hastalıkları. Ankara: Medisan Yayınevi.
- Atay, D. (2000). Alabalık ve Salmon Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atay, D. ve Bekcan, S. (2016). Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atay, D. ve Korkmaz, A.Ş. (2011). Balık Üretim Tesisleri ve Planlaması. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Aydın, F. (2009). Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri, <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/1-%20Alabal%C4%B1k%20Biyolojisi%20ve%20Yeti%C5%9Firme%20Teknikleri.pdf>, (E.T.: 02.12.2023)
- Barnabe, G. and Paris, J. (1983). Ponte avancee et ponte normale du loup *Dicentrarchus labrax* (L.) a la Station de Biologie marine et lagunaire de Sete. In G. Barnabe / R. Billard (Editor), *L'aquaculture du Bar et des Sparides* (p. 53-62). Paris/France: Institut National De La Recherche Agronomique.

- Bekcan, S. (2013a). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. İçinde H. Yavuzcan (Editör), *Su Ürünleri* (s. 56-79). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- Bekcan, S. (2013b). Deniz Balıkları Yetiştiriciliği. İçinde H. Yavuzcan (Editör), *Su Ürünleri* (s. 80-103). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- Çağiltay, F. (2011). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Çelikkale, M.S. (2002a). İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği (Cilt 1). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Çelikkale, M.S. (200b). İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği (Cilt 2). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Devauchelle, N. (1983). Reproduction decalée du bar (*Dicentrarchus labrax*) et de la daurade (*Sparus aurata*). In G. Barnabe / R. Billard (Editor), *L'aquaculture du Bar et des Sparides* (p. 63-72). Paris/France: Institut National De La Recherche Agronomique.
- Dikel, S. (2009). Su Ürünlerinde Mekanizasyon. Adana: Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Dikel, S. (2021). Tilapia *Tilapia* Spp. Yetiştiriciliği. İçinde S. Dikel (Editör), *Ilıman İklim Balıkları Yetiştiriciliği* (s. 93-112). Yenışehir/Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Dikel, S. ve Alev, M.V. (2009). Hapalarda Yavru Yetiştirme Tekniği. İçinde S. Dikel (Editör), *Tilapia Yetiştiriciliği* (s. 30-35). Ankara: T.C. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- Emre, Y. (2004). Sazan Yetiştiriciliği, [https://www.tarimkutuphanesi.com/sazan\\_yetistiriciligi\\_00049.html](https://www.tarimkutuphanesi.com/sazan_yetistiriciligi_00049.html), (E.T.: 27.11. 2023).

- Hoşsucu, H. (1993). Mekanizasyon. Bornova/İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Huet, M. (1986). Textbook of Fishculture: Breeding and Cultivation of Fish. Fishing News Boks Ltd. London.
- Korkmaz, A.Ş. (2013). Balık Üretim Tesisleri. İçinde H. Yavuzcan (Editör), *Su Ürünleri* (s. 126-155). Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- Mumogullarında, P. ve Dikel, S. (2009). Tilapyalarda Üreme Anaç Bakımı ve Yavru Üretimi. İçinde S. Dikel (Editör), *Tilapia Yetiştiriciliği* (s. 17-29). Ankara: T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü.
- Özdemir, N. (1982). Mersin Balığı Türleri ve Yapay Üretimi ve Türkiye'de Üretim Olanakları. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.
- Özdemir, Y. (2011). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği Ders Notları. Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. Elazığ, 36s.
- Özgür, M.E. (2011). Balıklarda Gamet Hücreleri, Kaliteleri ve Üretime Etkileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(2), 17-24.
- Sarihan, E. ve Tekelioğlu, N. (2005). Balık Üretimi. Adana: Adana Nobel Kitabevi.
- Shelbourne, J.E. (1964). The Artificial Propagation of Marine Fish. In F.S. Russell (Editor), *Advances in Marine Biology* (p. 1-83). Plymouth/England: Academic Press.
- Tekelioğlu, N. (2005). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği (Soğuk ve Sıcak İklim Balıkları). Adana: Adana Nobel Kitabevi.
- Timur, M. ve Çağiltay, F. (2008). Proje Hazırlama Tekniği. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Uçal, O. ve Benli, H.A. (1993). Levrek Balığı ve Yetiştiriciliği. Bodrum: T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları.

URL-1: [https://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Mersin%20Bal%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf](https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Mersin%20Bal%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf), (E.T.: 27.11.2023).

URL-2: <https://www.cahilim.com/pdf/olta/sazan.pdf>, (E.T.: 27.11.2023).

URL 3: [https://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller/Levrek%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf](https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Levrek%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf), (E.T.: 29.11.2023).

Woyrnarovich, E. and Horvath, L. (1984). The Artificial Propagation of Warm-Water Finfishes A Manual For Extension. FAO Fish. Tech. Pap. 201. Rome.

Yardımcı, B. (2019). Su Ürünleri Yetiştiriciliği: Sazan Balığı Yetiştiriciliği, file:///C:/Users/Casper/ Downloads/Sazan%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf, (E.T.: 27.11.2023).

Yılmaz, E., Yılmaz, A. ve Bilgin, B. (2011). Alabalık Kuluçkahanelerinde Görülen Önemli Hastalıklar ve Tedavi Yöntemleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 4(2), 37-39.

# TÜRKİYE’DE KESTANE ÜRETİMİ, VERİMİ VE DIŞ TİCARETİ: BATI KARADENİZ BÖLGESİ VE BARTIN İLİ PERSPEKTİFİNDEN BİR DEĞERLENDİRME

Selman KARAYILMAZLAR<sup>1</sup>

Yıldız ÇABUK<sup>2</sup>

Rıfat KURT<sup>3</sup>

## 1. GİRİŞ

Kestane Türkiye’nin odun dışı orman ürünleri kapsamında önemli bir potansiyele sahip ürünlerinden birisidir. Antik çağda Lidya Elması adıyla anılan ve buna istinaden kimi araştırmacılar tarafından Antik Elma sıfatı yakıştırılan Anadolu Kestanesi (Fagaceae familyasından *Castanea sativa* Mill.), fındık, fıstık, ceviz gibi tohumlar içerisinde insanoğlunun önemli besin kaynaklarından birisi olmuştur. Aynı zamanda çiçeği, yaprağı, odunu da kıymetli orman kaynaklarındandır.

Kayingiller familyasında yer alan kestane uzun ömürlü bir ağaç olup 30-35 metre boyuna ulaşabilir, kuvvetli bir gövdeye sahiptir, ayrıca meşe ve kayınlarla aynı habitatta yetişir (Atasoy ve Altıngöz, 2011). Ilıman bir iklim meyvesi olup, paleoboral orman aleminin bitkilerindedir. (Bulut, 2006). Dünyanın değişik iklim bölgelerinde özellikle de ılıman

---

<sup>1</sup> Profesör Doktor, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, selman@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8262-0443.

<sup>2</sup> Doçent Doktor, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, ycabuk@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7320-9807.

<sup>3</sup> Doçent Doktor, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, rkurt@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7136-7665.

iklimlerin Atlantik tipi, karasal tip ve Akdeniz tipinin yayılış alanlarında, doğal olarak yetişmektedir (Doğanay, 2007; Kurt vd. 2016). Türkiye'de Marmara ve Kuzey Anadolu'da yapraklı türlerle karışık meşcereler kurmakta, Ege ve Akdeniz Bölgelerinde ise lokal olarak doğal yayılış göstermekle birlikte daha çok kültürü yapılmaktadır. Kestanenin genel olarak yayıldığı bölgeler Güney Avrupa, Türkiye ve Kafkasya'dır (Yaltırık, 1993; Yılmaz, 2014; Okan vd. 2017).

Dünya çapında her yıl yaklaşık 2,4 milyon ton kestane üretilmektedir. 2021 yılında 26 ülke arasında yapılan karşılaştırmaya göre, Çin 1,7 milyon ton ile en çok kestane üretimi yapan ülke olmuştur. Çin, dünya kestane üretiminin %75'inden fazlasını tek başına sağlamaktadır. Çin'i 188,9 bin ton ile İspanya, 80,8 bin ton ile Bolivya ve 77,8 bin ton ile Türkiye takip etmektedir. 2021'de ilk üç ülke %86,9'luk bir paya sahipken, en büyük on ülke yaklaşık %99'luk bir payı oluşturmaktadır (FAOSTAT, 2021).

Türkiye'de halkın kullanımına çok önem verdiği kestane, düzensiz faydalanmanın verdiği olumsuzluklar yanında, hastalık ve zararlılarından dolayı da tehdit altındadır. Odun ve meyve verimliliği ise giderek azalmaktadır (OGM, 2012; Okan vd. 2018). Bu çalışmada Türkiye kestane verileri detaylı olarak ele alındıktan sonra Batı Karadeniz bölgesi ve Bartın ilindeki değişimler incelenmiş ve grafiksel gösterimlerle sunulmuştur.

## **2. TÜRKİYE MEYVE VEREN/VERMEYEN KESTANE AĞAÇ SAYISI**

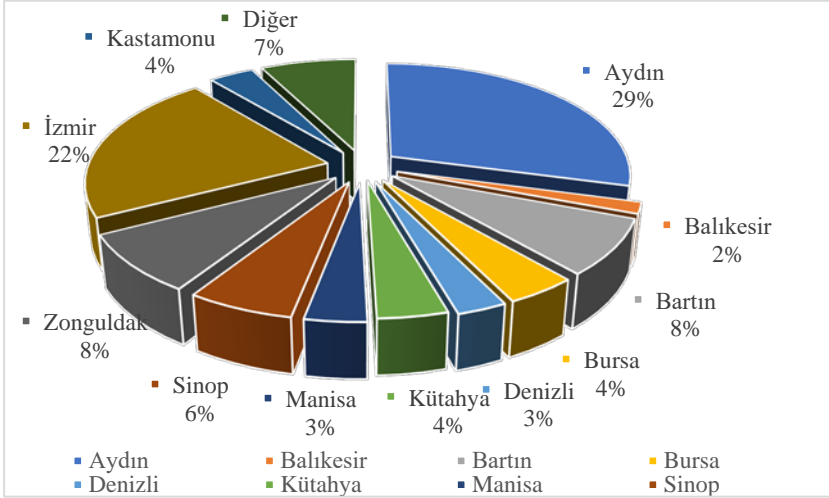
Türkiye genelinde özellikle Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki meyve veren yaştaki kestane ağaç sayısı incelendiğinde son on yılda gözle görülür değişimler yaşandığı görülmektedir. Tablo 1'e göre meyve veren yaştaki kestane ağaç sayısı Bartın ilinde 2013'de 85.150 adet iken bu rakam 2016 yılına kadar yatay

seyretmiş 2019'da 194.212 adete ulaşmış ve 2022 yılında 197.755 adet olmuştur. Yani 2,32 kat büyüme göstermiş %132 artış olmuştur. Batı Karadeniz Bölgesi özelinde bir değerlendirme yapılacak olursa; Kastamonu'da 2013'deki 163.755 adet kestane ağacı sayısı 2016'da 88.977 adete düşmüş ve %45'lik azalışla 2022'de 88.967 adet olarak gerçekleşmiştir. Aynı yıllar itibariyle Bartın ili meyve veren kestane ağaç sayısı seyrine tam zıt bir görüntü vermektedir. Buna karşın Zonguldak ilinde 2013'deki 48.640 adet kestane ağaç sayısı 2021 yılına kadar yatay seyretmiş, 2021'de 203.638 ve 2022'de 207.493 adet ile yaklaşık 4,26 kat ve %326'lık büyük bir yükseliş göstermiştir. Düzce ilinde ise, 2013'deki 16.636 adet kestane ağaç sayısında yıllar itibariyle büyük bir değişim olmamış 2022'de 18.710 adet olmuştur. Türkiye genelinde bir değerlendirme yapılacak olursa; 2013'deki 1.958.904 olan meyve veren kestane ağaç sayısı son 10 yılda yaklaşık %29 artış göstererek 2022'de 2.519.996 adete ulaşmıştır. Batı Karadeniz Bölgesindeki Bartın, Zonguldak, Kastamonu ve Düzce illerindeki toplam kestane ağaç sayısı 2022'de 512.925 adet olup Türkiye geneli toplam 2.519.996 adet ağaç sayısının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır. Şekil 1'de bu dağılım grafik olarak gösterilmiştir (TÜİK, 2023).

**Tablo 1. Meyve Veren Yaştaki Kestane Ağaç Sayısı (Adet)**

İller	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aydın	634.109	641.294	641.762	665.209	670.082	680.550	740.635	731.638	731.480	736.870
Balıkesir	45.262	46.300	34.560	36.390	35.670	35.663	36.690	38.460	39.034	39.580
Bartın	85.150	86.540	86.540	86.910	118.380	108.310	194.212	194.212	197.512	197.755
Bursa	56.510	55.005	53.590	52.175	53.597	51.527	52.697	101.759	101.899	102.269
Denizli	67.310	66.860	66.912	66.955	67.095	67.131	67.571	68.110	68.310	71.557
Düzce	16.636	16.536	16.536	16.526	16.526	18.015	18.225	18.492	18.567	18.710
Giresun	44.650	41.800	19.300	18.800	18.700	18.600	17.900	17.545	17.555	17.070
Kastamonu	163.755	162.660	164.170	88.977	88.777	88.777	88.777	89.777	89.147	88.967
Kocaeli	11.585	12.205	12.095	12.298	12.322	12.318	12.368	12.760	12.807	12.965
Kütahya	54.600	56.850	106.900	107.527	101.851	97.448	97.460	98.340	100.538	100.495
Manisa	57.825	58.075	57.375	56.425	56.605	57.425	57.425	80.325	85.826	87.851
Ordu	28.650	24.650	24.300	24.575	23.451	23.451	23.350	23.450	23.450	23.450
Rize	36.537	36.275	36.290	36.410	36.760	32.620	32.960	32.990	33.070	33.130
Samsun	26.275	26.340	26.271	26.036	25.820	16.830	15.785	15.802	15.569	15.399
Sinop	151.800	151.850	155.100	158.150	157.350	156.700	157.350	157.110	157.060	152.310
Yalova	28.000	28.000	28.000	27.500	26.125	24.516	24.516	21.075	16.075	11.075
Zonguldak	48.640	48.945	48.939	49.266	49.416	50.523	50.518	49.871	203.638	207.493
Çanakkale	25.670	26.440	26.340	26.690	28.040	28.168	28.170	28.326	28.406	28.426
İzmir	346.200	375.800	374.300	365.150	365.150	358.750	370.750	499.274	499.480	545.590
<b>Toplam-TR</b>	<b>1.958.904</b>	<b>1.991.270</b>	<b>2.007.943</b>	<b>1.949.991</b>	<b>1.978.762</b>	<b>1.954.372</b>	<b>2.114.454</b>	<b>2.306.992</b>	<b>2.469.625</b>	<b>2.519.996</b>

**Şekil 1. 2022 Yılı Meyve Veren Yaştaki Kestane Ağaç Sayısı (Adet)**



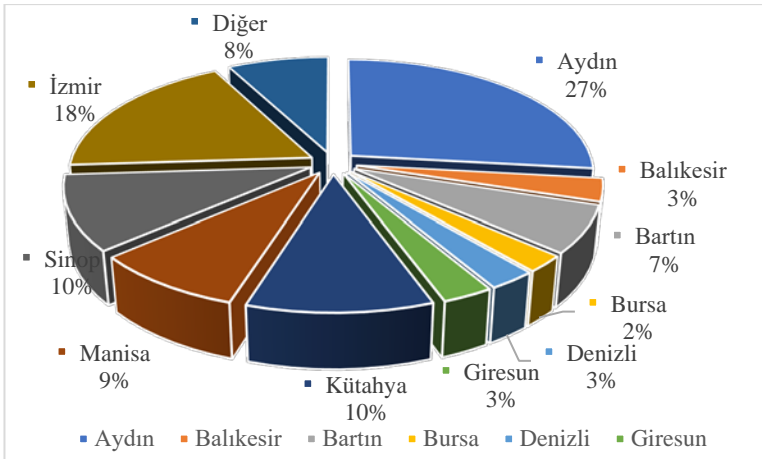
Meyve vermeyen yaştaki kestane ağaç sayısı (adet) incelendiğinde (Tablo 2) Bartın ilinde 2013 yılında kestane ağaç sayısı 15.660 adet iken bu değer 2019 yılına kadar yatay seyretmiş 2019'da 33.998 adet olmuş ve 2022'de 32.555 adet değerine ulaşmıştır. Bu da son 10 yılda yaklaşık 2,12 kat bir oran ve %108'lik bir artışı ifade etmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi kapsamında değerlendirildiğinde; Düzce ilinde 2013'deki 1.179 meyve vermeyen kestane ağaç sayısı Bartın ilindeki benzer bir periyot izlemekte olup 2019'a kadar yatay seyrinde devam etmiş 2019'da 2.410 adete, 2022'de 2472 adete ulaşmıştır. Son 10 yıldaki artışı yaklaşık 2,12 kat olup %110'luk bir yükselişi göstermektedir. Düzce ili meyve vermeyen kestane ağaç sayısının Türkiye genelinde Yalova, Rize ve Ordu illerinden sonra en düşük ağaç sayısına sahip olduğu görülmektedir. Zonguldak ilinde 2013'de 2.130 adet olan kestane ağaç sayısı 2022'de 4.000 adet olmuş, %87'lik bir artış gerçekleşmiştir. Kastamonu ili son yıllarda meyve vermeyen kestane ağaç sayısı azalan illerden olmuştur. 2013'de 12961 olan ağaç sayısı 2022'de %20'lik azalışla 10.242 adete

düşmüştür. Türkiye geneli 2013'deki 341505 adet olan kestane ağaç sayısı 2022'de 498.069 adet olmuştur. Bu da son 10 yılda yaklaşık 1,37 kat, %46'lık bir artış anlamına gelmektedir. Batı Karadeniz Bölgesi toplamı 2022 yılı itibariyle (Bartın, Zonguldak, Düzce, Kastamonu) 49.269 adet olup Türkiye genelinin %10'una tekabül etmektedir.

**Tablo 2. Meyve Vermeyen Yaştaki Kestane Ağaç Sayısı (Adet)**

İller	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aydın	96.905	91.105	91.745	119.080	114.165	129.346	132.406	131.522	134.885	133.395
Balıkesir	5.990	8.937	8.834	9.838	10.752	10.824	10.928	15.115	14.951	15.630
Bartın	15.660	14.290	14.290	13.920	7.840	8.090	33.998	33.998	32.498	32.555
Bursa	11.735	12.315	12.425	13.070	13.123	12.790	12.815	10.855	10.787	11.531
Denizli	7.925	7.842	7.340	7.297	7.157	7.121	11.577	11.961	11.961	13.472
Düzce	1.179	1.179	1.179	1.189	1.189	1.200	2.410	2.585	2.556	2.472
Giresun	16.950	16.000	16.000	15.500	14.800	14.800	14.750	14.886	14.845	14.470
Kastamonu	12.961	12.955	13.575	10.307	10.487	10.302	10.302	10.447	10.327	10.242
Kocaeli	1.737	1.867	1.942	1.512	1.497	1.448	1.448	2.806	2.808	2.648
Kütahya	92.070	93.220	93.170	53.723	52.489	45.345	45.300	46.130	48.532	52.469
Manisa	9.425	10.775	10.995	10.625	14.955	36.695	38.505	43.095	43.785	43.337
Ordu	1.455	1.255	1.130	685	640	640	620	1.270	1.275	1.270
Rize	1.875	1.685	1.725	1.945	1.935	1.135	1.030	1.034	975	900
Samsun	5.085	5.115	5.143	4.973	5.043	5.018	4.998	5.003	5.257	5.720
Sinop	20.750	28.350	29.870	44.970	44.720	44.570	53.770	53.680	53.680	51.680
Yalova	500	500	500	500	375	0	0	60	60	60
Zonguldak	2.130	.041	2.036	1.970	2.026	2.159	2.166	2.173	4.745	4.000
Çanakkale	2.946	2.176	2.126	4.338	3.328	3.280	3.694	3.624	5.018	5.063
İzmir	49.450	47.150	48.050	51.644	66.944	66.894	66.894	87.120	87.864	90.755
<b>Toplam-TR</b>	<b>361.505</b>	<b>362.136</b>	<b>365.517</b>	<b>370.664</b>	<b>377.234</b>	<b>405.518</b>	<b>451.613</b>	<b>483.827</b>	<b>492.678</b>	<b>498.049</b>

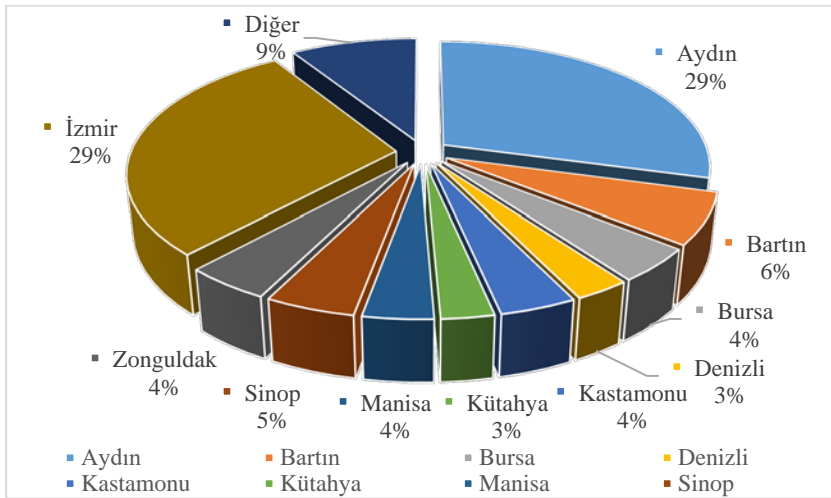
**Şekil 2. 2022 Yılı Meyve Vermeyen Yaştaki Kestane Ağaç Sayısı (Adet)**



### 3. TÜRKİYE KESTANE ÜRETİMİ VE VERİMİ

Türkiye ve Batı Karadeniz Bölgesi genelinde kestane üretimi 2013-2022 yılları arasında artan bir değişim sergilemiştir. Tablo 3’de verilen 2013-2022 yılları arası kestane üretim değerleri (ton) incelendiğinde, Bartın ilinin 2013’de 2.869 ton olan kestane üretimi 2017’de 4.090 tona ulaşmış ve 2022’de 5.172 ton olarak gerçekleşmiştir. Son 10 yılda yaklaşık 1,80 kat, %80 artış olmuştur. Batı Karadeniz Bölgesi olarak bakıldığında; Zonguldak ilinde 2013’deki 1.199 ton olan üretim 2022 yılında 3.513 tona çıkmış yani 2,93 kat, %193’lük bir artış sağlamıştır. Düzce ilinde kestane üretim miktarı fazla olmayıp 2013’deki 550 ton 2022’de ancak 710 ton olarak gerçekleşmiştir. Fakat Kastamonu ilinde son yıllık periyotta önemli miktarlarda düşüş olduğu görülmektedir. Şöyle ki, 2013’de 5.787 ton olan üretim 2014 ve 2015’de yaklaşık 10.000 ton civarında olurken 2022’de 3.122 tona kadar düşmüş 0,54 kat, %46’lık bir azalış olmuştur. Türkiye geneli toplamı 2013’de 60.019 ton olup 2022’de 80.200 ton olarak gerçekleşmiştir. Batı Karadeniz Bölgesinin payı toplam 12.517 ton üretimi ile Türkiye genelinin %15’ini oluşturmaktadır.

**Şekil 3. 2022 Yılı Kestane Üretimi (Ton)**



**Tablo 3. 2013-2022 Yılları Arası Kestane Üretimi (Ton)**

İller	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aydın	21.406	20.989	21.215	25.423	24.304	26.248	32.232	25.506	23.673	23.439
Balıkesir	1.343	1.384	1.033	1.217	1.118	1.117	1.159	1.211	1.201	1.737
Bartın	2.869	2.898	2.843	3.277	4.090	3.601	5.933	5.425	5.203	5.172
Bursa	2.102	2.081	1.943	2.134	1.990	1.822	1.820	3.379	3.398	3.409
Denizli	1.910	1.888	1.891	2.120	1.898	1.761	1.777	1.786	1.790	2.263
Düzce	550	547	547	609	578	598	606	662	704	710
Giresun	318	344	148	200	229	228	235	232	232	215
Kastamonu	5.787	10.321	9.715	3.114	3.124	3.126	3.125	3.068	3.132	3.122
Kocaeli	391	422	395	459	454	453	396	415	411	419
Kütahya	2.174	1.168	2.795	2.448	2.075	1.988	1.999	2.004	2.049	2.148
Manisa	2.547	2.493	2.482	2.502	2.354	2.309	2.333	2.670	2.801	2.856
Ordu	710	264	592	652	553	485	469	485	587	615
Rize	528	500	501	576	549	504	574	587	588	588
Samsun	469	603	613	624	600	315	307	320	221	219
Sinop	4.231	4.242	3.993	4.001	3.755	3.655	3.676	3.734	3.773	3.660
Yalova	925	783	579	638	725	732	726	633	483	333
Zonguldak	1.199	1.180	1.180	1.364	1.246	1.295	1.307	1.298	3.414	3.513
Çanakkale	790	811	930	1.151	1.113	1.118	1.217	1.195	1.204	1.190
İzmir	9.024	10.176	9.742	11.603	11.542	11.610	12.168	20.802	21.721	23.374
Türkiye	60.019	63.762	63.750	64.750	62.904	63.580	72.655	76.045	77.792	80.200

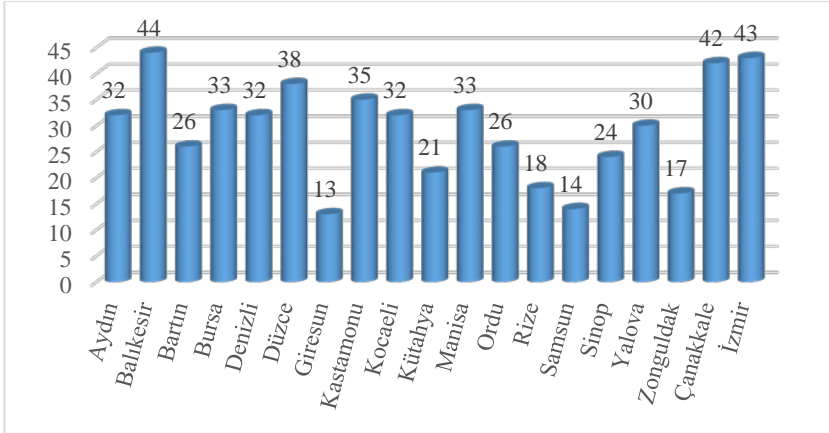
Kestane ağaçları verim olarak incelendiğinde ise, kestane veriminin Türkiye genelinde illere göre önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Tablo 4'e bakıldığında meyve veren ağaçlarda kestane verimi değerleri Türkiye genelinde ortalama 2022'de 32 kg olarak gerçekleşmiştir. Bartın ilinde 2013'de 34 kg olan kestane verimi son 10 yılda kademeli olarak düşmüş ve 2022'de 26 kg olmuştur. Benzer şekilde Zonguldak ilinde 2013'deki 25 kg'lık verim 2022'de 17 kg'a düşmüştür. Kastamonu ilinde 2013-2022 yılları arasında 35 kg civarında bir verim olmuştur. Ancak Düzce ilinde 2013'deki 33 kg'lık verim 2022'de 38 kg'a yükselerek bir artış göstermiştir.

2022 yılında Türkiye genelinde kestane ağaçlarından en fazla verim alınan il 44 kg ile Balıkesir olurken, bunu 43 kg ile İzmir, 42 kg ile Çanakkale izlemiştir. En düşük verimin ise 13 kg ile Giresun ve 14 kg ile Samsun'dan elde edildiği görülmektedir (Şekil 4).

**Tablo 4. Kestane Verimi (Kg/Meyve Veren Ağaç)**

İller	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aydın	34	33	33	38	36	39	44	35	32	32
Balıkesir	30	30	30	33	31	31	32	31	31	44
Bartın	34	33	33	38	35	33	31	28	26	26
Bursa	37	38	36	41	37	35	35	33	33	33
Denizli	28	28	28	32	28	26	26	26	26	32
Düzce	33	33	33	37	35	33	33	36	38	38
Giresun	7	8	8	11	12	12	13	13	13	13
Kastamonu	35	63	59	35	35	35	35	34	35	35
Kocaeli	34	35	33	37	37	37	32	33	32	32
Kütahya	40	21	26	23	20	20	21	20	20	21
Manisa	44	43	43	44	42	40	41	33	33	33
Ordu	25	11	24	27	24	21	20	21	25	26
Rize	14	14	14	16	15	15	17	18	18	18
Samsun	18	23	23	24	23	19	19	20	14	14
Sinop	28	28	26	25	24	23	23	24	24	24
Yalova	33	28	21	23	28	30	30	30	30	30
Zonguldak	25	24	24	28	25	26	26	26	17	17
Çanakkale	31	31	35	43	40	40	43	42	42	42
İzmir	26	27	26	32	32	32	33	42	43	43
Türkiye	31	32	32	33	32	33	34	33	31	32

**Şekil 4. 2022 Yılı Kestane Verimi (Kg/Meyve Veren Ağaç)**



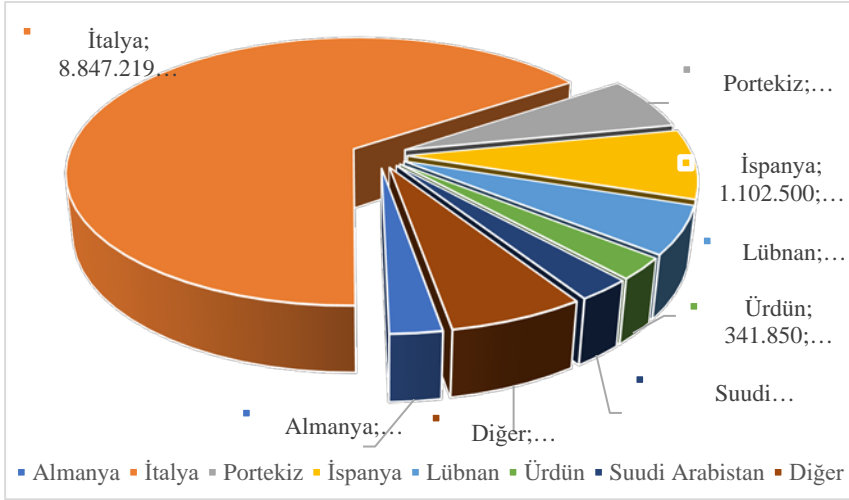
#### 4. TÜRKİYE KESTANE DIŞ TİCARETİ

Tablo 5’de verilen Türkiye kestane dış ticaret verileri incelendiğinde; 2013’de 5.165.650 kg olan Türkiye kestane ihracat miktarı 2022 yılında 13.697.448 kg’a ulaşmış olup 2,65 kat büyüme %165’lik bir artış anlamına gelmektedir. 2013’de 20.443 kg olan Türkiye kestane ithalat miktarı 2018’de 1.511.050 kg, 2019’da 2.362.020 kg, 2020 yılında 2.025.764 kg’a kadar önemli bir artış sağlamıştır. Ancak 2022 yılında 373.682 kg kadar büyük bir düşüş göstermiştir. Bu rakamlara paralel Türkiye kestane ihracat ve ithalat değerlerinde de değişim olmuştur. Genel olarak, Türkiye kestane ihracat değeri ortalama 35 milyon (\$) civarında olurken ithalatı 1 milyon (\$) olmuştur. Bu durum dış ticaret dengesine ithalatın azalması ve ihracatın artması ile pozitif bir katkı sağlamıştır.

**Tablo 5. 2013-2022 Yılları Arası Kestane Dış Ticareti (TÜİK, 2023)**

Yıl	İhracat Miktar (kg)	İthalat Miktar (kg)	İhracat (Dolar)	İthalat (Dolar)
2013	5.165.650	206.443	18.449.219	435.749
2014	11.480.703	309.203	40.217.947	408.200
2015	5.566.975	524.491	14.822.203	518.157
2016	8.337.472	74.577	25.057.506	74.580
2017	9.820.501	815.000	36.793.529	927.783
2018	12.984.356	1.511.050	43.122.134	1.437.754
2019	14.225.537	2.362.020	35.837.736	1.687.782
2020	9.002.916	2.025.764	23.985.585	1.352.837
2021	10.456.875	1.074.024	35.115.662	914.565
2022	13.697.448	373.682	34.305.272	409.375

**Şekil 5. 2022 Yılında En Fazla İhracat Yapılan Ülkeler (Kg)**



Türkiye 2022 yılında kestane ihracatının yaklaşık %66'lık bir bölümünü 8,8 milyon kg ile İtalya'ya gerçekleştirmiştir. Bunu 1,1 milyon kg (%8) ile İspanya takip etmiştir. İtalya kestane ihracatının parasal değeri 24,3 milyon dolar, İspanya'nın ise 2,6 milyon dolar şeklindedir (Şekil 5). Kestane ithalatı ise çok az olup ve sadece birkaç ülkeden yapılmaktadır. 2022 yılında en fazla ithalat Çin ile 328 bin kg olarak gerçekleşmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, meyve veren yaştaki kestane ağaç sayısı, meyve vermeyen yaştaki kestane ağaç sayısı, kestane üretimi ve verimine ilişkin 2013-2022 yılları arasındaki veriler Batı Karadeniz Bölgesi, Bartın ili özelinde değerlendirilmiştir. Daha sonra, Türkiye'nin son 10 yıldaki kestane dış ticaret (ihracat, ithalat miktar ve parasal değerleri) istatistikleri TÜİK'ten derlenerek analiz edilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, Türkiye'de kestane üretiminde son 10 yılda önemli bir artış olduğu, Batı Karadeniz

Bölgesi'ndeki üretimin ise %15 civarında bir paya sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu artışta, meyve veren kestane ağaç sayısında gerçekleşen artışın etkili olduğu görülmüştür. Ancak kestane üretimindeki artışın aksine kestane veriminin ise yıllar içinde düştüğü görülmüştür. Bu düşüşte özellikle son yıllarda sayısında artış gözlemlenen Gal arısı gibi zararlı türlerin etkili olduğu düşünülmektedir. On yıllık periyotta Batı Karadeniz bölgesinde meyve veren kestane ağacı sayısındaki en büyük artışın %326 artışla Zonguldak'ta gerçekleştiği ve bunu %132'i ile Bartın'ın takip ettiği belirlenmiştir. 2022 yılında Bartın 5.172 ton ile Batı Karadeniz bölgesinde en fazla üretimin yapıldığı il olmuştur.

Türkiye kestane ihracatı incelendiğinde son 10 yılda önemli bir artış gözlemlenmiş ve ihracat 2022 yılında 13,7 milyon kg'a ulaşmıştır. Bu artışta, İtalya'ya yapılan ihracatın önemli bir payı olduğu görülmektedir. Türkiye kestane ithalatı ise son yıllarda azalmakta olup, 2022 yılında 373 bin kg olarak gerçekleşmiştir. Artan üretim ve ithal edilen kestanenin kalitesindeki düşüşün bu azalışta etkili olduğu düşünülmektedir.

Türkiye'deki meyve veren ağaç sayısındaki artışla birlikte kestane üretimi ve ihracatındaki artışın hem üreticilere hem de ülke ekonomisine pozitif katkı sağladığı görülmektedir. Sonuçlar, özellikle Batı Karadeniz Bölgesi'nde Bartın, Zonguldak, Düzce ve Kastamonu illerinin kestane verilerinin farklı eğilimler sergilediğini göstermiştir. Bu eğilimler değerlendirildiğinde, Türkiye'de kestane üretiminin sürdürülebilir hale getirilmesi için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Kestane yetiştiriciliği konusunda üreticilerin bilinçlendirilmesi ve desteklenmesi üretimin artırılması ve sürdürülebilir hale getirilmesi için önemli bir adımdır. Bu kapsamda, üreticilere kestane yetiştiriciliği konusunda eğitimler verilmesi, kestane

bahçelerinin bakım ve budanması konusunda teknik destek sağlanması ve kestane bahçelerinin hastalık ve zararlılara karşı korunması konusunda çalışmalar yapılması gerekmektedir.

- Verimlilikteki düşüşlerin sebeplerinin belirlenmesi ve çözümlenmesi için yerel yetkililer, çiftçiler ve uzmanlar arasında iş birliği önemlidir. Modern tarım tekniklerinin ve sürdürülebilir uygulamaların yaygınlaştırılması gerekmektedir.
- Üreticilerin gelirlerini artırma ve riski azaltma açısından kestane üretiminin çeşitlendirilmesi önemlidir. Bu kapsamda, farklı kestane çeşitlerinin üretiminin teşvik edilmesi ve kestanenin farklı ürünlerine yönelik pazarların oluşturulması gerekmektedir.
- Bölgedeki kestane bahçe ve ormanlarının hastalık ve zararlılara karşı korunması üretimin korunması açısından önemli bir adımdır. Bu kapsamda, bölgenin hastalık ve zararlılara karşı duyarlılığı değerlendirilerek, gerekli önlemler alınmalıdır.
- Türkiye'de üretilen kestanenin daha geniş bir pazara ulaşmasını sağlayarak, ihracat gelirlerinin artırılmasında ihracat pazarlarının çeşitlendirilmesi önemli bir rol oynayacaktır. Kestane yeni pazarlara tanıtılması ve ihracat ürünlerinin kalitesi artırılması gerekmektedir. Bu kapsamda, kestanenin hasat, depolama ve işleme aşamalarında kalite kontrolleri yapılmalıdır.
- Sektördeki gelişmeleri izlemek için düzenli veri toplama ve analiz süreçleri kurulmalıdır. Bu durum sektörün güncel ihtiyaçlarını ve eğilimlerini belirlemek adına önemli bir adımdır.

Sonuç olarak, Türkiye'de kestane üretiminin artırılması ve sürdürülebilir hale getirilmesi için, üreticilerin bilinçlendirilmesi ve desteklenmesi, üretimin çeşitlendirilmesi, ihracat pazarlarının çeşitlendirilmesi ve ihracat ürünlerinin kalitesinin artırılması gibi önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Bu önlemler ile birlikte elde edilecek verilerin daha geniş bağlamda ekonomik, çevresel ve sosyal faktörlerle değerlendirilmesi, sektörün sürdürülebilirliği ve gelecekteki yönelimleri anlamak açısından önemli olacaktır.

### KAYNAKÇA

- Atasoy, E., & Altıngöz, Y. (2011). Dünya ve Türkiye'de kestanenin önemi ve üretimi. *Coğrafya Dergisi*, 1(22), 1-13.
- Bulut, İ. (2006). *Genel tarım bilgileri ve tarımın coğrafi esasları (ziraat coğrafyası)*. Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara.
- Doğanay, H. (2007). *Ekonomik coğrafya 3: Ziraat coğrafyası*. Aktif Yayınevi, İstanbul.
- FAOSTAT, (2023). *Food and Agriculture Organization*. <https://www.fao.org/faostat/en/> (Erişim Tarihi: 05.06.2023).
- Kurt, R., Karayılmazlar, S., İmren, E., & Cabuk, Y. (2016). Türkiye ormancılık sektöründe odun dışı orman ürünleri: İhracat analizi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(2), 158-167.
- OGM, (2012). *Kestane eylem planı (2013-2017)*. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, Silvikültür Daire Başkanlığı.

- Okan, T., Köse, C., Aksoy, E. B., Köse N., & Wall, J. R. (2017). Türkiye'de kestane (*Castanea sativa* Mill.) ve kullanımı üzerine geleneksel terimler. *Avrasya Terim Dergisi*, 5(1), 19-27.
- Okan, T., Köse, C., & Wall, J. R. (2018). Türkiye'de kestane (*Castanea sativa* Mill.) üretimi, Faydalanması ve Ticareti. 1st International Symposium on Silvopastoral Systems and Nomadic Societies in Mediterranean Countries (s. 80-86), Isparta, Türkiye.
- TÜİK, (2023). *Türkiye İstatistik Kurumu*. <https://www.tuik.gov.tr/> (Erişim Tarihi:01.06.2023).
- Yaltrık, F. (1993). *Dendroloji ders kitabı-II Angiospermae (kapalı tohumlular)*. İ.Ü. Yayınları No:3767, Orman Fakültesi Yayınları No: 420, İstanbul.
- Yılmaz, H. (2014). *Türkiye'nin doğal-egzotik ağaç ve çalıları: Castanea Mill.* I. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, MRK Baskı ve Tanıtım, Ankara, s.668-669.

# PEYNİR ALTI SUYUNUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN YENİ TEKNİKLER

**Kardelen DEMİRCİ<sup>1</sup>**

**Beyzanur BAYRAKTAR<sup>2</sup>**

**Elif Ezgi ÖZDEMİR<sup>3</sup>**

**Güliden DEMİR ÖZYILMAZ<sup>4</sup>**

**Selda BULCA<sup>5</sup>**

## 1. GİRİŞ

Süt endüstrisi tarafından üretilen atıkların önemli bir kısmı peynir altı suyu (PAS) formundadır. PAS protein, laktoz, vitamin ve mineral tuzlarından oluşan ve 1 L süt başına yaklaşık olarak 0,9 L olarak ortaya çıkan bir yan üründür (Nicolás, Ferreira, & Lassalle, 2019). PAS'ın bileşimi ve konsantrasyonu, peynir üretim işlemine ve sütün kaynağına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Tablo 1). Peynir üretim sürecine bağlı olarak

---

<sup>1</sup> Gıda Yük. Müh., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, kardelendemirci@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4792-6890.

<sup>2</sup> Gıda Yük. Müh., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, beyzanurbayraktar3550@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2357-1028.

<sup>3</sup> Gıda Yük. Müh., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, e\_elifozdemir@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2800-9376.

<sup>4</sup> Gıda Yük. Müh., Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, guldn.demir@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-7685-2478.

<sup>5</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, sbulca@adu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7405-2872.

asidik ve tatlı olmak üzere iki tür PAS vardır. Asidik PAS, sütün asit ile pıhtılaşmasından sonra kalan çözüldür. Tatlı PAS ise sütün peynir mayası ile pıhtılaşmasından sonra kalan kısımdır (Karimidastjerd & Gulsunoglu-Konuskan, 2023).

Tatlı ve asidik PAS; özellikle sütün serum proteinleri, laktoz, tuzlar ve diğer minör bileşenler gibi çözünür moleküllerden oluşan yaklaşık %6-8 oranında kuru madde içermektedir. Hem tatlı hem asidik PAS %0,8-1,8 arasında toplam protein içeriğine sahiptir (Karimidastjerd & Gulsunoglu-Konuskan, 2023). PAS proteinleri genel olarak  $\alpha$ -laktalbumin ( $\alpha$ -la),  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -lg), serum albumini ve immünoglobulinlerden oluşur (Serechantarek, Hongsprabhas, Chanput, & Kamonpatana, 2021). PAS proteinleri besin değerleri, hızlı emilimleri ve yüksek düzeyde antioksidanlar, amino asitler ve peptitler içermesi nedeniyle oldukça değerlidir (Šalaševičius, Uzdavinytė, Visockis, Ruzgys, & Šatkauskas, 2021). Ayrıca, PAS proteinlerinin bağışıklık sistemi, kardiyovasküler sistemi, sinir sistemi ve gastrointestinal sistemi üzerinde faydalı fizyolojik etkileri bulunduğu bilinmektedir (Axelrod, Beyrer, & Mathys, 2022).

PAS proteinlerinin değerlendirilmesi amacıyla çeşitli gıdalarda fonksiyonel bileşenler olarak kullanılmak üzere PAS protein ürünleri ortaya çıkmıştır. Bunlar, PAS protein preparatları; PAS protein izolatları (WPI), konsantreleri (WPC) ve hidrolizatları (WPH) olmak üzere temelde üç kategoriye ayrılmaktadır (Šalaševičius vd., 2021).

**Tablo 1. Farklı Hayvansal Kaynaklardan Elde Edilen Asidik ve Tatlı PAS Bileşimi**

Bileşenler	İnek		Keçi		Koyun	
	Asidik	Tatlı	Asidik	Tatlı	Asidik	Tatlı
pH	4,86	6,00	4,80	5,90	4,92	6,09
Kuru madde (%)	6,76	6,64	6,22	6,12	8,19	7,94
Laktoz (%)	4,72	5,08	3,93	4,18	4,72	5,30
Mineral (%)	0,70	0,60	0,83	0,67	0,79	0,56
Yağ (%)	0,07	0,05	0,08	0,07	0,13	0,10
Toplam protein (%)	0,88	0,87	0,99	1,00	1,76	1,71
<b>Ana proteinler*</b>						
(%)						
$\beta$ -lg	49,76	50,33	41,58	42,25	57,86	56,22
$\alpha$ -la	23,24	23,96	24,77	25,54	13,79	13,75
Serum albümini	6,48	5,94	3,92	4,19	6,30	6,33
İmmüoglobulin	16,32	15,81	26,61	25,32	18,68	19,32

**Kaynak:** (Karimidastjerd & Gulsunoglu-Konuskan, 2023)

\*Toplam protein miktarları içerisinde yüzde olarak verilmiştir.

Süt şekeri olarak da adlandırılan laktoz bir disakarittir [ $\beta$ -D-galaktopiranozil-(1→4)-D-glukoz] ve hidroliz yoluyla D-glukoz ve D-galaktos monomerlerine ayrılmaktadır (Rocha & Guerra, 2020). Laktoz, gıda ve farmasötik ürünlerde hammadde olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca, sütteki laktoz düşük glisemik indekse sahip olması sebebiyle metabolik açıdan avantajlı görülmektedir. Bağışıklığı desteklemesi ve mineral emilimini kolaylaştırması laktozun faydaları arasında sayılmaktadır (Romero-Velarde vd., 2019). Süt endüstrisinde laktozun endüstriyel kaynağı peynir altı suyudur. PAS'ın toplam bileşiminin yaklaşık %4 ile 5'ini laktoz oluşturmaktadır (Tablo 1). Bu noktada, bertaraf edilerek çevre kirliliğine neden olan ve ekonomik kaybı beraberinde getiren PAS'tan laktoz gibi değerli bileşenlerin geri kazanımı büyük önem arz etmektedir.

Tüm bunlar göz önüne alındığında, PAS'ın protein ve laktoz gibi değerli bileşenlerinin geri kazanılmasında kullanılabilecek ve çevresel kaygıyı azaltabilecek yeni teknolojiler üzerine çalışmalar hız kazanmıştır. Her PAS

proteinin elde edilmesi için ayrı bir teknolojiye ihtiyaç vardır. PAS'tan  $\alpha$ -la ve  $\beta$ -lg'nin membran filtrasyon yöntemleri ile ayrılması molar kütlelerinin benzerliğinden dolayı oldukça zordur (Lima vd., 2019). PAS'tan proteinlerini ayırmak için özellikle son 15 yılda kullanılan diğer yöntemler arasında elektrodiyaliz, yüksek hidrostatik basınç, süperkritik karbondioksit, ohmik ısıtma, vurgulu elektrik alan, ışılama, ultrases, soğuk plazma ve kitosan kiti kullanımı yer almaktadır.

Bu çalışmada çevresel faydalar ve sürdürülebilirlik doğrultusunda son 15 yılda yapılan peynir altı suyunun değerlendirilmesinde kullanılan yenilikçi yöntemler üzerine mevcut literatür çalışmaları derlenmiştir. Bu bağlamda, peynir altı suyundan elde edilen protein ve laktozun kullanımı ve geri kazanım yöntemlerini değerlendirerek pratik örnekler ve potansiyel çözümlerle sunulmaktadır.,

## **2. PEYNİR ALTI SUYU PROTEİNLERİNİN GERİ KAZANIMINDA KULLANILAN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER**

### **2.1. Ultrafiltrasyon Membranlı Elektrodiyaliz**

PAS'tan proteinlerin geri kazanılmasında membran filtrasyon yöntemleri düşük seçiciliği, peptitlerin karmaşık protein matriksinden ayrılmaması, membran yüzeyinin kirlenmesi veya tıkanması gibi dezavantajlar oluşturmaktadır (Dlask & Václavíková, 2018). Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacı ile elektriksel alanda iyonların migrasyonuna dayanan elektrodiyaliz yöntemi ortaya çıkmıştır. Elektrodiyaliz sürecinde, PAS içinde bulunan proteinler, elektrotlar arasında bulunan seçici membranlar (katyon ve anyon membranları) aracılığıyla hareket ettirilir (Ayala-Bribiesca, Araya-Farias, Pourcelly, & Bazinet, 2006). Bu membranlar, proteinlerin yükleri veya boyutlarına göre seçim yaparak ayrımı gerçekleştirir.

Elektrodiyaliz, suyun ve diğer yan ürünlerin minimal kayıpla ayrılmasını sağlayarak, yüksek kaliteli protein izolasyonunu mümkün kılar.

İleriki yıllarda, elektrodiyaliz yönteminin seçiciliğini artırmak ve proteinlerin PAS'tan elektrik yüklerine, boyutlarına veya moleküler ağırlıklarına göre ayırmak için ultrafiltrasyon membranlı elektrodiyaliz (UFME) adı verilen bir teknoloji geliştirilmiştir (Firdaous vd., 2009). Böylece, PAS'tan elde edilen proteinlerin saflığı ve kalitesi artırılır. Bu teknoloji, enerji tüketimini optimize ederek süreci daha verimli hale getirir. UFME'de herhangi bir basınç uygulanmaz; sürecin tek itici gücü elektriksel potansiyel farktır (Dlask & Václavíková, 2018). Ndiaye vd. (2010) PAS'taki laktoferrini, bir polietersülfon membran (500 kDa) kullanarak UFME yöntemi ile izole etmişlerdir. Yazarlar, migrasyon verimini %15 olarak belirlemiş ve  $\beta$ -lg veya diğer PAS proteinlerinin eş zamanlı migrasyonu nedeniyle sistemin seçiciliğin azaldığını bildirmişlerdir.

PAS'ta bulunan laktoferrin proteinlerinin net yükü negatiftir. Bu durum, laktoferrinin sığır serum albümini gibi diğer negatif yüklü proteinlerden ayrılmasını zorlaştırır. Uygun MWCO (molecular weight cut-off) aralığına sahip bir membran kullanılması protein izolasyonunda başarı yaratacaktır. Wang vd. (2020) UFME yöntemi ile PAS'tan laktoferrin ve immünoglobulinlerin izolasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar sığır serum albümininden (MW: ~66kDa) daha büyük, immünoglobulin (MW: 150–250kDa) ve laktoferrinden (MW: 312kDa) daha küçük gözenek boyutuna sahip bir membran kullanımı ile (150 kDa) PAS proteini açısından zengin bir retentat elde edilebileceğini bulmuşlardır.

## **2.2. Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulaması**

Son 25 yılda dünya çapında 350'den fazla endüstriyel tesiste yüksek hidrostatik basınçlı (YHB) işleme teknolojisi

alternatif bir yöntem olarak araştırılmaktadır. YHB, basıncı ileten sıvı bir ortam kullanılarak bir sıvı veya katı matrisine anlık ve eşit basınç uygulanması ilkesine dayanır (Marciniak, Suwal, Britten, Pouliot, & Doyen, 2018). YHB, süt proteinleri üzerindeki etkisi nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Yordanov & Angelova, 2010).

YHB, kazeinlerin boyutunu değiştirebilir ve PAS proteinlerinin denatürasyonuna ve agregasyonuna neden olabilir (Marciniak vd., 2018). Düşük basınç uygulamaları (<200-300 MPa) genellikle tersinir protein denatürasyonu ile, yüksek basınç uygulamaları ise (>300 MPa) denatürasyon, agregasyon ve jel yapılarının oluşumu gibi proteinler üzerinde geri dönüşümü olmayan etkilere sahip olabilir. Özellikle,  $\beta$ -lg'nin YHB'ye karşı oldukça hassas olduğu ve başta kazein olmak üzere diğer süt proteinleriyle spesifik agregasyona yol açtığı bildirilmiştir (Mazri, Sánchez, Ramos, Calvo, & Pérez, 2012). Marciniak vd. (2018)  $\alpha$ -la,  $\beta$ -lg ve kazein içeren bir protein çözeltisi hazırlamış ve YHB kullanarak proteinlerinin fraksiyonlanmasını sağlamışlardır. Yüksek basınç işlemi ile  $\beta$ -lg ve kazeinlerin birleşerek agregatlar oluşturduğunu,  $\alpha$ -la'nın ise çözünür kaldığını tespit etmişlerdir. İzoelektrik kazein kullanılarak, en yüksek  $\alpha$ -la saflaştırma derecesini (%86) ve protein geri kazanımını (%77) elde etmişlerdir. Bu çalışma, YHB yönteminin PAS'tan proteinlerin geri kazanımı için kullanılabileceğini göstermiştir. Marciniak vd. (2020) PAS'a asitlendirme işlemi uygulanması ile (pH 4,6) ciddi bir  $\beta$ -lg agregasyonu olduğunu bildirmişlerdir. Yazarlar  $\alpha$ -la ve  $\beta$ -lg'nin saflaştırma derecelerini sırası ile %75 ve %98; verimlerini ise %95 ve %88 olarak bulmuşlardır. Bu sonuçlar, asitlendirilmiş PAS'ta tek döngülü YHB (600 MPa, 5 dk.) kullanılarak elde edilmiştir.

### **2.3. Süperkritik Karbondioksit Uygulaması**

Süperkritik CO<sub>2</sub> yöntemi gıda, eczacılık ve tıp endüstrisinde biyoaktif veya termal olarak hassas bileşenlerin

matriksten seçici olarak ayrılması nedeniyle yeşil teknoloji olarak adlandırılmaktadır. Süperkritik CO<sub>2</sub> sıvı benzeri yoğunluğu, gaz benzeri yayılımı ve viskozitesi, yanıcı ve toksik olmaması, düşük maliyeti ile birçok avantajlar sunar. Süperkritik koşullar altında CO<sub>2</sub>'in kullanımını için koşullar 31,1 °C kritik sıcaklık ve 7,39 MPa kritik basınç olarak verilmiştir (Liu vd., 2021).

Günümüzde süperkritik CO<sub>2</sub> gıda proteinlerinin ayrılması ve saflaştırılmasında alternatif bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Özellikle süt endüstrisinde süperkritik CO<sub>2</sub>'in sütteki çözünürlüğü, sütün yapısı ve pH'sı üzerindeki etkileri karakterize edilmiştir. CO<sub>2</sub> sulu ortamda kısmen çözünerek karbonik asit (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) oluşturur ve karbonik asit bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) ve hidrojen (H<sup>+</sup>) iyonlarına ayrışır, böylece PAS'ın pH'sı düşer. α-la izoelektrik noktası 4,2 ile 4,5 arasındadır, bu sebeple basınç ve sıcaklığın ayarlanması ile çökelti oluşturur. β-lg'nin izoelektrik noktası 5,35 ile 5,49 arasında olduğu için çözünür halde kalması sağlanabilir. Bu durum, PAS'tan süperkritik CO<sub>2</sub> ile çökelmiş α-la ve çözünür β-lg açısından zengin iki ayrı fraksiyon elde edilmesini sağlar (Lima vd., 2019). Yver vd. (2012) 62 °C sıcaklık, 5,5 MPa basınç ve %10 WPI koşulları altında katı fraksiyonda %71 α-la, çözünür fraksiyonda ise %89 β-lg geri kazanımı sağlamışlar ve üretim maliyetinin işlenen WPI kg başına 5,43 dolar olduğunu belirlemişlerdir. Bonnaillie & Tomasula (2012) süperkritik CO<sub>2</sub> yöntemi ile WPI çözeltilisinden (%21 α-la ve %57 β-lg içeren) %60 saflıkta α-la ve %70 saflıkta β-lg üretmişlerdir. Lima vd. (2019) basınç ve sıcaklık çalışma koşullarının süperkritik CO<sub>2</sub> kullanılarak WPI'dan α-la ve β-lg proteinlerinin fraksiyonlanmasındaki etkilerini incelemişlerdir. Yazarlar, düşük sıcaklık ve basıncın (55 °C ve 5MPa) α-la içeriği bakımından zengin bir fraksiyon elde etmek için uygun koşullar olduğunu ve işlem sonunda α/β oranının başlangıç oranına kıyasla dokuz kat arttığını bildirmişlerdir.

## **2.4. Ohmik Isıtma**

Ohmik ısıtma (OH), gıda ve biyoteknoloji endüstrilerinde çeşitli uygulamalara sahip yenilikçi bir termal gıda işleme teknolojisi olarak bilinmektedir. Bu teknoloji, elektrik akımının gıdadan geçişine ve uygulanan elektrik direnci nedeniyle iç ısı üretilmesi prensibine dayanmaktadır. OH'nin geleneksel işleme teknolojilerine göre başlıca avantajı, enerjyi doğrudan gıda maddesi içinde dağıtarak hızlı ve homojen ısıtmasıdır (Ferreira, Machado, Pereira, Vicente, & Rodrigues, 2021). Pastörizasyon işleminin uygulanan gıdalar üzerindeki olumsuz termal etkilerinin azaltılabilmesinin yanı sıra (R. Pereira, Martins, Mateus, Teixeira, & Vicente, 2007); istenmeyen bileşiklerin oluşumunu en aza indirmede başarılı olduğu bildirilmiştir (Costa vd., 2018).

Kazein fraksiyonunun tersine, PAS proteinleri pastörizasyon koşulları altında termal denatürasyona karşı çok hassastır (Pereira vd., 2018). Bu nedenle son birkaç yılda OH'nin PAS proteinleri üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Pereira vd. (2016), OH'nin hızlı ısıtma kapasitesinin, düşük elektrik alanı kuvveti altındaki işlemlerle birleştiğinde, ısıtmanın erken aşamalarında daha az protein agregatına ve yüksek miktarda çözünür proteine sahip WPI çözeltisine katkıda bulunduğunu belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise, orta düzeyde elektrik alan yoğunluğu ile muamele edilmiş tatlı PAS'ta büyük ölçüde biyoaktif peptitlerin salınımının sağlandığı ve kalite özelliklerine minimum düzeyde zarar verildiği bulgulanmıştır (Costa vd., 2018). Benzer şekilde, Pereira & Vicente (2010) tarafından yapılan çalışmada da orta düzeyde elektrik alanlarının sütte bulunan  $\alpha$ -la ve  $\beta$ -lg'nin denatürasyonu üzerindeki etkileri incelenmiş ve hacimsel ısıtma mekanizmasının bu proteinler üzerinde daha düşük denatürasyona sebep olabileceği ifade edilmiştir. OH ile ultrasesin kombine ön işleminin, bireysel işlemlerden daha etkili

olduğunu gösteren birkaç çalışma da literatürde mevcuttur. Alizadeh & Aliakbarlu (2020) tarafından yapılan çalışmada, kombine ön işlemin WPC'nin önemli ölçüde daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğu bulgulanmıştır.

## **2.5. Vurgulu Elektrik Alan Kullanımı**

Vurgulu elektrik alan (PEF) teknolojisi, hücre zarının geçirgen hale gelmesini sağlayan elektrik alanları oluşturmak için yüksek voltajlı elektrik darbelerinden oluşur (Šalaševičius, Uždavinytė, Visockis, Ruzgys, & Šatkauskas, 2023). PEF teknolojisinin, gıdaların kalitesini iyileştirmede, daha az enzimatik işlem uygulanmasında ve mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesinde önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir (Axelrod vd., 2022; Šalaševičius vd., 2023).

PEF geleneksel yöntemlere kıyasla daha düşük sıcaklıklarda uygulandığından gıdadaki istenmeyen tat oluşumunu azaltabilmektedir. Elektrik alanı yoğunluğunun, darbe genişliğinin ve darbe sayısının protein agregat oluşumu, jel yapılarının oluşumu ve denatürasyon ile ilgili değişiklikleri etkileyen başlıca faktörler olduğu bilinmektedir (Xiang, Ngadi, Ochoa-Martinez, & Simpson, 2011). Bu değişikliklerden bazıları,  $\beta$ -lg'nin denatürasyon sıcaklığının azaltılması ve  $\beta$ -lg peptidlerinin salınması olarak ifade edilebilir (Axelrod vd., 2022). Šalaševičius vd. (2023), PEF ile işleme tabi tutulan PAS'ta, yüksek sıcaklıkta pastörizasyona tabi tutulanlara göre  $\beta$ -lg içeriğinde önemli bir fark gözlemlendiğini rapor etmiştir. Çiğ süt ile karşılaştırıldığında ise  $\beta$ -lg içeriğinin etkilenmediği bulgulanmıştır (Šalaševičius vd., 2021). Axelrod vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, termal işlemlere kıyasla PEF için daha düşük sıcaklıklarda agregatların oluştuğu rapor edilmiştir. PEF uygulaması, daha az denatürasyona sebep olarak protein işlevselliğini termal işlemlere göre daha yüksek derecede koruyabilmektedir (P. Sharma, Oey, & Everett, 2016).

Endüstriyel açıdan değerlendirildiğinde PEF işlemi, süt endüstrisinin eko verimliliğini artırmaya yönelik sürdürülebilir bir yaklaşım olarak ortaya çıkmaktadır. PEF ile elektrodializ kombine işlemleri sonucunda, tatlı PAS'ın demineralizasyon verimi %81 oranında artarken enerji tüketimi de yaklaşık %16 oranında azalmıştır (Lemay, Mikhaylin, & Bazinet, 2019).

## **2.6. Işınlama (Irradiation)**

Gıda endüstrisinde, ultraviyole (UV) ve gama ( $\gamma$ ) ışınlama işlemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, ışınlama ile PAS'tan proteinlerin geri kazanımını değerlendiren literatürdeki çalışmalar ise sınırlıdır.

PAS proteinlerinde kazein misellerine göre daha az miktarda tirozin bulunmasından dolayı  $\gamma$ -ışınları nispeten daha az etki göstermektedir (Abbas Syed vd., 2021). UV ışınlamaları ise süt proteinlerinin belirli dalga boylarında parçalanmasına neden olabilmektedir (Buhler vd., 2019). UV ışınlarının dozu ve işlem süresi arttıkça PAS proteinlerinin yapısında değişiklikler meydana geldiği bildirilmektedir. Örneğin, 254 nm'de uygulanan UV ışınlamanın PAS proteinlerinin yapısında stabilite ve iyileşme sağladığı bulgulanmıştır (Kristo, Hazizaj, & Corredig, 2012). PAS proteinleri, daha yüksek dozlarda UV ışınlaması ile işlendiğinde daha yüksek moleküler ağırlığa sahip agregatlar oluşturmaktadır (Abbas Syed vd., 2021). UV ışınlamasının  $\alpha$ -la üzerindeki etkisi  $\beta$ -lg'den daha yüksektir; dolayısıyla daha düşük dozlarda denatürasyon meydana gelmektedir (Díaz, Candia, & Cobos, 2016).

## **2.7. Ultrases**

Gıda endüstrisinde günümüzde proteinlerin fonksiyonel niteliklerinin iyileştirilmesine yönelik düşük frekanslı yüksek enerjili ultrases (US) teknolojisi kullanılmaya başlanmıştır. PAS'ı bertaraf etmek yerine farklı biyoteknolojik çalışmalar ile PAS proteinlerinin geri kazanımında US yönteminin olumlu sonuçlar

gösterdiği ifade edilmektedir (Gajendragadkar & Gogate, 2016). Gajendragadkar & Gogate (2016) tarafından yapılan çalışmada, US ile PAS'ın UF verimini artırdığı ve sıvı ortamda oluşabilecek mikro kabarcıkların önlendiği belirlenmiştir. Ayrıca, PAS çözeltileri ve konsantratlarına uygulanan US ön işleminin, ısı stabiliteelerini geliştirmede etkili olduğu bildirilmiştir (Prabhuzantye, Khaire, & Gogate, 2019). Lorenzetti, Penha, Cunha Petrus, & Rezzadori (2020) US ön işlemi sayesinde, düşük saflıkta enzim kullanarak WPI'dan protein hidrolizini hızlandırmışlardır. Böylece, geleneksel yöntemle kıyasla 6 saat kadar daha kısa sürede hidroliz gerçekleştirilerek işlem maliyeti de azalmaktadır. Ek olarak, US işleminin sıcaklık ile kombinasyonu olan termosinasyon işlemi de PAS'tan protein geri kazanımında kullanılan tekniklerdendir. Prabhuzantye vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada, termosinasyon ön işlemi uygulanan PAS'ta %45 oranında protein kazanımı sağlanmıştır.

## **2.8. Soğuk Plazma**

Soğuk plazma, termal olmaması, sürdürülebilir olması ve çevresel kirliliğe yol açmaması ile son yıllarda ilgi çekici bir yöntem haline gelmiştir (Neuenfeldt, Silva, Pessoa, & O Rocha, 2023). Sharma & Singh (2020) soğuk plazmanın PAS'tan proteinlerin yapısında ve geri kazanımında etkilerini incelemişlerdir. Soğuk plazmanın geleneksel yöntemlere kıyasla proteinlerin etkinliğini geliştirdiğini bildirmişlerdir. Segat, Misra, Cullen, & Innocente (2015) atmosferik basınçlı soğuk plazma yöntemi kullanılarak PAS izolatu çözeltilerinin geri kazanımını ve farklı gıda formülasyonlarında fonksiyonel bileşen olarak kullanımını incelemişlerdir. Yazarlar, uygulama sonucunda proteinlerin köpürme ve emülsifiye etme kapasitelerinin arttığını belirlemişlerdir. Soğuk plazma yöntemi ile PAS'tan proteinlerin geri kazanımı hakkında literatürde sınırlı çalışma bulunmaktadır. İleriki yıllarda soğuk plazma yöntemi ile PAS'tan proteinlerin geri kazanımı üzerindeki etkilerinin incelenmesi beklenmektedir.

## **2.9. Kitosan Kiti Kullanımı**

Kitosan; asidik çözeltilerde katyonik yüke sahip olan, gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı ve kaplama materyali olarak tercih edilen, doğada en çok bulunan ikinci polisakkarit olarak bilinmektedir (Hasanvand & Razavi, 2023). Hasanvand & Razavi (2023) yaptıkları çalışmada, süt proteinleri ile kitosan kompleks koaservatlarının karakterizasyonu üzerine çalışmışlardır. Kompleks koaservatların proteinlerin saflaştırılması ve ayrıştırılmasında önemli bir yöntem olduğunu belirlemişlerdir. Yazarlar, kitosanın moleküler kütesinin, uygun protein-kitosan oranında önemli bir rol oynadığını göstermiştir. Kitosan, protein geri kazanımını desteklemiş ve optimum koşullarda kompleks koaservat oluşumuna olanak vermiştir. Kitosan kütlesi arttıkça protein-kitosan içeriği de artmıştır. Ayrıca proteinlerin farklı pH seviyelerinde kitosan kullanılarak izole edilebileceği ve saflaştırılabileceği sonucuna varılmıştır. Baei, Hosseinzadeh, & Younesi (2012), PAS işlemede nano kitosanların kullanımı üzerine bir çalışma yapmışlardır. Nano kitosan nanopartiküllerin kullanımının PAS'da ağır metallerin ve safsızlıkların giderilmesinde, yağların adsorpsiyonunda ve mevcut proteinlerin saflaştırılmasında etkili olduğu görülmüştür. İzolasyon işlemi sonrasında proteinlerin yüksek saflıkta laktoza dönüştürülmesinin de mümkün olabileceği belirtilmiştir. Hirsch vd., (2020) kitosan mini küreleri kullanılarak PAS protein izolatlarının geri kazanımı ve laktoferrinin saflaştırılması üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada ısıl işlem uygulanmaksızın kitosan bazlı matrisler geliştirilmiştir. Geliştirilen mini küreler ile herhangi bir ön işleme gerek kalmadan %12 oranında laktoferrinin geri kazanımı sağlanmıştır. Yazarlar, kitosan gibi doğal polimerlerin kullanımı ile PAS'tan değerli bileşenlerin geri kazanımının sağlanabileceğini ortaya koymuştur.

### **3. PEYNİR ALTI SUYUNDAN LAKTOZUN GERİ KAZANIMINDA KULLANILAN YENİLİKÇİ YÖNTEMLER**

Günümüzde PAS'tan geri kazanılan laktoz tozları tabletlerde, şuruplarda, kapsüllerde ve diğer farmasötik preparatlarda yardımcı madde; gıda endüstrisinde ise takviye olarak kullanılmaktadır. Diğer yandan esmerleştirme ajanı, fermantasyon ve etanol substratı, tatlandırıcı, laktosil üre olarak kullanımları mevcuttur (Gajendragadkar & Gogate, 2016).

Geleneksel yöntemler ile laktoz kazanımı toplam katı konsantrasyonu %55-60 olan PAS çözeltilerine uygulanmakta ve bu işlem 12 ile 72 saat arasında sürerek önemli bir mali zarara neden olmaktadır. Ayrıca elde edilen laktoz sarı renk ile sonuçlanmakta ve laktozun beyazlaştırılması için başka bir işlem daha gerekmektedir (Gajendragadkar & Gogate, 2016).

PAS'ın konsantrasyonu için kullanılan başlıca yöntemler arasında sıcaklık bazlı işlemler, membran bazlı işlemler ve demineralizasyonu saymak mümkündür. PAS konsantrasyonunda dört farklı membran filtrasyon teknolojisi (mikrofiltrasyon, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve ters osmoz) kullanılmaktadır. Membran filtrasyon proseslerin uygulanması, hem konsantre bir fraksiyonda PAS proteini hem de permeatta minerallerle birlikte laktozun konsantre çözeltilerinin elde edilmesini sağlar (Uald Lamkaddam vd., 2023). Laktozun geri kazanımı genellikle PAS'tan laktozun kristalleşmesini sağlamak için bir anti-çözücü kullanımına dayanmaktadır.

Kristalizasyon işlemi, doymuş çözeltiden saf ve kristal formda bir katı elde etme işlemidir ve süreç genellikle aşırı doyumluk, çekirdek oluşumu ve ardından kristal büyümesi olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır (Gajendragadkar & Gogate, 2017). Yapılan bir çalışmada, laktozun sıfırın altındaki koşullarda kristalleşebileceği ve daha hızlı kristalleşme sonucu

(24 saat sonucunda) laktozun geri kazanımının %85'e ulaşabileceği tespit edilmiştir (Halfwerk, Yntema, Van Spronsen, & Van der Padt, 2023). Darmali, Mansouri, Yazdanpanah, Nagy, & Woo (2022) ise sürekli kristalizasyon prosesinin kesikli prosese göre 1.5 kat daha fazla protein kazanımı sağladığını bulmuşlardır.

Günümüzde genellikle kristalizasyon işlemi ile birlikte farklı teknikleri bir arada kullanarak laktoz geri kazanımı sağlanmaya çalışılmaktadır. D. Sharma, Murthy, & Patel (2023) farklı çalışma parametrelerinin laktoz verimi üzerindeki etkisini araştırmak için laktozun mikroakışkan anti-çözücü (aseton) kristalizasyonunu incelemiştir. Maksimum laktoz verimi (%12 w/v konsantrasyon, 1:2,5 çözücü-anti-çözücü oranı, 50/125 mL/sa akış hızı ve 20 °C) %94,58 olarak belirlenmiştir. González-Amado, Tavares, Freire, Soto, & Rodríguez, (2021) çalışmalarında, PAS'tan laktoz,  $\beta$ -lg ve  $\alpha$ -la'nın geri kazanımı için polimer/tuz ile oluşturulan sulu iki fazlı sistemler üzerinde çalışmış ve >%95 protein (çökelti) ve laktozun %80'inin (alt faz) verimli bir şekilde geri kazanılmasını sağlamışlardır. Khaire & Gogate (2018) termal, US ve termosonikasyon gibi farklı ön işlem uygulamalarının süzme PAS'tan laktoz geri kazanımı üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Ultrafiltrasyon daha sonra PAS'tan proteinlerin ve laktozun ayrılması için kullanılmış ve ardından etanol kullanılarak laktozun anti-çözücü sonokristalizasyonu gerçekleştirilmiştir. US ve ısıtma kullanılarak yapılan kombine ön işlem, laktozun %94,59 oranında maksimum geri kazanımını ortaya koymuştur. Gajendragadkar & Gogate (2017) ise anti-çözücü sonokristalizasyon kullanarak iki ayrı ultrasonik frekansta (22 kHz ve 33 kHz) PAS'tan laktozun geri kazanımını incelemiştir. Laktoz saflığı ultrasonik frekansın 22 kHz'den 33 kHz'e yükselmesiyle artmış, %98 laktoz geri kazanımı ve %97 laktoz saflığı elde edilmiştir. Benzer şekilde Khaire, Sunny, & Gogate (2019) US (22kHz ve 44kHz)

kullanarak PAS'tan laktozun geri kazanılması için yoğunlaştırılmış ultrafiltrasyona odaklanmışlardır. US destekli ultrafiltrasyonun, kirlenmenin azalması nedeniyle iyileştirilmiş membran çalışmasıyla laktoz geri kazanımını arttırmada etkili bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir.

Dondurarak konsantrasyon (FC), PAS'ta bulunan protein ve laktozu ayırmak ve konsantre etmek için düşük maliyetli alternatif bir teknoloji olarak son yıllarda ilgi görmeye başlamıştır. FC, düşük enerji tüketimi, kolay kullanımı ve %70'den fazla su uzaklaştırması gibi avantajlar sağlamaktadır. Uald Lamkaddam vd. (2023) protein ve laktoz içeriğini aşamalı dondurarak konsantrasyon (FC) yoluyla konsantre etmişlerdir ve optimum koşullar altında konsantre fraksiyonda %13,93 protein içeriği ve buz fraksiyonunda %6,24 (w/w) laktoz içeriğine ulaşmışlardır.

#### **4. SONUÇ**

Peynir altı suyu (PAS), biyolojik ve çevresel etkilere sahip olan süt endüstrisinin önemli bir yan ürünüdür. Aynı zamanda, yüksek besin içeriği ile ön plana çıkmaktadır. PAS bünyesinde bulunan protein ve laktoz gibi değerli bileşenlerin geri kazanılması, gerek endüstriyel gerek ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, PAS'tan protein ve laktozun geri kazanımına yönelik geleneksel yöntemlerden farklı olarak yenilikçi teknolojilere odaklanılmıştır. Son 15 yıl dikkate alındığında, PAS proteinlerinin geri kazanımı için elektrodializ, yüksek hidrostatik basınç, süperkritik karbondioksit, ohmik ısıtma, vurgulu elektrik alan, ışınlama, ultrases, soğuk plazma ve kitosan kiti kullanımı gibi yenilikçi yöntemlerin yaygınlaşmaya başladığı; laktozun geri kazanımında ise kristalizasyon ve dondurarak konsantrasyonun öne çıktığı sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar yenilikçi yöntemler üzerine araştırmalar devam etse

de PAS gibi katma değeri yüksek bir yan üründen protein ve laktozun geri kazanılmasını sağlamak için kapsamlı, deneysel ve teorik çalışmalara daha fazla ihtiyaç vardır.

### KAYNAKÇA

- Abbas Syed, Q., Hassan, A., Sharif, S., Ishaq, A., Saeed, F., Afzaal, M., ... Anjum, F. M. (2021). Structural and functional properties of milk proteins as affected by heating, high pressure, Gamma and ultraviolet irradiation: a review. *International Journal of Food Properties*, C. 24, ss. 871-884. Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10942912.2021.1937209>
- Alizadeh, O., & Aliakbarlu, J. (2020). Effects of ultrasound and ohmic heating pretreatments on hydrolysis, antioxidant and antibacterial activities of whey protein concentrate and its fractions. *LWT*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109913>
- Axelrod, R., Beyrer, M., & Mathys, A. (2022). Impact of the electric field intensity and treatment time on whey protein aggregate formation. *Journal of Dairy Science*, 105(8), 6589-6600. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21395>
- Ayala-Bribiesca, E., Araya-Farias, M., Pourcelly, G., & Bazinet, L. (2006). Effect of concentrate solution pH and mineral composition of a whey protein diluate solution on membrane fouling formation during conventional electrodialysis. *Journal of Membrane Science*, 280(1-2), 790-801. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.02.036>
- Baei, M. S., Hosseinzadeh, M. J., & Younesi, H. (2012). Whey processing with nano chitosan. *World Applied Sciences Journal*, 19(4), 530-537. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.19.04.986>

- Bonnaillie, L. M., & Tomasula, P. M. (2012). Fractionation of whey protein isolate with supercritical carbon dioxide to produce enriched  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin food ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(20), 5257-5266. <https://doi.org/10.1021/jf3011036>
- Buhler, S., Solari, F., Gasparini, A., Montanari, R., Sforza, S., & Tedeschi, T. (2019). UV irradiation as a comparable method to thermal treatment for producing high quality stabilized milk whey. *LWT*, 105, 127-134. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.01.051>
- Costa, N. R., Cappato, L. P., Pereira, M. V. S., Pires, R. P. S., Moraes, J., Esmerino, E. A., ... Cruz, A. G. (2018). Ohmic Heating: A potential technology for sweet whey processing. *Food Research International*, 106, 771-779. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.046>
- Darmali, C., Mansouri, S., Yazdanpanah, N., Nagy, Z. K., & Woo, M. W. (2022). Continuous lactose recovery from acid whey by mixed suspension mixed product removal (MSMPR) crystallizer in the presence of impurities. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108752>
- Díaz, O., Candia, D., & Cobos, Á. (2016). Effects of ultraviolet radiation on properties of films from whey protein concentrate treated before or after film formation. *Food Hydrocolloids*, 55, 189-199. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.11.019>
- Dlask, O., & Václavíková, N. (2018, Şubat 1). Electrodialysis with ultrafiltration membranes for peptide separation. *Chemical Papers*, C. 72, ss. 261-271. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s11696-017-0293-6>

- Ferreira, S., Machado, L., Pereira, R. N., Vicente, A. A., & Rodrigues, R. M. (2021). Unraveling the nature of ohmic heating effects in structural aspects of whey proteins – The impact of electrical and electrochemical effects. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 74. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102831>
- Firdaous, L., Dhulster, P., Amiot, J., Gaudreau, A., Lecouturier, D., Kapel, R., ... Bazinet, L. (2009). Concentration and selective separation of bioactive peptides from an alfalfa white protein hydrolysate by electrodialysis with ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science*, 329(1-2), 60-67. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2008.12.012>
- Gajendragadkar, C. N., & Gogate, P. R. (2016, Eylül 1). Intensified recovery of valuable products from whey by use of ultrasound in processing steps - A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, C. 32, ss. 102-118. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.02.023>
- Gajendragadkar, C. N., & Gogate, P. R. (2017). Ultrasound assisted intensified recovery of lactose from whey based on antisolvent crystallization. *Ultrasonics Sonochemistry*, 38, 754-765. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.08.011>
- González-Amado, M., Tavares, A. P. M., Freire, M. G., Soto, A., & Rodríguez, O. (2021). Recovery of lactose and proteins from cheese whey with poly(ethylene)glycol/sulfate aqueous two-phase systems. *Separation and Purification Technology*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117686>
- Halfwerk, R., Yntema, D., Van Spronsen, J., & Van der Padt, A. (2023). Recovery of lactose from simulated delactosed whey permeate by a low-temperature crystallization

process. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 5958-5969.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2023-23249>

Hasanvand, E., & Razavi, S. M. A. (2023). Fabrication and characterisation of milk proteins-chitosan complex coacervates. *International Dairy Journal*, 145.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105716>

Hirsch, D. B., Martínez Álvarez, L. M., Urtasun, N., Baieli, M. F., Lázaro-Martínez, J. M., Glisoni, R. J., ... Wolman, F. J. (2020). Lactoferrin purification and whey protein isolate recovery from cheese whey using chitosan mini-spheres. *International Dairy Journal*, 109.  
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104764>

Karimidastjerd, A., & Gulsunoglu-Konuskan, Z. (2023). Biological, functional and nutritional properties of caseinomacropptide from sweet whey. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, C. 63, ss. 4261-4273. Taylor and Francis Ltd.  
<https://doi.org/10.1080/10408398.2021.2000360>

Khaire, R. A., & Gogate, P. R. (2018). Intensified recovery of lactose from whey using thermal, ultrasonic and thermosonication pretreatments. *Journal of Food Engineering*, 237, 240-248.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.04.027>

Khaire, R. A., Sunny, A. A., & Gogate, P. R. (2019). Ultrasound assisted ultrafiltration of whey using dual frequency ultrasound for intensified recovery of lactose. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107581>

Kristo, E., Hazizaj, A., & Corredig, M. (2012). Structural changes imposed on whey proteins by UV irradiation in a continuous UV light reactor. *Journal of Agricultural and*

*Food Chemistry*, 60(24), 6204-6209.  
<https://doi.org/10.1021/jf300278k>

- Lemay, N., Mikhaylin, S., & Bazinet, L. (2019). Voltage spike and electroconvective vortices generation during electrodialysis under pulsed electric field: Impact on demineralization process efficiency and energy consumption. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 221-231.  
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.12.004>
- Lima, J. C., Seixas, F. A. V., Coimbra, J. S. R., Pimentel, T. C., Barão, C. E., & Cardozo-Filho, L. (2019). Continuous fractionation of whey protein isolates by using supercritical carbon dioxide. *Journal of CO2 Utilization*, 30, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2019.01.008>
- Liu, Y., Kang, N., Cheng, H., Chu, X., Sun, Z., & Xi, C. (2021). Preparation and characterization of whey protein isolate nanoparticles in supercritical CO<sub>2</sub>. *LWT*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111227>
- Lorenzetti, A., Penha, F. M., Cunha Petrus, J. C., & Rezzadori, K. (2020). Low purity enzymes and ultrasound pretreatment applied to partially hydrolyze whey protein. *Food Bioscience*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100784>
- Marciniak, A., Suwal, S., Britten, M., Pouliot, Y., & Doyen, A. (2018). The use of high hydrostatic pressure to modulate milk protein interactions for the production of an alpha-lactalbumin enriched-fraction. *Green Chemistry*, 20(2), 515-524. <https://doi.org/10.1039/c7gc03428h>
- Marciniak, A., Suwal, S., Touhami, S., Chamberland, J., Pouliot, Y., & Doyen, A. (2020). Production of highly purified fractions of  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin from

- cheese whey using high hydrostatic pressure. *Journal of Dairy Science*, 103(9), 7939-7950.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17817>
- Mazri, C., Sánchez, L., Ramos, S. J., Calvo, M., & Pérez, M. D. (2012). Effect of high-pressure treatment on denaturation of bovine  $\beta$ -lactoglobulin and  $\alpha$ -lactalbumin. *European Food Research and Technology*, 234(5), 813-819.  
<https://doi.org/10.1007/s00217-012-1695-x>
- Ndiaye, N., Pouliot, Y., Saucier, L., Beaulieu, L., & Bazinet, L. (2010). Electroseparation of bovine lactoferrin from model and whey solutions. *Separation and Purification Technology*, 74(1), 93-99.  
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2010.05.011>
- Neuenfeldt, N. H., Silva, L. P., Pessoa, R. S., & O Rocha, L. (2023, Ağustos 1). Cold plasma technology for controlling toxigenic fungi and mycotoxins in food. *Current Opinion in Food Science*, C. 52. Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101045>
- Nicolás, P., Ferreira, M. L., & Lassalle, V. (2019, Nisan 1). A review of magnetic separation of whey proteins and potential application to whey proteins recovery, isolation and utilization. *Journal of Food Engineering*, C. 246, ss. 7-15. Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.021>
- Pereira, R., Martins, J., Mateus, C., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2007). Death Kinetics of Escherichia coli in Goat Milk and Bacillus licheniformis in Cloudberry Jam Treated by Ohmic Heating. *Chemical Papers*, 61(2), 121-126.  
<https://doi.org/10.2478/s11696-007-0008-5>
- Pereira, R. N., & Vicente, A. A. (2010). Environmental impact of novel thermal and non-thermal technologies in food

- processing. *Food Research International*, 43(7), 1936-1943. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.013>
- Pereira, Ricardo N., Rodrigues, R. M., Ramos, Ó. L., Xavier Malcata, F., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2016). Production of Whey Protein-Based Aggregates Under Ohmic Heating. *Food and Bioprocess Technology*, 9(4), 576-587. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1651-4>
- Pereira, Ricardo Nuno, Teixeira, J. A., Vicente, A. A., Cappato, L. P., da Silva Ferreira, M. V., da Silva Rocha, R., & da Cruz, A. G. (2018). Ohmic heating for the dairy industry: a potential technology to develop probiotic dairy foods in association with modifications of whey protein structure. *Current Opinion in Food Science*, 22, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.014>
- Prabhuzantye, T., Khaire, R. A., & Gogate, P. R. (2019). Enhancing the recovery of whey proteins based on application of ultrasound in ultrafiltration and spray drying. *Ultrasonics Sonochemistry*, 55, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.03.008>
- Rocha, J. M., & Guerra, A. (2020, Kasım 1). On the valorization of lactose and its derivatives from cheese whey as a dairy industry by-product: an overview. *European Food Research and Technology*, C. 246, ss. 2161-2174. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03580-2>
- Romero-Velarde, E., Delgado-Franco, D., García-Gutiérrez, M., Gurrola-Díaz, C., Larrosa-Haro, A., Montijo-Barrios, E., ... Geurts, J. (2019). The importance of lactose in the human diet: Outcomes of a Mexican consensus meeting. *Nutrients*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/nu11112737>

- Šalaševičius, A., Uždavinytė, D., Visockis, M., Ruzgys, P., & Šatkauskas, S. (2021). Effect of pulsed electric field (Pef) on bacterial viability and whey protein in the processing of raw milk. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/app112311281>
- Šalaševičius, A., Uždavinytė, D., Visockis, M., Ruzgys, P., & Šatkauskas, S. (2023). Comparative Analysis of Pulsed Electric Fields (PEF) and Traditional Pasteurization Techniques: Comparative Effects on Nutritional Attributes and Bacterial Viability in Milk and Whey Products. *Applied Sciences*, 13(22), 12127. <https://doi.org/10.3390/app132212127>
- Segat, A., Misra, N. N., Cullen, P. J., & Innocente, N. (2015). Atmospheric pressure cold plasma (ACP) treatment of whey protein isolate model solution. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 247-254. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.03.014>
- Sereechantarek, C., Hongsprabhas, P., Chanput, W., & Kamonpatana, P. (2021). Effects of ohmic heating on structural and physicochemical changes of whey proteins. *Agriculture and Natural Resources*, 55(3), 464-472. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2021.55.3.17>
- Sharma, D., Murthy, Z. V. P., & Patel, S. R. (2023). Microfluidic Antisolvent Crystallization of Lactose: Effect of Process Parameters. *Waste and Biomass Valorization*, 14(2), 645-653. <https://doi.org/10.1007/s12649-022-01691-3>
- Sharma, P., Oey, I., & Everett, D. W. (2016). Thermal properties of milk fat, xanthine oxidase, caseins and whey proteins in pulsed electric field-treated bovine whole milk. *Food Chemistry*, 207, 34-42. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.03.076>

- Sharma, S., & Singh, R. k. (2020, Ağustos 1). Cold plasma treatment of dairy proteins in relation to functionality enhancement. *Trends in Food Science and Technology*, C. 102, ss. 30-36. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.013>
- Uald Lamkaddam, I., Vega, E., Colón, J., Ponsá, S., Llenas, L., & Mora, M. (2023). Progressive freeze concentration of cheese whey for protein and lactose recovery. *International Dairy Journal*, 139. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105572>
- Wang, Q., Chen, G. Q., & Kentish, S. E. (2020). Isolation of lactoferrin and immunoglobulins from dairy whey by an electro dialysis with filtration membrane process. *Separation and Purification Technology*, 233. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.115987>
- Xiang, B. Y., Ngadi, M. O., Ochoa-Martinez, L. A., & Simpson, M. V. (2011). Pulsed Electric Field-Induced Structural Modification of Whey Protein Isolate. *Food and Bioprocess Technology*, 4(8), 1341-1348. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0266-z>
- Yordanov, D. G., & Angelova, G. V. (2010). High pressure processing for foods preserving. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, C. 24, ss. 1940-1945. <https://doi.org/10.2478/V10133-010-0057-8>
- Yver, A. L., Bonnaillie, L. M., Yee, W., Mcaloon, A., & Tomasula, P. M. (2012). Fractionation of whey protein isolate with supercritical carbon dioxide-process modeling and cost estimation. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(1), 240-259. <https://doi.org/10.3390/ijms13010240>

# ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KULLANILAN YEMLERİN AĞIR METAL İÇERİĞİNİN BELİRLENMESİ<sup>1</sup>

**Cemal POLAT<sup>2</sup>**

**Korcan DENİZHAN<sup>3</sup>**

## 1. GİRİŞ

Su ürünleri, dünyada ve ülkemizde insanların beslenmesinde önemli bir hayvansal protein kaynağı oluşturmaktadır. Doğal kaynaklardaki balık popülasyonlarının azalmasına bağlı olarak balık yetiştiriciliği özellikle son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de hızla artmaktadır.

Ülkemizde ilk olarak 1970'li yıllarda başlayan alabalık üretimi, modern yetiştiricilik tekniklerinin kullanılması ve tercih edilen bir su ürünü olması nedeni ile oldukça önemlidir. 2008 yılında yetiştiricilik üretiminin miktar olarak %43,73'ü iç sularda, %56,27'i ise denizlerde gerçekleştirilmiştir. Yetiştirilen en önemli türler iç sularda %43,32 ile alabalık olmuştur (Tuik, 2009).

Alabalık, Ülkemizde su ürünleri içerisinde hayvansal protein kaynağı olarak en çok tercih edilen balık türlerinden biridir. İnsan kontrolünde iç sularda (tatlı su) ve denizlerde

---

<sup>1</sup> Çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

<sup>2</sup> Dr. Öğretim Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, cpolat@nku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-7419-2864.

<sup>3</sup> Korcan DENİZHAN, Danışman: Cemal POLAT, orca22@gmail.com, ORCID: 0009-0000-3299-9582.

kurulan alabalık çiftliklerinde büyük kapasitelerde üretimi yapılmaktadır.

Üretilen balıkların güvenilir şekilde yetiştirilip ve pazarlanmaları için, çiftlikteki tüm balıkların yaşaması, büyümesi, üremesi, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı olacak şekilde balık türüne uygun yeterli ve kaliteli yemlerle beslenmeleri gerekmektedir (Erdem, 2001).

Ağır metaller ise endüstriyel teknolojinin gelişmesine paralel olarak su, hava ve toprağa daha yoğun bir şekilde bulaşarak son yıllarda önemli bir toksikolojik sorun olarak insanlığın karşısına çıkmıştır. Üretimin aşırı şekilde artması, doğanın kendini yenileme kapasitesinin üstüne çıkıldığından çevre kirlenmesi başlamaktadır (Dökmeci, 1988).

Çevre kirliliğine bağlı olarak ağır metallerin besin zincirine girişi hayvan ve insan sağlığı yönünden önem taşımaktadır. Canlı organizmalar besin zinciri içerisinde bünyelerine biriken ağır metalleri, birbirine taşıyabildikleri gibi ortamda hiçbir şekilde yok olmayıp, birtakım yollarla insanlara ulaşabilmekte ve insan sağlığını tehdit edip, bazen tehlikeli boyutlara erişebilmektedir. Birçoğu canlı yaşamı için gerekli elementler olup eksikliklerinde çeşitli septomatik bozukluklara yol açarlar. Fakat belirli sınırların üzerinde olduklarında ise toksik etki yapıp organizmayı bozarlar. Bu ağır metallerden mineral olarak bilinen ve organizmada birçok biyokimyasal reaksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, Co, Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmada kuvvetli etkiye sahip Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller belirli limitlerin dışına çıktığında toksik etki yapmakta ve organizmanın canlılığına son vermektedir (Sarıeyüpoğlu ve Say 1991).

Akuatik bir canlı olan balıklarda ağır metaller beslenme ve absorpsiyon yolu ile vücutlarında birikebilmektedir. Beslenme

zinciri ile ağır metaller ya direkt olarak kullanılan yemler, plankton ve sudaki diğer tüketici organizmalar ile balıklara geçebilmektedir. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu, balık türlerinin beslenme alışkanlığı ile ilgili olup, balığın dokuları ve organları arasında da ayırım göstermektedir (Kargin ve Erdem 1991).

Ülkemizde birçok alabalık çiftliği ve Trakya yöresinde alabalık üretiminde faaliyet gösteren alabalık çiftlikleri, denizlerimizde su ürünleri mevzuatına göre av yasağının bulunduğu yaz döneminde oldukça önemli bir tüketici kitlesine ulaşmaktadır. Alabalık üretiminde ağır metal limitlerinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada ağır metal durumlarının belirlenmesi bakımından mevcut durumlarının tespiti amaçlanmıştır.

### **1.1. Ağır Metaller**

İnsanlar ve hayvanlar için hayati önemi olan metaller, endüstri ve uygarlığın temelini de oluştururlar. Farklı şekillerde tanımlanan ağır metal kavramı en çok “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal” olarak açıklanır. Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu  $5 \text{ gr/cm}^3$  ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

Ağır metaller canlıların yaşamlarını sürdürdükleri hava, su, topraktan oluşan ekosistem içerisine, doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle yayılımı söz konusu olduğu görülmektedir. Ağır metallerin çevreye yayılımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

## 1.2. Ağır Metallerin Etkileri

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır. Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Tablo 1). Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan civadır. Bir ağır metalin yaşamsal olup olmadığı dikkate alınan organizmaya da bağlıdır. Örneğin, nikel bitkiler açısından toksik etki gösterirken, hayvanlarda iz element olarak bulunması gerekir (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

**Tablo 1. Doğada Bulunan İz Elementler ve Etkileri**

Element	Kaynaklar	Etki ve Önemleri
Arsenik	Madencilikte yan ürün, peptisitler, kimyasal atıklar,	Toksik, muhtemelen kanserojen
Kadmiyum	Endüstriyel madencilik, metal kaplamacılık	Biyokimyasal olarak çinko ile yer değiştirir, toksik,
Kurşun	Endüstriyel madencilik, sıvı yakıt ve kurşun kaplamacılığında	Toksik, yabani hayata zarar
Bakır	Metal kaplamacılık, endüstriyel atık, madencilik	Hayvanlarda çok toksik değil, alg ve bitkiler için toksik
Çinko	Endüstriyel atıklar, metal kaplamacılık	Esansiyel element, yüksek seviyelerde fitotoksik
Krom	Metal kaplamacılık	Muhtemelen kanserojen
Florür	Doğal, endüstriyel, içme suyuna ilave	1mg/lt civarında diş çürümelerini, 5mg/lt civarında ise kemik hasarını önler
İyot	Endüstriyel, doğal ve deniz suyundan	Guatr'ı önler
Demir	Demir kaynakları, maden suyu	Çok toksik değil, demir oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının hasara uğraması,
Mangan	Mangan kaynakları, endüstriyel atık	Çok toksik değil, mangan oksitlerinden dolayı elbise ve banyo eşyalarının hasara uğraması,
Cıva	Endüstriyel atıklar madencilik, kömür	Akut ve kronik toksiste
Molibden	Endüstriyel atık, doğal kaynaklar	
Gümüş	Doğal jeolojik kaynaklar, fotografik işlemler için elektro kaplamacılık	Derinin, mukoz membranlarının ve gözlerin mavi-gri renklesmesine sebep olur.

**Kaynak:** (Karadede 1997)

Yukarıda verilen tablo 1' de ağır metallerin doğaya yayılımını hızlandıran faaliyetleri ve canlılarda oluşturdukları hasarları belirtmektedir.

Ağır metaller içerisinde çevresel etki açısından en yüksek yayılıma sahip olan kurşun, toksikolojik olarak en büyük hasara yol açan kadmiyum ve yaşamsal özellik göstermesine rağmen aldığı farklı değeriğe göre kanserojen özellik gösteren krom ekosistemde aldıkları rollerinden dolayı önemlidirler. Ağır metallerin insan metabolizmasında fizyolojik ve taşıma sistemlerine, kimyasal reaksiyonlara, alerjen, hormon ve enzimlerin aktivitelerine, kanserojen ve mutajen olarak oluşturduğu olumsuz etkiler bulunmaktadır (Kahvecioğlu ve ark. 2004).

**Tablo 2. Deney Hayvanlarında Metallerin Karsinojenik Etkileri**

<b>Metal</b>	<b>Deney Hayvanı</b>	<b>Tümör</b>	<b>Bölge</b>
Berilyum	Fare, sıçan, maymun	Osteosarkom Karsinoma	Kemik, Akciğer
Kadmiyum	Fare, sıçan, tavuk	Sarkoma, Teratoma	Enjeksiyon bölgesi, Testisler
Kobalt	Sıçan, tavşan	Sarkoma	Enjeksiyon bölgesi
Krom	Fare, sıçan, tavşan	Sarkoma Karsinoma	Enjeksiyon bölgesi Akciğer
Demir	Hamster, fare, sıçan, tavşan	Sarkoma	Enjeksiyon bölgesi
Nikel	Fare, sıçan, kedi hamster, tavşan kobay,sıçan	Sarkoma Karsinoma Karsinoma	Enjeksiyon bölgesi Akciğer Böbrek
Kurşun	Fare, sıçan	Karsinoma	Böbrek
Titanyum	Sıçan	Sarkoma	Enjeksiyon bölgesi
Çinko	Tavuk, sıçan, hamster	Karsinoma Teratoma	Testisler

**Kaynak:** (Klaassen, 2001)

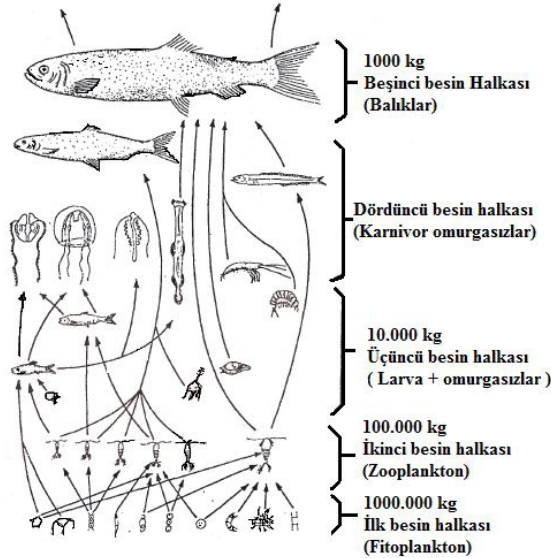
Tablo 2' de farklı deney hayvanlarında kanserojenik etkilere sahip ağır metallerin etkiledikleri vücut bölgeleri ve oluşturdukları kanser tümörleri belirtilmiştir.

### 1.3. Ağır Metallerin Besin Zinciri ile Alımı

Bir ekosistemdeki madde iletimi canlılar arasındaki besin zinciri ile sağlanır. Besin zinciri bir canlının diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşan bir piramittir. Ağır metaller beslenme zinciri ile balıklara geçmektedirler. Ağır metallerin balıklardaki konsantrasyonu balık türünün beslenme alışkanlıkları ve vücuda alınan metallere bağlı olup, balığın doku ve organlarında da ayrım göstermektedir. Karnivor balıklardaki konsantrasyon, herbivor balıklardaki konsantrasyondan daha yüksek değerlerdedir. Beslenme mevsimine bağlı olarak ağır metal konsantrasyonlarında önemli değışmeler görülür (Aksun, 1986).

Alabalık üretme tesislerinde havuz ortamında doğal besin zinciri basamaklarının tamamı görülmemektedir. Ağır metallerin besin zinciri yolu ile alımında alabalık üretme çiftliklerinde en önemli girdi, rasyondaki metal içerikleridir.

**Şekil 1. Alabalıkların Doğal Beslenme Basamakları**

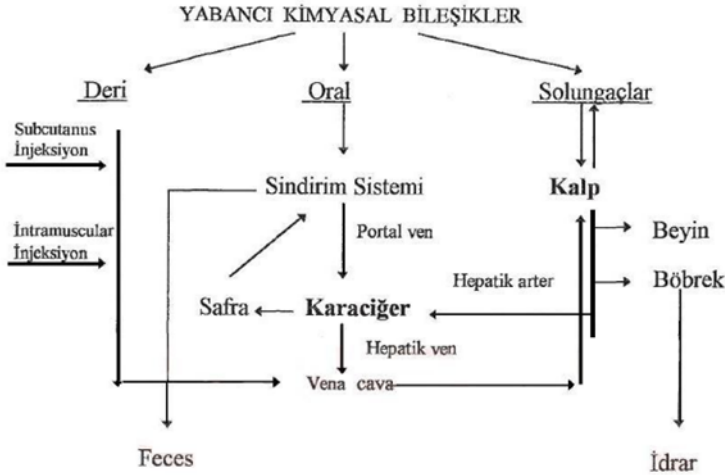


**Kaynak:** (Tanyolaç, 1993)

## 1.4. Ağır Metallerin Vücut İçerisine Alınımı

Akuatik canlılarda, ağır metallerin alınması ile birikimi, suyun ve sedimentin, kimyasal, fiziksel özelliklerine bağlıdır. Sudaki artan kalsiyum konsantrasyonu bakır, kadmiyum ve çinko'nun alınımı azalttığı bildirilmiştir. Akkuatik canlılar grubu içindeki balıkların ağır metal alım yolları solungaçlar ve bağırsaklar aracılığı ile olduğu görülmektedir (Hogstrand ve Haux 1991).

### Şekil 2. Ağır Metallerin Vücuda Alınımı ve Dağılımı



**Kaynak:** (Dökmeci, 1988)

Balıkların vücutlarına temel olarak üç farklı yol ile girebilen ağır metal gibi yabancı kimyasal maddelerin çeşitli organlarda izledikleri yollar ve sindirim sistemi, böbrekler ile vücut dışına atılışı görülmektedir.

### 1.4.1. Solungaçlardan Emilim

Balıklar, ağız yolu ile alınan sudaki oksijenin solungaçlardaki kılcıl damarlardan alınması sırasında suda çözülmüş yâda askıda bulunan diğer materyalleri de alırlar.

Balıklar solunum hareketleri sırasında ağır metalleri de solungaçlardaki lameller tarafından vücut içerisine almaktadırlar (Heath, 1987).

#### **1.4.2. Sindirim Sisteminden Emilim**

Balıklarda en fazla görülen zehirlenmeler ağız yolu ile alınan toksik maddelerle olmaktadır. Bu nedenle sindirim sisteminden emilim oldukça önemlidir. Ağız yolu ile alınan toksik maddelerin en fazla emiliminin olduğu yer ince bağırsaklardır. Sindirim sisteminden emilen toksik maddeler, kan dolaşımı yolu ile tüm vücuda dağılarak bir zehirlenme tablosu ortaya çıkarır. Bu tip zehirlenme, toksik maddenin türüne ve vücut tarafından emilen miktarına bağlı olmaktadır (Dökmeci, 1988).

#### **1.4.3. Deriden Emilim**

Akuatik ortamlarda yaşayan balıkların derileri genellikle toksik maddelerle temas halindedir, bu durum balıkların sudaki çözülmüş durumda bulunan ağır metallerin deriden emilimini arttırmaktadır (Dökmeci, 1988).

#### **1.4.4. Ağır Metallerin Dokulardaki Dağılımı**

Ağır metaller, canlı metabolizması tarafından emildikten sonra vücut ağırlığının büyük bir bölümünü oluşturan sıvı bölüme geçer. Kandan sıvı bölümlere geçiş genellikle pasif difüzyon yardımı ile olmaktadır. Birçok metal, canlı vücudunda genellikle özel dokularda depolanırlar. Bazıları yüksek konsantrasyonlarda bir dokuda depolanıp toksik etkinin dokuların bulunduğu organda ortaya çıkmasına yol açarlar. Bazı metaller ise depolandığı doku ve organların dışında toksik etki yaparlar. Örneğin, kurşun kemiklerde depolanmasına karşın zehirlenme belirtilerini yumuşak dokularda gösterir (Dökmeci, 1988).

Vücut içerisindeki toksik maddelerin merkezi sinir sistemine geçişlerinde kan-beyin engeli sınırlayıcı faktörü rol

oynamaktadır. Kan-beyin engeli tam olarak gelişmeyen yavru balıklarda ağır metaller daha çok etkilidir. Örneğin, kurşun yavru balıklarda oldukça etkili olurken gelişmiş balıklarda daha az etkilidir (Timbrell, 1991).

Canlılar tarafından alınan ağır metallerin dağılış yerleri oldukça farklılık gösterir. Balıklarda, bakır daha çok karaciğerlerde akümüle olurken, çinko birincil olarak deride ve kaslarda gözlenir. Kadmiyum, balıklarda yavaş birikir, özellikle böbrek ve karaciğerde birikme özelliği bulunmaktadır (Hogstrand ve Haux 1991).

Bazı ağır metaller vücuttaki en yüksek konsantrasyona gelince depolanmaktadır. Vücut içindeki toksik madde belirli limiti aşmadığı sürece zehirlilik özelliğini göstermemektedir. Balıklarda doku ve organlarda biriken metal, etkide kalınan süreye ve ortam konsantrasyonuna bağlı olarak artmaktadır. Genellikle en yüksek birikim karaciğerde olurken en düşük birikim kas dokularında görülür. Bunun en önemli nedeni ağır metallerin lethal olmayan konsantrasyonlarda balıkların metabolik olarak daha aktif organlarında birikmesidir (Kargın ve Erdem 1992).

Ortamda birden fazla metalin bulunduğu durumlarda bu metallerin toksikolojik etkilerinde artma veya azalma, metallerin toksik mekanizmalarının farklı olmasıyla, organizmaya bağlı olarak değişim göstermektedir. Örneğin bakır-çinko karışımında bakırın etkisi, salt bakıra göre daha azdır. Ortamda bakırın birikmesi çinko birikimini etkilememiştir (Kargın ve Erdem 1992).

## **2. MATERYAL VE YÖNTEM**

Çalışmanın temel materyalini Trakya yöresinde aktif olarak alabalık yetiştiriciliği yapmakta olan üretim çiftliklerinden

yaz dönemi içerisinde üç ay boyunca üç farklı ticari yemden başlatma, büyütme ve semirtme (geliştirme) yemleri şeklinde toplam 27 farklı yem örneği alınarak oluşturulmuştur.

### **2.1. Ağır Metal Analizleri**

Bu analizde örneklerdeki ağır metal miktarlarının belirlenmesinde kimyasal elementin eser, minör ve majör konsantrasyon düzeylerinin analizine olanak tanıyan, hızlı bir şekilde ölçülebilmesine imkan veren ve çevresel analizler için etkin ve tercih nedeni olan ICP – OES (İndüktif Kuplajlı Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi) kullanılmıştır. Metod, yem örneklerinin basınç altında mikrodalga fırında yaş yakmadan sonra ICP\_OES ile arsenik (As), kurşun (Pb), çinko (Zn), bakır (Cu), ve kadmiyum (Cd) içeriklerinin TSE 8225'e göre belirlenmiştir (Anonymous, 1987). Yapılan analiz yöntemine göre ağır metaller için belirlenmiş teşhis limitleri mg/lt olarak Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Analiz Yöntemine Göre Ağır Metallerin Teşhis Limitleri**

<b>Ağır Metalin Türü</b>	<b>Teşhis Limiti</b>
As (Arsenik)	1 mg/litre
Cd (Kadmiyum)	0,4 mg/litre
Cu (Bakır)	0,5 mg/litre
Pb (Kurşun)	1 mg/litre
Zn (Çinko)	0,5 mg/litre

### **2.2. Analiz Örneklerin Hazırlanması ve Ağır Metallerin Belirlenmesi**

Ağır metal analizlerinde öğütülmüş yem örneklerinin mikro dalga fırında yaş yakma metodu ile yakılıp, numune çözeltilerinin saf su ile seyreltikten sonra süzme işleminden

geçirilerek numunedeki metal konsantrasyonun belirlenmesi amacıyla ICP-OES cihazında okuma yapılmıştır (Anonymous, 1987).

Yaş yakma (kül etme) işlemi organik yapılı örneklerin kuvvetli asit ya da yükseltgeyici asit karışımları ile parçalama işlemidir. Bu yöntem ile yem içindeki bor dışında kalan bütün makro ve mikro elementler belirlenebilmektedir. Mineral maddeler, yem örneklerinde bulunan organik maddenin yakılmasından sonra belirlenir. Yaş yakma işlemi organik yapılı içeriğin yakılmasında kullanılan yöntemlerin başında gelir. Yaş yakma yönteminde, organik aksamın parçalanması ve yakılması, sıvı bir ortamda erlenmayer içerisinde ve sıcak yüzey üzerinde (Kaçar, 1972; Zarcinas ve ark. 1987) basınca dayanıklı kapalı bir kaptan veya mikrodalga fırında basınçlı ya da basınçsız olarak (Miller, 1998) gerçekleştirilmektedir.

Yem örneklerinden uygun şekilde öğütülmüş örneği temsil edecek miktar 0,0001 gr hassasiyetli terazi ile 1 gr tartım yapılarak MARS5 (Microwave Accelerated Reaction System) sisteminin yakma haznelere (yakma hazneleri 100 ml civarında 1.4 MPa, 200 psi basınca dayanıklı) konarak, üzerlerine 8 ml derişik nitrik asit ilave edilip hücre kapakları kapatılarak mikrodalga fırında belli zaman, güç ve sıcaklık aralıklarında uygun şekilde yanması sağlanmıştır. Yanma işlemi bittikten sonra mikrodalga fırından çıkarılan hücrelerin yeteri kadar soğutulduktan sonra çözünen örnekler ultra saf su ile 50-100 ml'ye seyreltilerek balon jöjelere aktarılmıştır.

Analiz edilecek elementlerin (As, Cu, Zn, Pb, Cd) önce standart aralığı belirlenmiştir. Bu standartların derişimi 1, 5, 10, 25, 50 ppm lik standartlar olarak hazırlanmış ve bu standartlarla kalibrasyon doğrusu oluşturulmuştur. Belirli derişimlerdeki standart çözeltileri hazırlamak için Merck marka 1000 ppm'lik stok standartlar kullanılmıştır. Örneklerden hazırlanmış olan

çözüldü; As: 193,7 nm, Cu: 324,8 nm, Zn: 213,9 nm, Pb: 217/283.3 nm, Cd: 228,804 nm dalga boylarında ICP-OES'de okutulmuştur. Ağır metal seviyeleri yem örneklerinde mg/litre (ppm) yaş ağırlık olarak belirlenmiştir (Anonymous, 1988).

### 2.3. Ağır Metal Analizleri Bulguları

Çalışmanın, ikinci aşamasını oluşturan alabalık yemlerinde bulunan ağır metal miktarlarının tespit edilmesi ve sınır değerler ile karşılaştırılması için gerçekleştirilen analizlerin sonuçları aşağıda belirtilmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde yem firmalarına, besleme dönemlerine ve örnek alınan aylara göre istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçlarının üç farklı şekilde istatistiki olarak değerlendirilmesi çalışmanın daha iyi yorumlana bilmesi açısından yapılmıştır.

Yem örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonuçları toplu olarak Çizelge 4.4'te verilmiştir. Ağır metal analizlerinin teşhis limitleri arsenik ve kurşun için 1 mg/litre, kadmiyum için 0,4 mg/litre, bakır ve çinko için, 0,5 mg/litre dir.

**Tablo 4. Yem Örneklerinin Ağır Metal (Arsenik, Kadmiyum, Kurşun, Bakır, Çinko) Analizleri Sonuçları (mg/litre)**

Numune No	Arsenik	Kadmiyum	Kurşun	Bakır	Çinko
1.	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	6,765	194,52
2.	T.E.D.B	0,417	T.E.D.B	12,179	95,634
3.	4,145	0,424	7,301	15,249	106,15
4.	T.E.D.B	0,461	1,411	20,875	175,12
5.	T.E.D.B	0,431	T.E.D.B	13,213	94,876
6.	T.E.D.B	0,527	T.E.D.B	14,675	105,986
7.	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	7,866	184,13
8.	T.E.D.B	0,427	T.E.D.B	11,455	96,124
9.	T.E.D.B	0,534	T.E.D.B	15,240	130,84
10.	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	4,675	113,74
11.	T.E.D.B	T.E.D.B	2,668	17,607	143,26
12.	T.E.D.B	0,501	10,133	23,688	170,35
13.	T.E.D.B	0,459	2,257	7,020	192,27
14.	T.E.D.B	0,617	1,891	8,653	95,424
15.	T.E.D.B	0,695	T.E.D.B	9,575	93,932
16.	T.E.D.B	T.E.D.B	T.E.D.B	4,703	112,603
17.	T.E.D.B	0,749	T.E.D.B	14,397	149,21
18.	T.E.D.B	0,683	T.E.D.B	10,097	85,266
19.	2,105	T.E.D.B	T.E.D.B	10,288	142,87
20.	T.E.D.B	0,503	T.E.D.B	13,485	114,0
21.	T.E.D.B	0,432	T.E.D.B	6,189	132,71
22.	1,068	0,645	T.E.D.B	3,646	88,488
23.	T.E.D.B	0,655	T.E.D.B	9,947	146,79
24.	T.E.D.B	0,439	T.E.D.B	10,671	71,934
25.	T.E.D.B	0,641	T.E.D.B	10,168	139,67
26.	T.E.D.B	0,631	T.E.D.B	10,400	98,834
27.	T.E.D.B	0,443	T.E.D.B	6,087	129,80

T.E.D.B: Tespit Edilebilir Düzeyde Bulunmamıştır.

Yem örneklerinde yapılan ağır metal analizleri sonuçlarına göre, tablo 4'te belirtildiği gibi 27 örnek içerisinde, 3'ünde arsenik, 21'inde kadmiyum, 6 tanesinde kurşun tespit edilebilir düzeyde bulunmuştur. Yem örneklerinin tamamında balıkların beslenmesinde rasyonda mineral olarak kullanılan bakır ve çinko olduğu saptanmıştır.

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile alabalık üretiminde kullanılan ticari alabalık yemlerinin ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmada yemlerde yaz dönemi içerisinde belli oranlarda ağır metal düzeylerine rastlanılmıştır. Bununla beraber ağır metal kirlilik düzeyleri numunelerin büyük bir kısmında belirlenen limit değerlerinin altında çıkmıştır. Yemlerde gözlenen sorun yaratabilecek ağır metal değerleri olarak yalnızca iki örnekte rastlanan kurşun içeriği olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak alabalık yemlerinin örneklendiği dönemler içerisinde büyük bir sorunun olmadığı değerlendirilmiştir.

### KAYNAKÇA

- Ağır Metal Birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 2, 454- 461, İzmir.
- Aksun, F. Y. (1986). Karamık Gölünde Yaşayan Turna Balıklarında (*Esox lucius* L.1758) Ağır Metal Birikimi. VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 2, 454- 461, İzmir.
- Anonymous (1987). TSE 8225 Tarım ve Köyişleri Bakanlığı İl Kontrol Laboratuvar Analiz Metodu
- Dökmeci, İ. (1988). Çevre Kirlenmesine Rol Oynayan Toksik Maddeler. 488-489

- Erdem, M. (2001). Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Ders Notları. T.C. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sinop Su Ürünleri Fakültesi, 85, Sinop.
- Heath, A. G. (1987). Water Pollution and Fish Physiology. CRP Pres. Inc. Florida, 245.
- Hogstrand, C., Haux, C. (1991). Mini Review Binding and Detoxification of Heavy Metals In Lower Vertebrates with Reference to Metallothionein Comp Biochem. Physiol, 100:137-147, Great Britain
- Kaçar, B. (1972). Bitki Analizleri. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, 155-453.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., ve Timur, S., (2004). Metallerin Çevresel Etkileri (I- II- III) İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü.
- Karadede, H. (1997). Atatürk Baraj Gölün' de Su, Sediment ve Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır
- Kargın, F., ve Erdem, C. (1992). Bakır-Çinko Etkileşiminde *Tilapia nilotica*'nın (L.1758) Karaciğer, Solungaç ve Kas Dokularındaki Metal Birikimi. Doğa-Tr. J. of Zoology 16:343-348
- Klaassen, D. C. (2001). Casarett & Doull's Toxicology "The Basic Science of Poisons. Mc Graw Hill 6th Edition, <http://www.amazon.com/Casarett-Doulls-Toxicology-Science-Poisons/> dp/0071347216 # read er\_0071347216 (erişim tarihi, 01.12.2009)
- Miller, R. O. (1998). Microwave Digestion of Plant Tissue in an Closed Vessel. CRC Press, In: Karla Y.P.Ed. Handbook

of Reference Methods for Plant Analysis, 69-73, NewYork.

Sarıyüpoğlu, M., ve Say, H. (1991). Elazığ Şehir Kanalizasyonunun Baraj Gölüne Döküldüğü Bölgeden Yakalanan *Barbus capito pectoralis*'de Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Su Ürünleri Sempozyumu, 121-130.

Tanyolaç, J. (1993). İçsulara Ekosistem, Enerji ve Produktivite. Limlonoji, 6: 206- 208

Timbrell, J. A. (1991). Principles of Biochemical Toxicology. Second Edition, Taylor&Francis, London & Washington DC, p. 369-378.

Tuik (2009). Su Ürünleri 2008, TC Başbakanlık Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni 125, Ankara

Zarcinas, B. A., Cartwright, B., ve Spauncer, L. P. (1987). Nitric Acid Digestion and Multielement Analysis of Plant Material by Inductively Coupled Plasma Spectrometry. Commun. Soil Sci. Plant Anal, 18: 131-147



# MOBİLYA VE AKSESUAR BAĞLAMINDA İLERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI

Eser SÖZEN<sup>1</sup>

Kadir KAYAHAN<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ

Tarihsel sürece baktığımızda bir yandan hızlı bir dünyanın gelişimi; ancak kirlilik açısından Tüketim karşısında ilerlemenin beraberinde yıkımı da getirdiği gözlemlenmektedir. Hızlı yaşam anlayışı, 2000'li yıllarda dünyanın giderek daha fazla bina ve atıkla dolması, çevre sorunları, dünya kaynaklarının tükenmesi, doğayla ilgili unsurların değişmesi veya yok olması gibi sonuçlara yol açmıştır. Son yıllardaki kirliliğin sonuçları küresel ısınma, ozon tabakasının incelmeye, hava kirliliği, iklim değişikliği ve bozulan ekolojik dengedir ve yeryüzündeki yaşamı tehdit eden bu durumlardır (Sevim ve Tan, 2020).

Teknolojik gelişmeyle birlikte giderek daha fazla malzeme insan yaşamının bir parçası haline gelmiş ve yaşam konforunu arttırmak için vazgeçilemez bir hale gelmiştir (Atıl vd., 2005). Bu malzemelerin ömrünün kısalması ve sınırlı hammadde döngüleri, doğal kaynakların kendini yenileme hızı nedeniyle hammadde kaynaklarının tükenmesi ve çevre kirliliği gibi sıkıntıları da beraberinde getirmiştir (Dal ve Gökçe, 2019). Hammadde kaynaklarının sınırlı olması, enerji kaynaklarının

---

<sup>1</sup> Doç. Dr., Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, esozen@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4798-7124

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Bartın Üniversitesi, Bartın Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, kkayahan@bartin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4837-6472.

yetersizliği, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve insan kaynaklı etkilere ilişkin endişeler her zaman gündemdedir. Kaynakların sürdürülebilir kullanımı, atık malzemelerin günlük hayata entegre edilmesi, bu endişelerin üstesinden gelmek için aracı olarak kullanılabilir. Doğal kaynakların korunması, sürdürülebilirlik ve gelecek nesillere aktarılması gerekliliğini vurgulayarak ön plana çıkmaktadır (Düzenli ve Alpak 2022).

İleri dönüşüm, eski veya atılmış malzemeleri yeni ve geliştirilmiş mobilya ve aksesuarlara dönüştürmeye yönelik yaratıcı ve sürdürülebilir bir yaklaşımdır (Cuc ve Tripa, 2018). Geri dönüştürülemeyen veya geri dönüştürülmesi karlı olmayan öğeleri alıp bunları yeniden kullanmanın yenilikçi yollarını bulmayı, atık ve çevresel etkiyi en aza indirirken onlara yeni bir hayat vermeyi içermektedir. Döngüsel ekonomi ilkelerini benimseyen ileri dönüşüm, atıkları değerli kaynaklara dönüştürerek tüketim ve bertaraf döngüsünü kırmayı amaçlamaktadır.

İleri dönüşüm, yeni hammadde talebini azaltarak ve atıkları çöp sahalarından uzaklaştırarak çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Eski mobilyalar, ahşap artıkları veya kumaş kalıntıları gibi malzemeleri ileri dönüştürerek, bunların çöp sahasına gitmesini önleyebilir ve daha sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunabiliriz. Mobilya ve aksesuarların ileri dönüşüm süreci birkaç adımdan oluşur:

1. Tanımlama ve Kaynak Bulma: İleri dönüştürülebilecek mobilya, atık veya aksesuarlar belirlenir. Malzemelerin kullanılabilir ve dönüşüm için potansiyeli olan eşyalar olması önemlidir.

2. Planlama ve Tasarım: İleri dönüşüm işlemine başlamadan önce, son ürünü planlamak ve tasarlamak için bir tasarım süreci başlatılır. Elde edilmek istenen ürünün işlevi ve estetiği göz önünde bulundurularak fikirler taslak haline getirilir.

3. Hazırlık ve Onarım: İhtiyaç halinde, ileri dönüşüm işlemine başlamadan önce nesnelere temizlenir, gerekirse onarılır. Eğer varsa cilaları veya boyaları zımparalayıp çıkarılır ve yapısı işlevsel hale getirilir.

4. Dönüşüm: Nesne/eşya hazırlandıktan sonra dönüştürme işlemine başlanır. Bu işlem boyama, yeni donanım ekleme, döşeme veya eşyanın farklı parçalarının yeniden kullanımını içerebilir.

5. Bitirme ve Cilalama: Dönüşümü tamamladıktan sonra, ürünün korunması, işlevselliği ve görünümünün iyileştirilmesi için yapılan işlemlerin uygun şekilde bitirildiği kontrol edilir.

6. Birleştirme ve Sergileme: Geri dönüştürülmüş mobilya veya aksesuar tamamen dönüştürüldükten ve tamamlandıktan sonra gerekli ise montajı yapılır veya satılacak ise sergilenmek üzere teşhir edilir.

İleri dönüşüm, yeni hammadde talebini azalttığı ve atıkları çöp sahalarından uzaklaştırdığı için çevre üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle popülerlik kazanmıştır. İleri dönüştürülmüş mobilya ve aksesuar örnekleri arasında şunlar yer almaktadır:

- Eski ahşap paletleri sehpa veya dış mekân oturma alanına dönüştürmek
- Eski kapıları yatak başlığına veya masa tablasına dönüştürmek
- Eski bavulları benzersiz saklama ünitelerine veya sehpalara dönüştürmek
- Şarap kasalarının raflara veya saksılara dönüştürülmesi
- Eski çekmecelerin duvar raflarına veya düzenleyicilere dönüştürülmesi
- Eski bisiklet tekerleklerini avizeye veya duvar dekoruna dönüştürmek
- Eski vinil plakları duvar sanatı veya saate dönüştürmek

- Eski merdivenleri kitaplıklara veya bitki stantlarına dönüştürmek.

Burada verilen örnekler, en çok uygulanan veya kullanılan malzemelerden sadece belirli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu liste malzeme çeşitliliğine ve tasarımcının kabiliyet ve hayal gücüne göre çok farklı biçimler ve uygulama alanları oluşturabilir.

## **2. AHŞAP İLERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMALAR**

Yenilenebilir ve sürdürülebilir bir malzeme olan ahşap, ileri dönüşüm uygulamalarında çok yaygın kullanılmaktadır. Ulaşımının kolay olması, işlenebilir olması ve ekonomikliği nedeniyle birçok alanda kullanılması bu yaygın kullanıma katkı sağlamaktadır. Ahşap malzemenin ileri dönüşümde aktif kullanılmasının yanında, yanıcı olması maalesef ileri dönüşümden önce bertaraf edilme isteğini öne çıkarmaktadır. Ancak son yıllara gelişen atık yönetimi farkındalığı ve az tüketim/minimalist yaşam tarzı ileri dönüşüme olan ilgiyi arttırmıştır.

### **2.1.Mobilya ve İç Mekan Uygulamaları**

Mobilya ve iç mekan uygulamalarında kullanılan atıklar atık kullanım miktarı (tamamında atık malzeme bulunan, bünyesinde atık malzeme bulunmayan) bakımından incelendiğinde tamamında atık malzeme kullanıldığı az miktarda da atık olmayan malzeme (teker, ayak, askı, kulp vb. ) kullanıldığı görülmektedir. Tasarımda atık malzemelerden faydalanılan özelliklere (görsel ve teknik) bakıldığında genellikle mobilya olarak kullanım için tasarlandıkları görülmektedir. Görsel açıdan estetik kaygı barındırmadan tamamen kullanım amacına hizmet etmek için yapılmıştır. İleri dönüşüm uygulamalarında en çok kullanılan atık malzemeye bakıldığında ahşap paletler ilk sırada

gelmektedir. Çivi, vida vb. bağlantı elemanları ile montajı yapılarak ve üst yüzey uygulaması yapılarak kullanılmaktadır. Tamamı atıklardan üretilen ileri dönüşüm uygulamalarında ekstra bir malzeme kullanılmamakta bu tasarımlarda farklı konstrüksiyonlar uygulanarak yada yine atık malzeme kullanılarak montajları yapılmaktadır.

**Şekil 1. İleri Dönüşüm Yatak Başlığı Uygulaması**



**Kaynak:** (URL-1)

**Şekil 2. İleri Dönüşüm Yatak ve Koltuk Uygulaması**



**Kaynak:** (URL-2, URL-3)

Tamamı atık malzemelerden üretilen mobilyaların çoğunlukta olması yanı sıra atık malzemelerin farklı materyal ve aksesuarlar (teker, metal ayak, çivi vb. kullanan mobilyalar da vardır. Farklı malzemelerin eklenmesi çoğunlukla mobilyaların taşınması, onarılması veya montajı için kullanılmaktadır (Bekar, 2023).

### **Şekil 3. İleri Dönüşüm Yatak Uygulaması**



**Kaynak:** (URL-4)

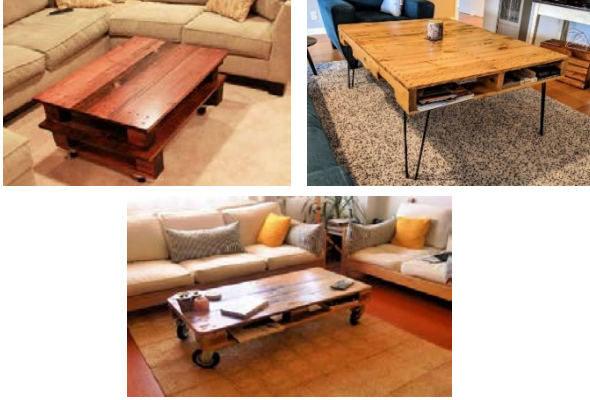
### **Şekil 4. İleri Dönüşüm Uygulamaları**



**Kaynak:** (URL-5, URL-6, URL-7)

İleri dönüşüm iç mekan uygulamalarında sehpalarda genellikle ayak, teker ve farklı bağlantı gereçleri ile aksesuarlarda kullanılmaktadır. Kullanılan bağlantı gereçleri ve hırdavatlar da genellikle eskitme modeller kullanılarak uygun kombinasyon oluşturulmaktadır.

**Şekil 5. İleri Dönüşüm Sehpa Uygulamaları**



**Kaynak:** (URL-8)

**Şekil 6. İleri Dönüşüm Uygulaması**



**Kaynak:** (URL-9)

**Şekil 7. İleri Dönüşüm Mobilya Uygulamaları**



**Kaynak:** (URL-10, URL-11, URL-12, URL-13)

**2.2.Dış Mekan Uygulamaları**

İleri dönüşüm uygulamaları dış mekanda da sıklıkla kullanılmaktadır. Kent mobilyaları (Bank, Çöp kutuları, saksılar vb.) bu uygulamalardan bazılarıdır. Bu uygulamalarda genellikle atık paletler, kullanılmış tahtalardır. Dış mekanda kullanımı öncesi ahşap koruyucu üst yüzey uygulamaları yapılmakta bu sayede kullanım ömrü artmaktadır.

**Şekil 8. İleri Dönüşüm Kapı, Çit ve Saksı Uygulamaları**



**Kaynak: (URL-14)**

**Şekil 9. İleri Dönüşüm Bank Uygulaması**



**Kaynak: (URL-15)**

**Şekil 10. İleri Dönüşüm Çiçeklik Uygulamaları**



**Kaynak:** (URL-16, URL-17)

**2.3.Aksesuar Uygulamaları**

İleri dönüşüm uygulamaları kapsamında incelenen tasarımlarda eski rendeler, cam kavanozlar, eski çaydanlıklar, çamaşır makinesi kazanları gibi çeşitli atık malzemeler de kullanılmaktadır.

### Şekil 11. İleri Dönüşüm Aksesuar Uygulamaları



**Kaynak:** (URL-17, URL-18, URL-19, URL-20)

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

İleri dönüşüm süreci çevresel sürdürülebilirlik, tasarım ve maliyet etkinliği gibi çok sayıda fayda sağlamaktadır. Kullanım ömrünü tamamlamış ürünlerin yeniden tasarlanarak ve onlara yeni bir hayat vererek atıkları azaltabilir ve çevre üzerindeki olumsuz etkimiz en aza indirilebilir. Ayrıca, ileri dönüşüm ile eski ürünleri benzersiz ve kişiselleştirilmiş tasarımlara dönüştürmek bireysel tarzlar ve görüşler ifade edilmesini sağlar.

Ahşabın yenilenebilir ve sürdürülebilir bir malzeme olması nedeniyle gerek hizmet ömrünü tamamlamış mobilyalar, gerekse ahşaptan üretilen palet gibi ürünlerin ileri dönüşümü çok revaçta bir konudur. Çeşitli hobi ve etkinlik atölyelerinde,

ahşabın ileri dönüşüm uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Mobilyaların ileri dönüşümü sürdürülebilir bir uygulama olmasının yanı sıra uygun maliyetli bir çözüm de olabilir. Atık olarak görülen birçok ürünün sahip olduğu potansiyel, ileri dönüşüm ile ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda yeni ürünler satın almaktan tasarruf edebilir. Büyük çapta üretim yapan mobilya/ahşap işleme şirketleri kullanılmış ahşap ve diğer malzemeleri kullanarak hem çevresel etkilerini azaltabilir hem de uluslararası pazarda yüksek talep gören ürünler yaratabilirler. Ayrıca, atıkların ileri dönüştürülmesi kavramı atık yönetimi uygulamalarına da katkı sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen literatür taramasında, tasarımcılar ve üreticiler ileri dönüşüm uygulamalarını tasarımlarına dahil ederek sürdürülebilirliğin teşvik edilmesinde önemli bir rol oynayabileceklerini göstermiştir. Tasarımcılar, sadece güzel ve benzersiz parçalar oluşturma gücüne sahip olmakla kalmayıp, aynı zamanda bir ihtiyacı gidermenin, yeniden kullanmanın ve yeniden tasarlanmanın önemi konusunda farkındalık oluşturmaktadırlar. Özellikle çevre bilinci, minimalist yaşam, daha az tüketim, daha ekonomik yaşama gibi kavramların öne çıkması da ileri dönüşümü desteklemiştir.

Hızlı tüketim sonucu ortaya çıkan aşırı üretim ile meydana çıkan atıklar günümüzün en büyük sorunlarından bir tanesidir. Bu sebepten ötürü atıklar, canlılar ve doğa üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olmaktadır. Kullanmış olduğumuz bir ürünün kullanım ömrünün tamamlanması ve/veya işlevini yitirmesi sonucunda geri dönüşüm sağlanamaması sonucunda atık olmaktadır. Tasarımcıların veya yaratıcı kişilerin atık malzemeleri geri dönüşüm olarak değerlendirmesi ve bu atıklardan tasarlanmış yeni ürünler elde etmesi yaşadığımız çevrenin daha az zarar görmesi açısından çok önemlidir.

## KAYNAKLAR

- Alpak, M. A., Düzenli, T. (2022). New Perspective To Outdoor Furnitures “Upcycling” in Engineering And Architecture Sciences, Cahpter V, 85-96.
- Atıl, A., Gülgün, B.,Yörük, İ. (2005). Sürdürülebilir Kentler ve Peyzaj Mimarlığı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2): 215-226.
- Bekar, İ. (2023). Mobilya Tasarımında Atık Malzeme Kullanımının Örnekler Üzerinden Değerlendirilmesi. Sanat ve Tasarım Dergisi, 13(1), 84-99.
- Cuc, S., Tripa, S. (2018). Redesign and upcycling-a solution for the competitiveness of small and medium-sized enterprises in the clothing industry. *Industria Textila*, 69(1), 31-36.
- Dal, İ., Gökçe, G.C. (2019). Sürdürülebilirlik Yolunda “İleri Dönüşüm”: Bir Atölye Çalışması. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 9(20), 30-38.
- Sevim, S., Tan, Ö.. (2020). Plastik Atıkların Doğaya Verdiği Zararın Sanattaki Yansımaları ve Seramik Uygulamalar. *Journal of Arts*, 3(3), 159-178.
- URL-1 <https://fi.pinterest.com/pin/244883298464805719/>  
(Erişim tarihi: 5.10.2023)
- URL-10 <https://www.palletlist.com/pallet-furniture/30-diy-furniture-made-from-wooden-pallets/> (Erişim tarihi: 15.11.2023)
- URL-11 <https://tr.pinterest.com/pin/285626801341659884/>  
(Erişim tarihi: 15.11.2023)
- URL-12 <https://www.pinterest.es/pin/691443349018221956/>  
(Erişim tarihi: 16.11.2023)

- URL-13 <https://ar.pinterest.com/pin/838514024345010046/>  
(Erişim tarihi: 16.11.2023)
- URL-14 <https://palletsllc.com/70-incredible-things-made-from-pallets/> (Erişim tarihi: 21.11.2023)
- URL-15 <https://tr.pinterest.com/pin/853854410573715769/>  
(Erişim tarihi: 21.11.2023)
- URL-16 [https://www.palletlist.com/pallet-furniture/30-diy-furniture-made-from-wooden-pallets/#google\\_vignette](https://www.palletlist.com/pallet-furniture/30-diy-furniture-made-from-wooden-pallets/#google_vignette)  
(Erişim tarihi: 28.11.2023)
- URL-17 <https://palletsllc.com/70-incredible-things-made-from-pallets/> (Erişim tarihi: 28.11.2023)
- URL-18 [https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTmRWaTEsCUWSgM\\_OSW5o0yyI47qWP0a3NtIdXh1GGv4FIZVs2zXIsiM46TnEuICebCQ5Y&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTmRWaTEsCUWSgM_OSW5o0yyI47qWP0a3NtIdXh1GGv4FIZVs2zXIsiM46TnEuICebCQ5Y&usqp=CAU) (Erişim tarihi: 5.12.2023)
- URL-19 <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQQtRk1Ij33Cv9DZwThTaXBaLr3gsw4lr1Ae0WV80wvNihxSjXdOI8VtP1vqgffEYyskz0&usqp=CAU> (Erişim tarihi: 5.12.2023)
- URL-2 <https://removeandreplace.com/2013/07/26/64-creative-ways-to-recycle-and-reuse-a-wooden-pallet/> (Erişim tarihi: 5.10.2023)
- URL-20 <https://www.speakeragency.com.tr/blog/ileri-donusum-nedir> (Erişim tarihi: 5.12.2023)
- URL-21 <https://www.yesilodak.com/geri-donusum-recycle-ve-ileri-donusum-upcycle-nedir-ve-aralarinda-ne-fark-vardir>  
(Erişim tarihi: 5.12.2023)

URL-3

<https://www.furnhouse.com.au/index.php?route=pavblog/blog&id=18> (Erişim tarihi: 5.10.2023)

URL-4 <https://removeandreplace.com/2013/07/26/64-creative-ways-to-recycle-and-reuse-a-wooden-pallet/> (Erişim tarihi: 25.10.2023)

URL-5 <https://www.geridonusum.biz.tr/2019/07/ahsap-paletten-yapilmis-25-geri-donusum-projesi.html> (Erişim tarihi: 25.10.2023)

URL-6 <https://estetikev.net/ky/kendiniz-yapacaginiz-15-ahsap-palet-fikri.html> (Erişim tarihi: 5.11.2023)

URL-7 <https://tr.pinterest.com/pin/242350023668924389/> (Erişim tarihi: 5.11.2023)

URL-8 <https://www.palletlist.com/pallet-furniture/pallet-coffee-table/> (Erişim tarihi: 5.11.2023)

URL-9 <https://in.pinterest.com/pin/309129961903892664/> (Erişim tarihi: 15.11.2023)



# KÖYCEĞİZ ORMANLARINDA YAPILAN SİLVİKÜLTÜREL UYGULAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sevim İNANÇ ÖZKAN<sup>1</sup>

## 1. GİRİŞ

Silvikültür, ormanların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve geliştirilmesi için yapılan uygulamaları kapsayan bir disiplindir. Bu uygulamalar, ağaçlandırma, gençleştirme, bakım ve budama gibi teknikleri içerir ve orman ekosisteminin sağlıklı bir şekilde devam etmesini sağlar.

Silvikültür uygulamaları öncelikle yanan alanların rehabilite edilmesi, doğal gençleştirme ve ağaçlandırma alanlarında uygulanmaktadır. Orman yangını; ormanda bulunan tüm canlıları etkileyen bir olaydır. Orman yangınları, Dünya'da her yıl yaklaşık 350 milyon hektarlık alanını etkileyerek maddi kayıplarla birlikte, can kayıplarına da neden olmaktadır. Orman yangınları, tüm dünya için büyük tehdit oluşturmaktadır (Garcia-Ruiz vd., 2013). Son yıllarda dünyada olduğu gibi Türkiye'de de çok sayıda ve büyük orman yangınları yaşanmaktadır. Bu yangınlar orman ve çevresine büyük zararlar vermektedir. Bu yangınlar, ormanların devamlılığı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Baş, 1977). Orman Genel Müdürlüğü'nün 2020 yılı istatistik değerlerine göre, son 30 yılda 66.562 adet orman yangını çıkmış ve bu yangınlar sonucu 314.493 hektar orman alanı zarar görmüş olup, 2016-2020 yıllarında 11.442 adet orman yangında 47.103 hektar orman alanı etkilenmiştir. Türkiye

---

<sup>1</sup> Doç. Dr. Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, inanc\_sevim@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9154-266X.

genelinde 2020 yılında ise 3399 adet orman yangınında 29.971 ha orman alanı zarar görmüş olup 2020 yılında çalışmaya konu Kütahya ilinde 58 adet yangında 52.0 ha orman alanı etkilenmiştir (Anonim, 2021).

Ormanların sürdürülebilir yönetimi, silvikültürel uygulamaların arazi başarılı bir şekilde yürütülmesi ile mümkündür. Ormanların yönetimi iyi düşünülmüş ve başarılı bir plan ile hedeflere ulaşmak için gerekli faaliyetlerin değerlendirilmesini gerektirir. Daha genel bir deyimle, orman yönetimi tüm ormanın sağlıklı ve güçlü kalmasını sağlamak için silvikültürel uygulamalarını iyi bir şekilde planlanmasına çalışır. Böylece çeşitli meşcerelerde tedaviler uygulanarak orman rehabilite edilir. Orman yönetim faaliyetleri orman işletmelerinin ekonomisine veya ekosistemin ekolojisine odaklanan faaliyetleri içerebilir. Faaliyetler arasında ağaç dikimi, otsu yabancı ot kontrolü, gübreleme, seyreltme, bakım, gençleştirme yer almaktadır. Faaliyetlerin zamanlamasını ve yerleşimini seçmek orman planlamasının ana görevidir.

Köyceğiz Ormanları'nda yapılan silvikültürel uygulamaların değerlendirilmesi, bölgenin biyolojik çeşitliliği, ağaç türlerinin büyüme ve gelişme durumu, toprak verimliliği, su kaynakları üzerindeki etkileri gibi konularda önemli veriler sağlayabilir. Bu veriler, bölgenin ormancılık potansiyelini belirlemede ve gelecekteki uygulamaları planlama konusunda bilimsel temel oluşturabilir.

Bu çalışma, silvikültürel uygulamaların etkilerini değerlendirmeyi ve bu uygulamaların orman ekosistemi üzerindeki uzun vadeli etkilerini anlamayı amaçlamaktadır. Bu değerlendirme, bölgenin ormancılık politikaları ve uygulamaları için önemli bir rehber olabilir. Ayrıca, benzer bölgelerde yapılacak çalışmalar için de referans teşkil edebilir."

Silvikültürel uygulamalar ağaçlandırma, gençleştirme, bakım ve budama gibi çalışmaları kapsamaktadır. Ormanlarda yapılan gençleştirme çalışmaları, mevcut orman alanlarının sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırmak amacıyla gerçekleştirilen önemli bir uygulamadır. Bu çalışmalar genellikle ağaçlandırma, fidan dikme, tohum ekimi, bakım ve budama gibi teknikleri içerir. Gençleştirme çalışmaları, orman ekosisteminin dengesini korumak, biyolojik çeşitliliği desteklemek ve ormanın gelecekteki sağlıklı gelişimini sağlamak için oldukça önemlidir (URL-2, 2023).

Gençleştirme çalışmaları aynı zamanda ormancılık alanında sürdürülebilirlik ve ekosistem yönetimi için de kritik bir rol oynar. Ormanlarda yapılan gençleştirme çalışmaları, ağaç türlerinin çeşitliliğini artırarak orman ekosistemini güçlendirir. Ayrıca, gençleştirme çalışmaları sayesinde orman yangınları, zararlı böcekler ve hastalıklar gibi risklerin azaltılması ve ormanların uzun vadeli korunması sağlanır.

Gençleştirme çalışmaları, aynı zamanda ekonomik açıdan da önemlidir. Doğru şekilde yapıldığında, ormanların verimliliğini artırarak odun ve diğer orman ürünleri elde etme potansiyelini artırabilir. Bu da hem orman endüstrisi için hem de yerel ekonomiler için önemli bir katkı sağlar.

Yani ormanlarda yapılan gençleştirme çalışmaları, doğal kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetilmesi ve gelecek nesillere aktarılması için kritik bir öneme sahiptir. Bu çalışmalar, ormancılık alanında bilimsel ve teknolojik gelişmelerin yanı sıra çevresel ve ekonomik faktörlerin de dikkate alındığı kapsamlı bir yaklaşımı gerektirir (URL-2a, 2023).

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmaları, ormanların sürdürülebilirliğini ve biyolojik çeşitliliğini artırmak, erozyonla mücadele etmek, iklim değişikliğiyle mücadele etmek, su kaynaklarını korumak ve orman ekosistemlerini restore etmek

gibi amaçlarla yürütülen önemli bir uygulamadır. Ağaçlandırma çalışmaları, tarım alanlarının yeniden ormanlaştırılması, erozyonla mücadele, su havzalarının korunması, biyolojik çeşitliliğin artırılması gibi pek çok fayda sağlar.

Türkiye'de ağaçlandırma çalışmaları, Tarım ve Orman Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü ve çeşitli sivil toplum kuruluşları tarafından yürütülmektedir. Özellikle son yıllarda, geniş kapsamlı ağaçlandırma faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Bu tür çalışmalar, milyonlarca fidanın toprakla buluşturulmasını sağlayarak ülke genelinde orman varlığının artırılmasına katkıda bulunmuştur.

Ağaçlandırma çalışmalarının Türkiye için önemi oldukça büyüktür. Bu çalışmalar sayesinde erozyonla mücadele edilerek toprak kaybı önlenir, su kaynakları korunur, iklim değişikliğiyle mücadelede olumlu etkiler sağlanır ve biyolojik çeşitliliğin artırılmasıyla ekosistemlerin dengesi korunur. Ayrıca, ağaçlandırma çalışmaları, odun ve diğer orman ürünleri elde etmek için de önemli bir kaynak oluşturur.

Türkiye'nin ağaçlandırma çalışmalarına verdiği önem, sadece ülke içinde değil, aynı zamanda bölgesel ve küresel düzeyde de olumlu etkiler yaratmaktadır. Bu çalışmalar, sadece bugünkü nesiller için değil, gelecek nesillerin de yaşayabileceği sağlıklı bir çevrenin korunmasına katkı sağlar. Bu nedenle, Türkiye'deki ağaçlandırma çalışmaları sadece ülke içinde değil, küresel çapta da büyük bir öneme sahiptir.

Ormanlarda bakım ve budama, orman ekosistemlerinin sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için oldukça önemlidir. İşte bakım ve budamanın ormanlar için önemli olduğu bazı nedenler:

-Ormanların Sağlığının Korunması: Bakım ve budama işlemleri, ağaçların sağlığını ve verimliliğini artırarak orman ekosistemlerinin dengesini korur. Ölü, hastalıklı veya zarar

görmüş ağaçların temizlenmesi, ormanın genel sağlığını olumlu yönde etkiler.

- Yangın Kontrolü: Bakım ve budama, ormanlardaki yanıcı malzemenin azaltılmasına yardımcı olur. Bu da orman yangınlarının kontrol altına alınmasına ve yayılmasının önlenmesine katkı sağlar.
- Biyolojik Çeşitliliğin Artırılması: Bakım ve budama, orman zeminindeki bitki örtüsünün gelişmesine ve biyolojik çeşitliliğin artmasına yardımcı olur. Bu da orman ekosistemlerinde farklı türlerin yaşamasına ve çeşitliliğin korunmasına katkı sağlar.
- Orman Ürünleri Verimliliği: Budama, odun ve diğer orman ürünlerinin verimliliğini artırır. Ayrıca, ormanların düzenli olarak bakımı, odun ve diğer orman ürünlerinin sürdürülebilir bir şekilde elde edilmesine olanak tanır.
- Estetik ve Rekreatyonel Değerlerin Korunması: Bakım ve budama, ormanların estetik değerlerini korur ve rekreatyonel alanlar olarak kullanımlarını destekler.

Sonuç olarak, ormanlarda bakım ve budam gibi silvikültürel uygulamalar, orman ekosistemlerinin sağlıklı bir şekilde yönetilmesi ve sürdürülebilirliğinin korunması için kritik bir öneme sahiptir. Bu işlemler, ormanların verimliliğini artırırken, aynı zamanda ekolojik dengeyi korumaya ve doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına da yardımcı olur.

## **2. MATERYAL YÖNTEM**

### **2.1. Materyal**

Çalışma alanı olarak Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü seçilmiştir. Orman İşletme Müdürlüğü; 9 adet Orman İşletme Şefliği (Ağla, Akköprü, Balcılar, Beyobası, Çayhisar, Karaçam,

Köyceğiz, Sultaniye, Otmanlar), 1 adet Yunus Emre Arboretum Şefliği, 1 adet Zeytinalanı Depo Şefliği, 1 adet Kadastro Mülkiyet Şefliği ve bu şefliklerin bünyesinde bulunan 9 Adet Toplu Koruma ekibinden oluşmaktadır (Şekil 1).

**Şekil 1. Köyceğiz Orman İşletme Şefliği Haritası**



Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü Muğla Orman Bölge Müdürlüğüne bağlı 12 Orman İşletme Şefliğinden bir tanesidir. Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü orman alanları ile ilgili bilgiler tabloda düzenlenmiştir. İşletme genel sahasının % 83'i ormanlık sahadır Tablo 1 (URL-1, 2022).

Muğla Orman Bölge Müdürlüğü Ormanlık Alanı 1.156.983 Ha olup Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü Bölge Müdürlüğünün % 7,96 'ünü kapsamaktadır.

Ormanlar; Karaçam, Kızılcım, Fıstıkçamı, Ardiç, Sedir, Okalipüt, Sığla, Dişbudak, Kızıllağaç ağaç türlerinin oluşturduğu bazen saf bazen karışık meşcere içeren ormanlardan oluşmaktadır. Mevcut orman amenajman planlarına göre ormanların % 70'i verimli, % 30 'u ise bozuk vasıftadır (OGM, 2022).

**Tablo 1. Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü Orman Varlığı**

ORMAN VARLIĞI						
İLÇESİ	ORMANLIK ALAN	AÇIKLIK ALAN			TOPLAM ALAN	
	Ha.	%	Ha.	%	Ha	%
<b>Köyceğiz</b>	92 042,40	83	18 587,70	17	110.730,10	100

Ormanlar; Karaçam, Kızılcım, Fıstıkçamı, Ardıç, Sedir, Okaliptüs, Sıgla, Dişbudak, Kızılağaç ağaç türlerinin oluşturduğu bazen saf bazen karışık meşcere içeren ormanlardan oluşmaktadır. Mevcut orman amenajman planlarına göre ormanların % 70'i verimli, % 30 'u ise bozuk vasıftadır (Tablo 2).

**Tablo 2. Ormanlarının İşletme Şekli itibari ile yüzdesi**

İŞLETME ŞEKLİ	%	ALANI (Ha)
Normal Koru	70	64 651,40
Bozuk Koru	26	24 199,50
Ağaçsız Orman Alanı	4	3.191,50
TOPLAM ORMANLIK ALAN %(83)	<b>100</b>	9.2042,40
AÇIKLIK ALAN(%17)		18.687,70

## **2.2. Yöntem**

Konuyla ilgili bilimsel makale, tez, bildiriler taranmış ve kurumdan alınan veriler ana materyal olarak kullanılmıştır. 2012-2022 yılları arasında yapılan 10 yıllık çalışmalar elde edilmiştir. Yıllara göre yapılan silvikültürel uygulamalar tablollaştırılmış ve metin içerisinde verilmiştir.

## **3. BULGULAR**

Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü'nde 2012 yılından 2021 yılları arasında yapılan silvikültürel çalışmalar yıllık hedeflenen program ve gerçekleşme yüzdesi olarak iki bölüm halinde değerlendirilmiştir.

Ayrıca yıllık dikilen fidan miktarı ile ekilen tohum miktarları da ayrıca bir tabloda verilmiştir. 2012-2021 yılları arasında yapılan gençleştirme çalışmaları ile bakım faaliyetlerine ait veriler aşağıda Tablo 3 ve Tablo 4 ve Tablo 5’de gösterilmiştir.

**Tablo 3. 2012-2013 Yılları Arasında Yapılan Silvikültürel Uygulamalar (Ha)**

Yapılan Çalışma	2012		2013	
	Program	Gerçekleşme	Program	Gerçekleşme
Gençleştirme	180.1	173.6	79.7	76.5
Bakım	3380.3	3214.7	1276.5	852.5

Tablo 1-2-3-4 incelendiğinde; gençleştirme çalışmalarında hedeflenen ile gerçekleşen miktarlar oranlandığında, 2012-2016 yılları arasında gerçekleşmede % 95 başarıya ulaşıldığı, bakım çalışmalarında ise 2012-2013-2014-2016 yıllarında %92, 2016 yılında ise %105 başarıya ulaşıldığı görülmektedir.

**Tablo 4. 2014-2015 Yılları Arasında Yapılan Silvikültürel Uygulamalar (Ha)**

Yapılan Çalışma	2014		2015	
	Program	Gerçekleşme	Program	Gerçekleşme
Gençleştirme	191.1	172.0	467.5	459.2
Bakım	3634.1	3586.5	4538.5	5011.2

2016 2017 yılları arasındaki program ve gerçekleştirmeler tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 5. 2016-2017 Yılları Arasında Yapılan Silvikültürel Uygulamalar (Ha)**

Yapılan Çalışma	2016		2017	
	Program	Gerçekleşme	Program	Gerçekleşme
Gençleştirme	243.5	238.4	188.1	173.6
Bakım	4636.9	4535.8	3385.3	3214.7

2018-2021 yılları arasında yapılan gençleştirme çalışmaları ile bakım faaliyetlerine ait veriler aşağıda Tablo 6 ve Tablo 7 de verilmiştir.

**Tablo 6. 2018-2019 Yılları Arasında Yapılan Silvikültürel Uygulamalar (Ha)**

Yapılan Çalışma	2018		2019	
	Program	Gerçekleşme	Program	Gerçekleşme
Gençleştirme	396.8	345.9	284.1	283.4
Bakım	2445.3	2404.6	2555.3	2693.3

Tablo-3 ve 4 incelendiğinde; gençleştirme çalışmalarında hedeflenen ile gerçekleşen miktarlar oranlandığında, 2017-2020 yılları arasında gerçekleşmede % 98 başarıya ulaşıldığı, 2021 yılında ise gerçekleşme başarısı %110 olarak gerçekleştirildiği görülmektedir.

**Tablo 7. 2020-2021 Yılları Arasında Yapılan Silvikültürel Uygulamalar (Ha)**

Yapılan Çalışma	2020		2021	
	Program	Gerçekleşme	Program	Gerçekleşme
Gençleştirme	404.8	430.1	299.1	582.8
Bakım	2590.0	2584.8	2590.0	2856.5

Bakım çalışmalarında ise 2017-2018-2020 yıllarında %98, 2019 ile 2021 yılında ise % 105 başarıya ulaşılmıştır.2021 yılında gençleştirme çalışmalarında programa alınan ile gerçekleşen arasındaki farkın o yıl yaz ayında yaşanan büyük ve çok sayıdaki orman yangınlarından kaynaklı olduğu düşünülebilir. Yangın sonrası alanda gençleştirme çalışmaları hızlandırılmıştır.

2012-2016 yılları arasında yapılan fidan dikimi ve tohum ekimi Tablo 8'de verilmiştir.

**Tablo 8. 2012-2021 Yılları Arasında Yapılan Fidan Dikim ve Tohum Ekim Miktarları**

Yıllar	Fidan dikimi (Adet)	Tohum ekimi (Kg)
2012	-	-
2013	-	-
2014	13.130	2250
2015	-	1290
2016	27.132	1150
2017	50	-
2018	32.000	8835
2019	120.000	24.0100
2020	-	18.010
2021	5.126	4272

Tablo-8 incelendiğinde; 2012-2013-2015 yıllarında fidan dikiminin hiç gerçekleşmediği, 2014 ve 2016 yıllarında ise giderek artan bir fidan dikimi gerçekleştirildiği görülmektedir.

Ayrıca yine tablodan anlaşılacağı üzere; 2018-2019 yıllarında fidan dikiminde giderek artan bir başarıya ulaşıldığı, 2020 yılında hiç dikim yapılmadığı ancak 2021 yılında da tohumdan elde edilen fidan miktarı sayısı artmıştır. 2019 yılında fidan dikiminin çok fazla sayıda olması Kasım ayında başlatılan fidan dikim seferberliğinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tohum ekim etkinliği için Tablo-8 incelendiğinde; 2012-2013 yıllarında tohum ekiminin hiç gerçekleşmediği, 2014-2015 ve 2016 yıllarında ise giderek azalan bir tohum ekimi gerçekleştirilmiştir.

2012-2016 yılları arasında yapılan silvikültürel uygulamalar için genel bir değerlendirme yapacak olursak, gençleştirme çalışmaları ile bakım çalışmalarında hedeflenen ile gerçekleşmede başarılı olunmuştur. Fidan dikimi giderek artmış, tohum ekimi de azalma eğilimi göstermiştir. Bu değişimlerin sebebi; o yılın iklim koşulları, mevcut işçi durumu, işletme şeffiklerinde personel eksikliği, yeterli tohum olmaması gibi nedenlerin olabileceği söylenebilir.

Yine Tablo-8 incelendiğinde; 2017-2021 yıllarında hiç tohum toplama yapılmadığı, ekimde kullanılan tohum miktarının 2019 yılında çok fazla olduğu, 2017 yılında hem toplama, hem de tohum ekimi gerçekleştirilmediği, 2021 yılında tohum ekiminin diğer yıllara göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

2017-2021 yılları arasında yapılan silvikültürel uygulamalar için genel bir değerlendirme yapılacak olunursa, gençleştirme çalışmaları ile bakım çalışmalarında hedeflenen ile gerçekleşme arasında doğru bir orantı olduğu görülmektedir. Bu konuda işletme müdürlüğünün başarılı olduğu görülmektedir. Fidan dikimi giderek artmış, tohum ekimi de azalma eğilimi göstermiştir. Bu değişimlerin sebebi; mevcut işçi durumu, işletme şefliklerinde personel eksikliği, yeterli tohum olmaması gibi nedenlerin olabileceği söylenebilir. Tohum toplamada yetersiz kalınmıştır.

Sonuç olarak, Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü'nde yapılan silvikültürel uygulamalarda başarılı olunmuştur. Kaplı fidan üretiminin arttırılması, tohum ekiminde kullanılan tohum toplama faaliyetlerinin arttırılması gerekmektedir.

#### **4. SONUÇ**

Silvikültür, orman yönetimi, ağaçlandırma ve ormancılık gibi faaliyetlerin ekonomik katkısı oldukça yüksektir. Bu faaliyetlerin ekonomik katkıları şunlardır:

Ahşap ve odun üretimi: Silvikültür çalışmaları sayesinde ağaçların sürdürülebilir bir şekilde yetiştirilmesi ve odun üretimi sağlanır. Bu da ahşap ve odun ürünleri endüstrisinin gelişmesine katkı sağlar.

Orman ürünleri: Silvikültür çalışmaları sonucunda ormanlardan elde edilen diğer ürünler de ekonomiye katkı sağlar.

Mantar, kestane, meyve, çiçek ve diğer orman ürünleri ticareti de ekonomik olarak önemlidir.

İstihdam: Silvikültür çalışmaları, orman yönetimi ve ormancılık sektöründe istihdam yaratır. Orman yetiştirme, ağaçlandırma, bakım ve kesim gibi faaliyetler için birçok kişiye iş imkanı sağlar.

Çevre hizmetleri: Ormanların korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, ekosistem hizmetleri ve çevre koruma faaliyetlerine katkı sağlar. Bu da ekonomik olarak çevre hizmetlerinin gelişmesine ve değer kazanmasına yardımcı olur.

Turizm ve rekreasyon: Ormanların korunması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi, turizm ve rekreasyon faaliyetlerine katkı sağlar. Ormanlar, doğa turizmi, avcılık, balıkçılık, kampçılık gibi faaliyetler için cazip bir ortam oluşturur ve bu da ekonomiye katkı sağlar.

Bu nedenlerle silvikültür çalışmaları, ekonomiye önemli katkılar sağlayan bir sektördür.

Ayrıca silvikültür uygulamaları, ormanların sürdürülebilir yönetimini sağlar. Ormanların düzenli olarak ağaçlandırılması, budanması ve bakımı sayesinde orman kaynakları daha verimli bir şekilde kullanılır.

Silvikültür uygulamaları, ormanlarda doğal yaşamın korunmasına yardımcı olur. Ağaçlandırma ve bakım işlemleri sayesinde orman ekosistemi dengede tutulur ve biyoçeşitlilik korunur.

Orman yangınlarına karşı dirençli ormanların oluşturulmasına yardımcı olur. Silvikültür uygulamaları, ormanlarda yangın riskini azaltmak için ağaçların düzenli olarak budanması ve orman tabanının temiz tutulmasını içerir.

Silvikültür uygulamaları, ormanların karbon depolama kapasitesini artırarak iklim değişikliğiyle mücadelede etkili

olabilir. Düzenli ağaçlandırma ve bakım işlemleri sayesinde ormanlar daha verimli bir şekilde karbon depolayabilir.

Ormanların ekonomik değerini artırır. Silvikültür uygulamaları sayesinde ormanlardan elde edilen odun ve diğer orman ürünleri daha verimli bir şekilde kullanılır, böylece ormanların ekonomik değeri artar.

Bu nedenlerden dolayı, silvikültür uygulamaları ormanlara önemli katkılarda bulunabilir ve ormanların sürdürülebilir yönetimini sağlayabilir.

Köyceğiz Orman İşletme Müdürlüğü kapsamında yapılan çalışmalar incelendiğinde gençleştirme ve bakım çalışmalarında başarılı çalışmalara imza atılırken, tohum ekme konusunda daha fazla çalışmaya gerek duyulduğu tespit edilmiştir.

## **KAYNAKLAR**

Anonim, (2021). Orman Genel Müdürlüğü İstatistikleri-2020 (www.ogm.gov.tr). Ankara

Anonim (2022) Orman Genel Müdürlüğü İstatistikleri-2021 (www.ogm.gov.tr). Ankara

Baş, R. (1977). Türkiye'de Orman Yangınları Nedenleri, Zararları ve Yangınlara Karşı Alınacak Önlemler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 27(2), 52-73.

Garcia-Ruiz, J.M., Nadal-Romero, N., Renault, L. & Begueria, S. (2013). Erosion in Mediterranean Landscapes: Changes and Future Challenges. Geomorphology, 198, 20-36.

URL-1, (2022) <http://www.koycegiz.gov.tr/ilce-orman-isletme-mudurlugu>; erişim tarihi 15.011.2023.

URL-2, (2023) <https://www.fs.usda.gov/forestmanagement/vegetation->

management/silviculture/index.shtml#:~:text=Silviculture%20is%20the%20art%20and,recreation%20on%20a%20sustainable%20basis.erişim tarihi 20.12.2023

URL-2a (2023) <https://www.fao.org/3/V5200E/v5200e03.htm>,  
erişim tarihi 01.12.2023

# FİTOHORMON VE KÖKLENDİRME ORTAMI SICAKLIĞININ *Wisteria sinensis* 'Purpurea' YUMUŞAK ÇELİKLERİNİN KÖKLENMESİNE ETKİLERİ<sup>1</sup>

Deniz GÜNEY<sup>2</sup>

## 1. GİRİŞ

Bitkiler ve insanlar asırlardır bir arada yaşamaktadır. İnsanoğlu, hayatını sürdürebilmek için bitkilere gereksinim duymaktadır (Yerjanovich ve Mamadiyoroglu, 2021). Bitkiler çok eski zamanlardan beri beslenme, tedavi, barınma, savunma ve ısınma gibi pek çok şekilde insanlara faydalar sağlamaktadır (Göktaş ve Gıdık, 2019). Tüm bu faydalara ek olarak, doğa ve bitkilerin insan psikolojisi üzerine de olumlu etkileri bulunmaktadır (Özgüner, 2004). Son yıllarda dünyamızın en büyük problemlerinden biri olarak görülen kentleşme ise insan psikolojine olumsuz etkiler yapmakta ve yaşam kalitesini düşürmektedir (Laforteza vd., 2009; Grahn ve Stigsdotter, 2010; Wu, 2010). Kentsel yapı içinde ekonomik, ekolojik ve sosyal açıdan birçok işlev üstlenen yeşil alanlar ve dolayısıyla da bitkiler kent planlamasında vazgeçilmez bir yere sahiptir (Cüce ve Ortaçeşme, 2020). Süs bitkileri, insan yaşamının önemli bir yönü olan estetik amaca hizmet etmektedir (Kravanja, 2006; Dewir, 2016). Bu tip bitkilerin dekorasyon amaçlı kullanımlarına okullar, alışveriş alanları, işyerleri gibi kamusal alanlarda ya da cadde

---

<sup>1</sup> Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan "Bazı Geniş ve İğne Yapraklı Süs Bitkilerinin Çelik ile Köklendirilmelerinde Sera Ortamı ve Hormon Etkilerinin Belirlenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

<sup>2</sup> Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Trabzon, d\_guney@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7222-6162.

kenarlarında rastlamak mümkündür (Ciesla, 2002). İç mimarlar, peyzajcılar ve ev sahipleri için süs bitkisi seçimi önemli bir karardır (Baldwin, 2013). Buradan hareketle, insanların neredeyse tüm zamanlarını tükettikleri ofis, cadde, alışveriş merkezi ya da kentsel alanlarda ruhsal ve duyuşsal olarak daha sağlıklı bir yaşam sürmeleri amacıyla birden fazla katkı sunabilecek bitki türlerinin araştırılması, üretilmesi ve kullanılması büyük önem arz etmektedir.

Leguminosae familyasına ait çok yıllık çalı benzeri bir tırmanıcı bitki olan mor salkım (*Wisteria sinensis* [Sims] Sweet), başta Çin olmak üzere Kuzey Amerika ve Doğu Asya'da doğal olarak yayılış göstermektedir (Jiang vd., 2011; Li vd., 2017). Dayanıklılığı, hızlı büyümesi ve uzun ömürlü olması nedeniyle doğal ormanlarda, nehir kenarındaki bölgelerde ve kırsal alanlarda çokça bulunmaktadır (Li vd., 2017). Türün çiçekleri tek başına çay olarak tüketilmekte, şeker ve un ile karıştırılarak ise "Teng Leo" adında geleneksel bir yiyecek elde edilmektedir (Mohamed vd., 2011). Ayrıca, şehirlerdeki park ve bahçelerde duvarları ve pergolaları süsleyen yaprakları ile güzel renkli çiçeklerinden dolayı oldukça değerli olup (Li vd., 2017), dünyada süs bitkisi olarak yoğun bir kullanıma sahiptir (Mohamed vd., 2011). *Wisteria* cinsine ait bitkilerden elde edilen ekstraktların antioksidan, anti-tümör, antiinflamatuar ve antidiyabetik aktivitelere sahip olduğu bildirilmektedir (Konoshima vd., 1997; Mohamed vd., 2011; Tai vd., 2011; Lv vd., 2020). Öte yandan, bu türe ait kökler kâğıt yapımında kullanılmaktadır (Mohamed vd., 2011). Mavi-mor renkli ve hoş kokulu çiçekleri ise bal arıları için çok cezbedicidir (Keskin vd., 2019). Birçok faydaya sahip olan türün ilgili alanlarda kullanılması için hızlı ve başarılı bir üretime ihtiyaç olduğundan en uygun üretim yönteminin belirlenmesi gerekmektedir.

Bitkilerin hızlı bir şekilde üretilmesi ve anaç bitkiyle aynı genetik yapıya sahip bireylerin elde edilmesi vejetatif üretim

yöntemiyle mümkün olup (Hartmann vd., 2002; Tchoundjeu vd., 2004), bu yöntem üstün ağaçların toplu olarak çoğaltılması için vazgeçilmez bir araç olarak kabul edilmektedir (Leakey vd., 1994; Poupard vd., 1994; Swamy vd., 2000). Bitkilerin gövde çelikleri ile vejetatif yolla üretilmesi, dünyanın birçok yerinde otsu ve odunsu bitki türlerinin üretiminde kullanılan en yaygın yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Çelik, eksik olan kısmı yeniden üreten bitkinin bir parçası olarak ifade edilmekte olup, gövde çelik tipleri odunsu çelik, yarı odunsu çelik, yumuşak çelik ve otsu çelik olarak sınıflandırılmaktadır (Platt ve Opitz, 1973; Debnath vd., 1986; Singh vd., 2013). Bitkiler çelikle üretimde ilkbahardan sonbahara hatta kışa kadar çeşitli zamanlarda alınan çelik tipleri ile çoğaltılabilmektedir. Ancak, literatür araştırmaları bu geniş mevsimsel aralıkta bazı türler için ilkbaharda alınan yumuşak çeliklerin köklenme başarısını artırdığını göstermiştir (Pijut ve Moore, 2002; Bayraktar vd., 2018a; Güney vd., 2023).

Çelikle üretimde başarıyı etkileyen en önemli etkenlerden biri fitohormon (bitki büyüme düzenleyici) kullanımı diğeri ise köklendirme ortamı sıcaklığıdır (Hartmann vd., 2002; Husen ve Pal, 2006; Sevik ve Güney, 2013; Yıldırım vd., 2020; Güney vd., 2021a; Bayraktar vd., 2022). Fitohormonlar arasında köklenmeyi teşvik edici grubu, oksinler (indol-3-bütirik asit, indol-3-asetik asit ve a-naftalin asetik asit vb.) oluşturmakta (Hartmann vd., 2002; Blythe vd., 2007) ve çelikle üretimde oksinlerin kullanıldığı birçok çalışma da bunu desteklemektedir (Güney vd., 2016; Yıldırım vd., 2017; Shahzad vd., 2019). Öte yandan, köklendirme ortamına uygulanan alttan ısıtmanın köklenmeyi tahrik ettiği bildirilmektedir (Grolli vd., 2005; Güney vd., 2021b).

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, mor salkım türünün çelikle üretilmesine ilişkin kısıtlı çalışmalar olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, mor salkım türünden alınan yumuşak çelikler üzerine farklı köklendirme ortamı sıcaklıkları

ve fitohormon uygulamalarının etkileri araştırılmış olup, en uygun üretim koşullarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın materyalini Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Kanuni Yerleşkesinde yer alan mor salkım (*Wisteria sinensis* 'Purpurea') anacının son yıllık sürgünlerinden Mayıs ayında alınarak hazırlanan yumuşak çelikler oluşturmuştur. Anaç bireyi ile KTÜ Orman Fakültesi Araştırma ve Uygulama Serasındaki köklendirme ortamına dikilen çeliklere ilişkin görseller Şekil 1'de verilmiştir.

**Şekil 1. Mor Salkım Anaç Bireyi ile Dikilen Çeliklere İlişkin Görseller**



Farklı köklendirme ortamı sıcaklıkları (Bayraktar vd., 2018b; Güney vd., 2023) ve fitohormon uygulamalarının (Copes ve Mandel, 2000; Galavi vd., 2013; Bayraktar vd., 2018c) çelikle üretimdeki köklenme başarısı üzerine olan olumlu etkileri çeşitli çalışmalarda ortaya koyulmuştur. Çalışma kapsamında, çeliklerin

köklendirilmelerinde köklendirme ortamı sıcaklığının etkilerini belirlemek amacıyla iki farklı sera ortamı oluşturulmuştur. Otomasyon sistemine sahip teknolojik serada, Sera-1 ortamındaki hava sıcaklığı  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , köklendirme masası sıcaklığı  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  ve nem düzeyi  $\%70\pm 2$  olarak ayarlanırken, Sera-2 ortamındaki hava sıcaklığı ve nem düzeyi aynı kalmak koşuluyla köklendirme masası sıcaklığı  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  olarak ayarlanmıştır.

Her iki sera ortamında da köklendirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Köklenmeyi etkileyen en önemli etkenlerden olan oksin grubu fitohormonlardan indol-3-bütirik asit (IBA), indol-3-asetik asit (IAA) ve a-naftalin asetik asitin (NAA) pudra formundaki 3000 ve 5000 ppm dozları ve kontrol çelikleri çalışmanın işlemlerini teşkil etmiştir. Mor salkım türünün yumuşak çelikleri köklendirme ortamlarına rastlantı blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak aktarılmıştır. Çalışmada 2 sera ortamı  $\times$  3 fitohormon  $\times$  2 doz  $\times$  10 çelik  $\times$  3 tekrar olmak üzere 360 adet işlem çeliği ve 2 sera ortamı  $\times$  10 çelik  $\times$  3 tekrar olmak üzere 60 adet kontrol çeliği olmak üzere toplamda 420 adet yumuşak çelik dikilmiştir.

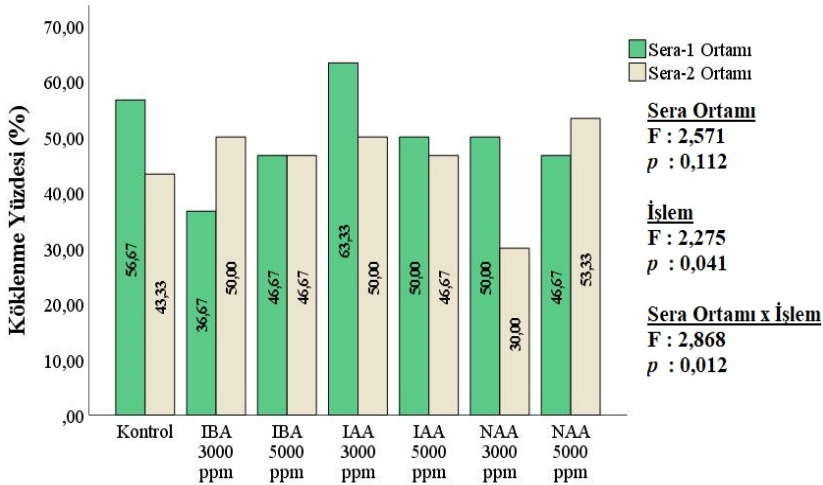
Çelikler, dikimin ardından sürekli kontrol edilerek ortamın hijyenine dikkat edilmiş ve düzenli olarak sulamalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan kontroller esnasında ilk kök oluşum tarihi de belirlenmiştir. Köklenen çelikler söküldükten sonra köklenme yüzdesi, kök boyu ve kök sayısı değerleri tespit edilmiştir. Her işlem için ayrı ayrı olmak üzere köklenen çeliklerin dikilen çeliklere oranının yüzde cinsinden hesaplanmasıyla köklenme yüzdesi, en uzun ana kök boyunun cetvel ile cm cinsinden ölçülmesiyle kök boyu ve ana köklerin sayılarak adet cinsinden belirlenmesiyle de kök sayısı elde edilmiştir. Elde edilen verilere IBM SPSS Statistics 27 istatistik programı yardımıyla varyans analizi (Univariate) ile Duncan testi uygulanmıştır. Varyans analizi sera ortamları, işlemler ve sera ortamı  $\times$  işlem etkileşimi açısından ölçülen karakterlere ilişkin

istatistiksel olarak anlamlı farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda işlemler açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların tespit edildiği karakterlere ilişkin Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki veriler birlikte değerlendirilerek Duncan testi uygulanmış ve oluşan gruplaşmalar tespit edilmiştir.

### 3. BULGULAR

Dikimi gerçekleştirilen mor salkım yumuşak çeliklerinin köklenme süreci 163 gün sürmüştür. İlk kök oluşumu dikimden 38 gün sonra Sera-2 ortamındaki ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  hava sıcaklığı,  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  köklendirme ortamı sıcaklığı,  $\%70\pm 2$  nem düzeyi) NAA 3000 ppm işleminde meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda, Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki işlemlerin ortalama köklenme yüzdesi değerleri ile varyans analizi sonuçları grafiksel olarak aşağıda gösterilmiştir (Şekil 2).

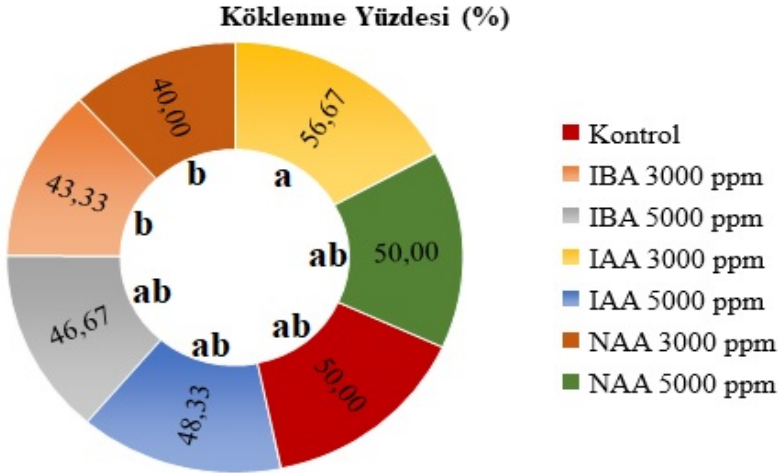
**Şekil 2. Köklenme Yüzdesine İlişkin Ortalamalar ve Varyans Analizi Sonuçları**



En yüksek ortalama köklenme yüzdesi  $\%63,33$  olarak Sera-1 ortamındaki ( $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  hava sıcaklığı,  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$  köklendirme

ortamı sıcaklığı, %70±2 nem düzeyi) IAA 3000 ppm işleminde ortaya çıkmıştır. Sera-2 ortamındaki en yüksek ortalama köklenme yüzdesi değeri %53,33 ile NAA 5000 ppm işleminde meydana gelirken, çalışmadaki en düşük ortalama köklenme yüzdesi ise aynı sera ortamındaki ilk kök oluşumunun da tespit edildiği NAA 3000 ppm işleminde %30,00 ile meydana gelmiştir. Sera-1 ortamındaki işlemlerin ortalama köklenme yüzdesi değeri %50,0 olurken, Sera-2 ortamındaki işlemler için bu değer %45,71 olmuştur. Ayrıca, IBA 3000 ppm ve NAA 5000 ppm işlemleri dışındaki tüm işlemlerde Sera-1 ortamında daha yüksek ortalama köklenme yüzdesi değerleri elde edilmiştir. Şekil 2’de yer alan varyans analizi sonuçlarına göre, köklenme yüzdesi açısından sera ortamları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmazken, işlemler arasında ve sera ortamı × işlem etkileşimine ilişkin %95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşmuştur. Köklenme yüzdesine ilişkin Duncan testi sonuçları Şekil 3’te sunulmuştur.

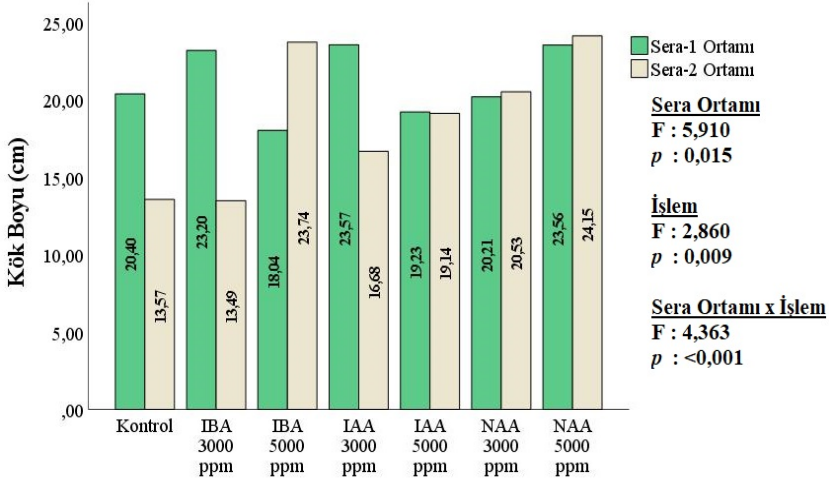
**Şekil 3. Köklenme Yüzdesine İlişkin Duncan Testi Sonuçları**



Şekil 3 incelendiğinde, köklenme yüzdesi açısından işlemler arasında üç farklı grup olduğu belirlenmiştir. Buna göre, birinci grup IAA 3000 ppm işlemi tarafından, ikinci grup

NAA 5000 ppm, kontrol, IAA 5000 ppm ve IBA 5000 ppm işlemleri tarafından ve üçüncü grup IBA 3000 ppm ve NAA 3000 ppm işlemleri tarafından oluşturulmuştur. Sera ortamlarındaki işlemlerin ortalama kök boyları ile varyans analizi sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.

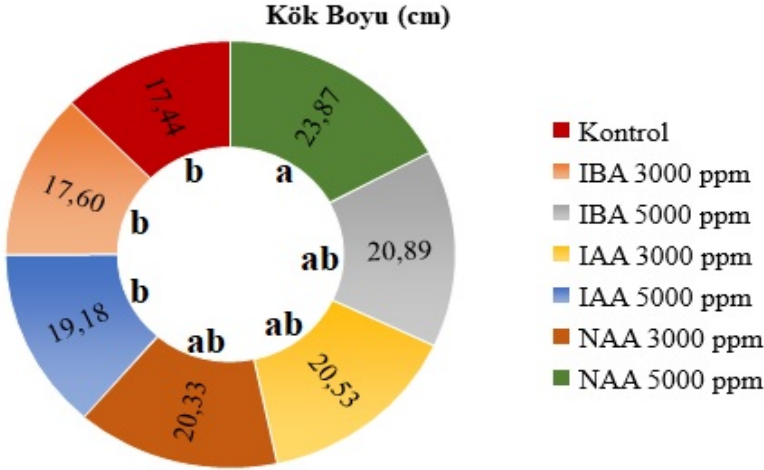
**Şekil 4. Kök Boyuna İlişkin Ortalamalar ve Varyans Analizi Sonuçları**



Kök boyu açısından en uzun ortalama değer 24,15 cm ile Sera-2 ortamındaki NAA 5000 ppm işleminde elde edilmiştir. Aynı sera ortamında yer alan IBA 5000 ppm işlemindeki 23,74 cm'lik değer ile çalışmadaki ikinci en yüksek sonuç ortaya çıkarken, IBA 3000 ppm işlemindeki 13,49 cm'lik değer ile de çalışmadaki en kısa ortalama kök boyu değeri ortaya çıkmıştır. Her ne kadar en uzun ortalama kök boyu değeri Sera-2 ortamında elde edilmiş olsa da, Sera-1 ortamındaki IAA 3000 ppm işleminin (23,57 cm), NAA 5000 ppm işlemi (23,56 cm) ve IBA 3000 ppm işlemi (23,20 cm) de ortaya koydukları sonuçlarla bu değeri oldukça yakından takip etmiştir. Sera ortamlarına göre değerlendirme yapıldığında, Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki ortalama kök boyu değerleri sırasıyla 21,18 cm ve 18,76 cm olmuştur. Kök boyuna ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda,

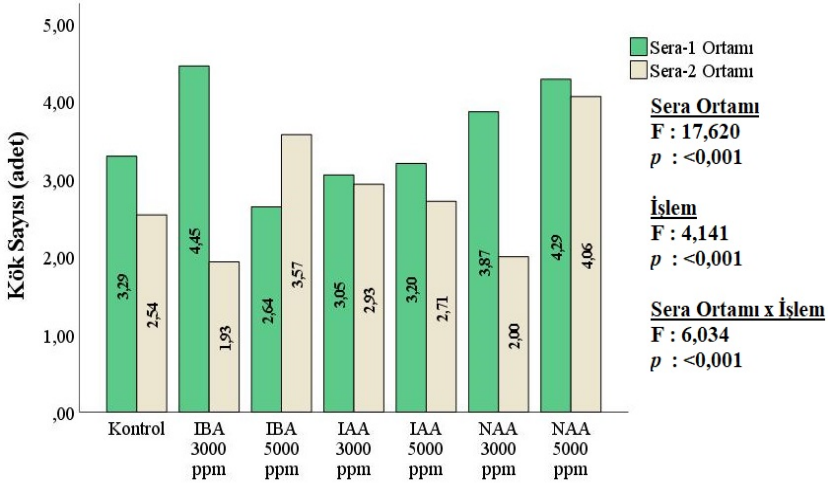
sera ortamları arasında %95 güven düzeyinde, işlemler arasında ve sera ortamı × işlem etkileşimine ilişkin ise %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana gelmiştir. Kök boyuna ilişkin Duncan testi sonuçları aşağıdadır (Şekil 5).

**Şekil 5. Kök Boyuna İlişkin Duncan Testi Sonuçları**



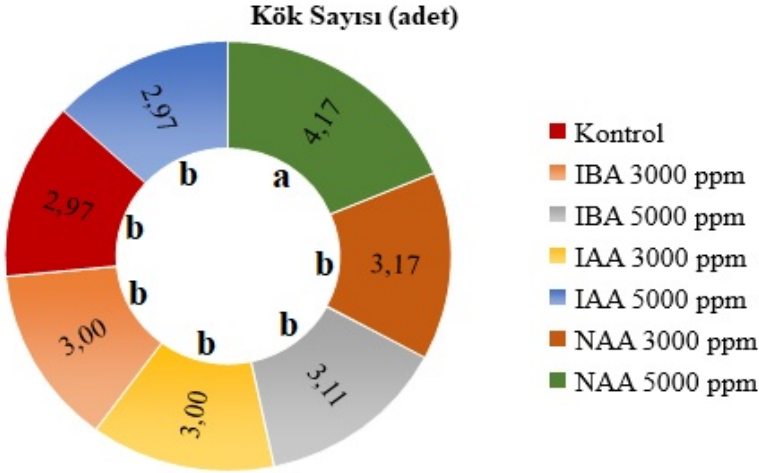
Duncan testi sonucunda kök boyu açısından işlemler arasında üç farklı grup meydana gelmiş olup, NAA 5000 ppm işlemi tek başına ilk grubu teşkil etmiştir. İkinci grupta IBA 5000 ppm, IAA 3000 ppm ve NAA 3000 ppm işlemleri birlikte yer alırken, üçüncü grupta IAA 5000 ppm, IBA 3000 ppm ve kontrol işlemleri birlikte yer almıştır. Sera-1 ve Sera-2 ortamlarındaki işlemlerde elde edilen ortalama kök sayıları ve varyans analizi sonuçları Şekil 6'da sunulmuştur.

**Şekil 6. Kök Sayısına İlişkin Ortalamalar ve Varyans Analizi Sonuçları**



Şekil 6 incelendiğinde, en yüksek ortalama kök sayısının 4,45 adet olarak Sera-1 ortamındaki IBA 3000 ppm işleminde, en düşük ortalama kök sayısının ise 1,93 adet ile Sera-2 ortamındaki aynı işlemde olduğu belirlenmiştir. Genel olarak Sera-1 ortamındaki işlemlerde oluşan ortalama kök sayısı değerlerinin Sera-2 ortamındaki işlemlerde oluşan değerlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buradan hareketle, Sera-1 ortamındaki işlemlerin ortalama kök sayısı 3,49 adet olurken, bu değer Sera-2 ortamında 2,89 adet olmuştur. Kök sayısı açısından sera ortamları arasında, işlemler arasında ve sera ortamı × işlem etkileşimine ilişkin istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ( $p < 0,01$ ) meydana gelmiştir. Kök sayısına ilişkin Duncan testi sonuçları aşağıda şematize edilmiştir (Şekil 7).

**Şekil 7. Kök Sayısına İlişkin Duncan Testi Sonuçları**



Duncan testi sonucuna ilişkin grafiğe göre, kök sayısı açısından işlemler arasında iki farklı grup ortaya çıkmıştır. NAA 5000 ppm işlemi tek başına birinci grubu oluştururken geri kalan tüm işlemler birlikte ikinci grubu oluşturmuştur.

#### **4. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Bu çalışma kapsamında, mor salkım (*Wisteria sinensis* [Sims] Sweet 'Purpurea') türünün yumuşak çelikle üretim yöntemi kullanılarak köklendirilmesi üzerine fitohormon ve köklendirme ortamı sıcaklığı etkileri araştırılmıştır. Köklendirme ortamı sıcaklıkları birbirinden farklı olan iki sera ortamına (Sera-1 ve Sera-2 ortamları) dikilen kontrol çelikleri ve IBA 3000 ppm, IBA 5000 ppm, IAA 3000 ppm, IAA 5000 ppm, NAA 3000 ppm ve NAA 5000 ppm fitohormonlarıyla muamele edilen çelikler çalışmadaki işlemleri oluşturmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen en yüksek ortalama köklenme yüzdesinin köklendirme masası sıcaklığının hava sıcaklığından 5°C daha yüksek olduğu Sera-1 ortamındaki IAA 3000 ppm işleminde %63,33 ile ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, Sera-1 ortamında bulunan

işlemlerin ortalama köklenme yüzdesi değerinin de (%50,00) Sera-2 ortamında bulunan işlemlerin ortalama köklenme yüzdesi değerinden (%45,71) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, 24,15 cm ile en uzun ortalama kök boyu, Sera-2 ortamındaki NAA 5000 ppm işleminde oluşmuştur. Ancak, Sera-1 ortamındaki IAA 3000 ppm, NAA 5000 ppm ve IBA 3000 ppm işlemlerinde sırasıyla elde edilen 23,57 cm, 23,56 cm ve 23,20 cm'lik değerlerin en uzun ortalama kök boyu değerine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Öte yandan, en yüksek ortalama kök sayısı da yine Sera-1 ortamındaki IBA 3000 ppm işleminde 4,45 adet ile meydana gelmiştir.

Çalışmada Sera-1 ve Sera-2 ortamındaki değerlerin ortalamasına bakıldığında köklenme yüzdesi bakımından oksin uygulaması yapılan işlemlerin bir kısmı kontrol işlemine yakın değerler olsa da kök boyu ve kök sayısı bakımından tüm işlemlerin daha yüksek değerler aldığı görülmüştür. Kaliteli ve amaca uygun fidan kullanımında kök boyu ve sayısının önemi göz önüne alındığında, işlem sonuçlarının olumlu etkisi daha iyi anlaşılacaktır.

Fidan üreticileri, iyi gelişmiş kök sistemlerine ve toprak üstü kısımlara sahip bitkiler elde etmek amacıyla farklı fitohormonlar kullanmaktadır (Nowakowska ve Pacholczak, 2015). Bu çalışmaya da konu olan oksinler, kök oluşumunu başlatmak, kök sayısı ile köklenme yüzdesini artırmak ve üretim döngüsünü kısaltmak amacıyla sıklıkla tercih edilmektedir.

Gülgün vd. (2003) tarafından *Wisteria sinensis* türünün çelikle köklendirilmesi üzerine yapılan bir çalışmada, yılın her ayında alınan çelikler dikilerek köklendirilmeye çalışılmış ancak birçok ayda hiç köklenme elde edilememiştir. Çalışmadaki en yüksek köklenme yüzdesi Kasım ayında dikilen çeliklerde %30,00 olarak belirlenmiştir. Nitekim, Gülgün vd. (2003) tarafından yapılan çalışmayı destekler nitelikte Krussman (1981),

mor salkım türünün çelikle üretimini ekonomik olmaması nedeniyle tavsiye etmemiştir. *Wisteria floribunda* Ludwik Lawin' kültürünü üretmek amacıyla yarı odunsu çeliklerin kullanıldığı çalışmada, en yüksek ortalama köklenme yüzdesi %90,00 olarak %0,2 NAA ve %0,1 IBA içeren toz formdaki fitohormonla muamele edilen çeliklerde elde edilmiştir (Nowakowska ve Pacholczak, 2015).

Çelikle üretim yöntemi üzerine köklenmeyi teşvik edici fitohormonlar olan oksinlerin etkileri birçok çalışma için araştırma konusu olmuştur. Rosier vd. (2004) tarafından *Abies fraseri*, Bayraktar vd. (2017) tarafından *Cryptomeria japonica* 'Elegans', Güney vd. (2021c) tarafından *Azalea* sp. ve Porras-García vd. (2023) tarafından *Cannabis sativa* üzerine yapılan çalışmalarda oksin hormonları kullanılarak köklendirme başarısı artırılmaya çalışılmış ve başarı sağlanmıştır. Oksinlerin köklenme başarısı üzerine olan etkilerine ilişkin örnek çalışma sayısını çoğaltmak mümkündür. Öte yandan, bazı çalışmalarda da köklendirme ortamı sıcaklığındaki artışın köklenme yüzdesi ve kök kalitesine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Bayraktar vd., 2018b, Güney vd., 2021a; Güney vd., 2023).

Çalışma sonuçları ve yapılan literatür araştırması göz önüne alındığında, mor salkım türünün yumuşak çelikler kullanılarak üretilmesinde köklenmeyi teşvik edici oksin kullanımının ve köklendirme masası sıcaklığını 5°C daha yüksek ayarlamının köklenme başarısını artırdığını belirtmek mümkündür.

## **KAYNAKÇA**

Baldwin, D. L. (2013). *Succulents Simplified: Growing, Designing and Crafting with 100 Easy Care Varieties*. Timber Press Inc., Portland, London, UK.

- Bayraktar, A., Atar, F., Yıldırım, N., & Turna, I. (2018b). Effects of different media and hormones on propagation by cuttings of European yew (*Taxus baccata L.*). *Sumarski List, 142*(9-10), 509-516.
- Bayraktar, A., Güney, D., & Chavoshi, S. H. (2022). Kırmızı yapraklı japon akçaağacının çelikle üretilmesinde farklı sera ortamları ile oksinlerin etkileri. *Ormancılık Araştırma Dergisi, 9*(Özel Sayı), 84-90.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F., & Turna, I. (2017). The effects of rooting media and some auxins on propagation by cutting of *Cryptomeria japonica D.Don* 'Elegans' (Henk&Hochst.) Mast. *International Forestry and Environment Symposium* (p. 202), November 7-10, Trabzon, Türkiye.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F., & Turna, I. (2018a). Effects of different rooting media and hormones on propagation by softwood cuttings of *Elaeagnus umbellata*. In *4th Non-Wood Forest Products Symposium* (p. 7). October 4-6, Bursa, Türkiye.
- Bayraktar, A., Yıldırım, N., Atar, F., & Turna, I. (2018c). Effects of some auxins on propagation by hardwood cutting of autumn olive (*Elaeagnus umbellata Thunb.*). *Ormancılık Araştırma Dergisi, 5*(2), 112-116.
- Blythe, E. K., Sibley, J. L., Tilt, K. M., & Ruter, J. M. (2007). Methods of auxin application in cutting propagation: A review of 70 years of scientific discovery and commercial practice. *Journal of Environmental Horticulture, 25*(3), 166-185.
- Ciesla, W. M. (2002). *Non-wood forest products from temperate broad-leaved trees*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, pp. 18-45.

- Copes, D. L., & Mandel, N. L. (2000). Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. *New Forests*, 20(3), 249-257.
- Cüce, B., & Ortaçşme, V. (2020). Kentsel yeşil alanlara erişilebilirlik. *Peyzaj*, 2(2), 65-77.
- Debnath, S., Hore, J. K., Dhua, R. S., & Sen, S. K. (1986). Auxin synergists in the rooting of stem cuttings of lemons (*Citrus Limon Burm*). *South Indian Horticulture*, 34, 123-128.
- Dewir, Y. H. (2016). Cacti and succulent plant species as phytoplasma hosts: A review. *Phytopathogenic Mollicutes*, 6, 1-9.
- Galavi, M., Karimian, M. A., & Mousavi, S. R. (2013). Effects of different auxin (IBA) concentrations and planting beds on rooting grape cuttings (*Vitis vinifera*). *Annual Review and Research in Biology*, 3(4), 517-523.
- Grahn, P., & Stigsdotter, U. K. (2010). The relation between perceived sensory dimensions of urban green space and stress restoration. *Landscape and Urban Planning*, 94(3-4), 264-275.
- Grolli, P. R., Morini, S., & Loreti, F. (2005). Propagation of *Platanus acerifolia* Willd. by cutting. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80(6), 705-710.
- Göktaş, Ö., & Gıdık, B. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları. *Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 145-151.
- Gülgün, B., Türkyılmaz, B., Yıldırım, T., & Güney, A. (2003). Ekonomik öneme sahip bazı sarılıcı süs bitkilerinden *Passiflora caerulea*, *Plumbago capensis*, *Wisteria chinensis* çeliklerinin farklı dikim zamanlarının köklenme oranlarına etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(1), 141-148.

- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, İ. (2021b). The effects of different factors on propagation by hardwood cuttings of some coniferous ornamental plants. *Şumarski List, 145*(9-10), 467-477.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., & Turna, İ. (2021c). Açelya (*Azalea sp.*) çeliklerinin köklendirilmesi üzerine farklı fitohormonların etkileri. *Ormançılık Araştırma Dergisi, 8*(1), 80-87.
- Güney, D., Bayraktar, A., Atar, F., Chavoshi, S. H., & Turna, İ. (2023). The effects of different rooting temperatures and phytohormones on the propagation of boxwood cuttings. *Baltic Forestry, 29*(1), id593-id593.
- Güney, D., Chavoshi, S. H., & Bayraktar, A. (2016). *Magnolia liliiflora* türünün çelik ile köklendirilmesi üzerine farklı sera ortamı ve hormonların etkisi. VI. *Süs Bitkileri Kongresi, Tam Metin Bildiriler Kitabı* (57-62), 19-22 Nisan, Antalya, Türkiye.
- Güney, D., Chavoshi, S. H., Bayraktar, A., & Atar, F. (2021a). The effects of temperature and exogenous auxin on cutting propagation of some junipers. *Dendrobiology, 86*, 29-38.
- Hartmann, T. H., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2002). *Plant propagation, principles and practices*. (7th ed.). New Jersey, pp. 880.
- Husen, A., & Pal, M. (2006). Variation in shoot anatomy and rooting behaviour of stem cutting in relation to age of donor plants in teak (*Tectona grandis Linn. F.*). *New Forests, 31*, 57-73.
- Jiang, Y. F., Chen, X. L., Lin, H., Wang, F., & Chen, F. (2011). Floral Scent in Wisteria: Chemical composition, emission

pattern, and regulation. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 136, 307-314.

- Keskin, S., Sirin, Y., Cakir, H. E., & Keskin, M. (2019). Phenolic composition and antioxidant properties of *Wisteria sinensis*. *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(2), 98-103.
- Konoshima, T., Takasaki, M., Kozuka, M., Tokuda, H., Nishino, H., Matsuda, E., et al. (1997). Anti-tumor promoting activities of isoflavonoids from *Wistaria brachybotrys*. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 20(8), 865–868. doi: 10.1248/bpb.20.865
- Kravanja, N. (2006). Significant perceptual properties of outdoor ornamental plants. *Acta Agriculturae Solvenica*, 87, 333-342.
- Krussmann, G. (1981). *The Baumschule*. Verlag Paul Parcy, Berlin.
- Lafortezza, R., Carrus, G., Sanesi, G., & Davies, C. (2009). Benefits and well-being perceived by people visiting green spaces in periods of heat stress. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(2), 97–108.
- Leakey, R. R. B., Newton, A. C., & Dick, J. M. P. (1994). Capture of genetic variation by vegetative propagation: processes determining success. In R. R. B. Leakey & A. C. Newton (Eds.), *Tropical trees: the potential for domestication and rebuilding of forest resources* (pp. 72–83). HMSO, London.
- Li, Y., Deng, C., Qiao, Y., Zhao, X., & Zhou, Q. (2017). Characterization of a new badnavirus from *Wisteria sinensis*. *Archives of Virology*, 162(7), 2125–2129. doi: 10.1007/s00705-017-3322-4.

- Lv, Y., Ren, W., Zhang, Y., Huang, Y., Hao, J., Ma, K., ... Yang, X. (2020). Antidiabetic effects of a lipophilic extract obtained from flowers of *Wisteria sinensis* by activating Akt/GLUT4 and Akt/GSK3 $\beta$ . *Food and Nutrition Research*, 64. doi: 10.29219/fnr.v64.3589.
- Mohamed, M. A., Hamed, M. M., Abdou, A. M., Ahmed, W. S., & Saad, A. M. (2011). Antioxidant and cytotoxic constituents from *Wisteria sinensis*. *Molecules*, 16(5), 4020–4030. doi: 10.3390/molecules16054020
- Nowakowska, K., & Pacholczak, A. (2015). The effect of auxins on the rooting of cuttings in several species of Fabaceae. *Annals of Warsaw University of Life Sciences-SGGW. Horticulture and Landscape Architecture*, (36).
- Özgüner, H. (2004). Doğal Peyzajın İnsanların Psikolojik ve Fiziksel Sağlığı Üzerine Etkileri. *Turkish Journal of Forestry*, 5(2), 97-107.
- Pijut, P. M., & Moore, M. J. (2002). Early season softwood cuttings effective for vegetative propagation of *Juglans cinerea*. *HortScience*, 37, 697-700.
- Platt, R. G., & Opitz, K. W. (1973). The propagation of citrus. P.4-47. In W. Reuther (Ed.), *The citrus industry, vol. III*. Univ. of California Press, Berkeley.
- Porras-García, B., Pinzón-Sandoval, E. H., & Almanza-Merchán, P. J. (2023). Propagation of *Cannabis sativa* (L.) plants through cuttings and use of auxin phytohormones. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 17(3), e16428-e16428.
- Poupard, C., Chauviere, M., & Monteuis, O. (1994). Rooting *Acacia mangium* cuttings: effects of age, within-shoot position and auxin treatment. *Silvae Genetica*, 434, 226–231.

- Rosier, C. L., Frampton, J., Goldfarb, B., Blazich, F. A., & Wise, F. C. (2004). Growth stage, auxin type, and concentration influence rooting of stem cuttings of Fraser fir. *HortScience*, 39(6), 1397-1402.
- Sevik, H., & Guney, K. (2013). Effects of IAA, IBA, NAA, and GA3 on rooting and morphological features of *Melissa officinalis* L. stem cuttings. *The Scientific World Journal*, 2013, 1-5.
- Shahzad, U., Kareem, A., Altaf, K., Zaman, S., Ditta, A., Yousafi, Q., & Calica, P. (2019). Effects of auxin and media additives on the clonal propagation of guava cuttings (*Psidium guajava* L.) Var. Chinese Gola. *Journal of Agricultural Science and Food Research*, 10(3), 265.
- Singh, K. K., Choudhary, T., & Kumar, P. (2013). Effect of IBA concentrations on growth and rooting of *Citrus limon* cv. Pant Lemon cuttings. *Hort Flora Research Spectrum*, 2(3), 268-270.
- Swamy, S. L., Puri, S., & Yadav, S. B. (2000). Propagation of *Albizia procera* Benth. using cutting and air layering techniques. *Indian Journal of Agroforestry*, 12, 149–152.
- Tai, B. H., Trung, T. N., Nhiem, N. X., Ha, D. T., Van Men, C., Duong, V. B., et al. (2011). A new flavan-3-ol and the anti-inflammatory effect of flavonoids from the fruit peels of *Wisteria floribunda*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 13(11), 1061–1068. doi: 10.1080/10286020.2011.603306
- Tchoundjeu, Z., Mpeck, M. L., Asaah, E., & Amougou, A. (2004). The role of vegetative propagation in the domestication of *Pausinystalia johimbe* K. Schum, a highly threatened medicinal species of West and Central Africa. *Forest Ecology and Management*, 188, 175-183.

- Yerjanovich, Y. B., & Mamadiyoroglu, A. A. (2021). Principles of Using Ornamental Plants in the Interior. *European Journal of Innovation in Nonformal Education*, 1(2), 79-81.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., & Atar, F. (2017). Seed characteristics and cutting propagation of alder buckthorn (*Frangula dodonei* Ard. subsp. *dodonei*) with medicinal and aromatic importance. *1st International Congress on Medicinal And Aromatic Plants* (p. 826), May 9-12, Konya, Türkiye.
- Yıldırım, N., Bayraktar, A., Atar, F., Güney, D., Öztürk, M., & Turna, İ. (2020). Effects of different genders and hormones on stem cuttings of *Salix anatolica*. *Journal of Sustainable Forestry*, 39(3), 300-308.
- Wu, J. (2010). Urban sustainability: An inevitable goal of landscape research. *Landscape Ecology*, 25(1), 1-4.

# ZİRAAT VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ'NDE AKADEMİK ANALİZ VE TARTIŞMALAR



YAZ Yayınları  
M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3  
İscehisar / AFYONKARAHİSAR  
Tel : (0 531) 880 92 99  
yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com

ISBN: 978-625-6524-72-9



9 786256 524729