



Dişi Gökkuşağı Alabalıklarında Farklı Yemleme Oranlarının Performans ve Üretim Maliyetlerine Etkisi

Hakan AYKAN¹  Savaş SARIOZKAN^{2*} 

¹ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarım İlçe Müdürlüğü, Gölyaka, Düzce, Türkiye

² Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Sağlığı Ekonomisi ve İşletmeciliği Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

ÖZ

Bu çalışmanın amacı dişi gökkuşağı alabalıklarında farklı yemleme oranlarının büyüme performansı ve üretim maliyetlerine etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmada ağırlıkları 46,8-49,2 g aralığındaki toplam 900 adet dişi gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), 8,0x2,0x0,8 m ebatlarında ve çalışma boyunca içerisinde 8000 litre su bulunan 9 adet beton havuza aktarılmıştır. Araştırma her havuzda 100 balık olacak şekilde, 3 tekrarlı olarak 70 gün süreyle yürütülmüştür. Başlangıçta ve 14'er gün arayla yapılan tartımlar sonucunda alabalıklara vücut ağırlıklarının %2 (I. grup), %2,5 (II. grup) ve %3 (III. grup) oranlarında yemleme yapılmıştır. Balıkların deneme sonu ortalama canlı ağırlık değerleri sırasıyla 201,81±1,36, 252,02±2,35 ve 291,18±3,15 g olarak (P<0,001), yem değerlendirme oranları ise 0,79, 0,84 ve 0,95 olarak bulunmuştur (P<0,001). Spesifik büyüme oranları (%) sırasıyla 0,90, 1,04 ve 1,14 (P<0,001); kondüsyon faktörü (%) değerleri 1,31, 1,40 ve 1,45 (P<0,001) ve karkas randımanları (%) da 83,7, 83,4 ve 83,0 (P>0,05) olarak belirlenmiştir. Yapılan ekonomik analizde, balık başına elde edilen kar miktarları sırasıyla 0,42, 0,62 ve 0,66 TL; fayda/maliyet oranları 1,32, 1,38 ve 1,34 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak, en düşük üretim maliyeti, en yüksek performans değerleri ve karlılık %3 yemleme yapılan 3. grupta; en yüksek üretim maliyeti, en düşük performans değerleri ve karlılık ise %2 yemleme yapılan 1. grupta elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Alabalık, yemleme oranı, performans, maliyet, karlılık

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 02.05.2018
Düzeltilme : 02.08.2018
Kabul : 07.08.2018
Yayın : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.420373

* SORUMLU YAZAR

ssariozkan@erciyes.edu.tr
Tel : +90 352 207 66 66

Effect of Different Feeding Ratio on Performance and Production Costs in Female Rainbow Trouts

Abstract: The aim of this study was to determine the effect of the different feeding ratio on growing performance and production costs in female rainbow trout. In this study totally 900 female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), between 46.8-49.2 g were equally divided into 8.0x2.0x0.8 m sized 9 concrete ponds with 8000-liter water. The study performed in 70 days in three groups and three replicates (100 fish per pond). The fishes were fed 14 days interval with 2% (I. group), 2.5% (II. group) and 3% (III. group) of live weight. At the end of the trial, mean live weight determined as 201.81±1.36, 252.02±2.35 and 291.18±3.15 g (P<0.001) and feed conversion ratio determined as 0.79, 0.84 and 0.95 (P<0.001) respectively. Specific growth rate (%) determined as 0.90, 1.04 and 1.14 (P<0.001); condition factor (%) values 1.31, 1.40 and 1.45 (P<0.001) and carcass yield (%) determined as 83.7, 83.4 and 83.0 (P>0.05) respectively. In economic analysis, profit was calculated as 0.42, 0.62 and 0.66 TL/fish; benefit/cost ratio calculated as 1.32, 1.38 and 1.34. In conclusion, the lowest production costs, the highest performance values and profit were determined in the 3rd group (3% fed) and the highest production costs, the lowest performance values and profit were determined in 1st group (2% fed).

Keywords: Rainbow trout, feeding ratio, performance, cost, profitability

Alıntılama

Aykan H, Sarıözkan S. 2018. Dişi Gökkuşağı Alabalıklarında Farklı Yemleme Oranlarının Performans ve Üretim Maliyetlerine Etkisi. LimnoFish. 4(3): 130-139. doi: 10.17216/LimnoFish.420373

Giriş

Su ürünleri yetiştiriciliğinde balıkların tüketicilerin tercih ettiği büyüklüğe kısa sürede ulaşabilmesi, yeterli miktar ve kalitede balık yeminin temin edilmesiyle mümkün olabilir (Schilling 1985).

Balıkların yem ihtiyaçları içerisinde bulundukları çevre faktörleri ile beslenme tekniğine göre değişiklik göstermektedir. Balık üretim maliyetinin düşmesi öncelikli olarak ve doğrudan yem giderleri ile ilişkilidir. Ancak, yem giderini düşürmeye

çalışırken aynı zamanda yem kalitesinden de ödün verilmemelidir. Aksi halde balık yetiştiriciliğinde kalitesiz yem, bir taraftan suyun daha çabuk kirlenmesine sebep olurken diğer taraftan balığın yemden yararlanmasını da olumsuz yönde etkileyerek maliyetlerin ve fiyatların artmasına yol açmaktadır (Akyurt 1989).

Ekonomik açıdan bakıldığında, toplam giderler içerisinde %60-70 oranında pay alan yemlemenin yanında, önemli olan bir diğer unsur da cinsiyet kontrolüdür (Akhan ve Canyurt 2005). Gökkuşığı alabalığında dışarıdan müdahale ile XX veya XY cinsiyet belirlenebilmesi mümkün olmaktadır (Ustaoglu 1996). Üreticiler XY kromozomlu erkek damızlıklar yerine dişiden dönüştürülen XX kromozomlu erkek damızlıkları kullandığı takdirde, yetiştiricilikte daha iyi performans ve gelişim sağlandığından üretim maliyetlerini düşürebilmektedir (Canyurt 1985).

Alabalık yavrularının erkekleştirilmesinde sık kullanılan yöntemlerden bir tanesi 17 α -metil-testesteron hormonu içeren yemle beslemektir. Erkekleştirme yavruların ilk yemi almasıyla başlar. Yavrular 17 α -metil-testosteron hormonu içeren yemlerle 750 GD (Gün Derece) beslenir (Emre ve Kürüm 2007). Sonrasında ise balıklar cinsel olgunluğa ulaşınca kadar normal yemle beslemeye devam edilir. Balıkların cinsel olgunluğa erişmeleri iki yılı bulur (Emre ve Kürüm 2007). Gerçek erkek damızlıklar ile sonradan erkekleştirilmiş dişi damızlıklar birbirlerinden sağım işlemi sırasında ayırt edilebilirler. Sağım işlemi yapıldığında gerçek erkeklerden sperma alınır. Erkekleştirilmiş dişilerin testislerinin normal olmaması ve boşaltım kanallarının bulunmaması nedeniyle sağım işlemi sonucu sperma alınamayacaktır. Bu damızlıklardan sperma temini karın boşluğunda sekonder gelişmiş olan testislere ulaşılmasıyla yapılabilmektedir. Alınan sperma mikroskop altında kontrol edilerek canlılığına ve yoğunluğuna bakılır. Sperma gerekli standartları taşıdığı takdirde yumurtayı döllemede kullanılır (Akhan ve Canyurt 2005; Emre ve Kürüm 2007).

Gökkuşığı alabalığı üretiminde işletme gelirini artırmak amacıyla cinsiyet dönüşümü uygulanarak monoseks stoklar üretilmektedir (Purdum 1993). Günümüzde gökkuşığı alabalığı yetiştiren işletmelerin çoğu dişi erkek karışık yetiştirme yapmakla beraber cinsiyet dönüşümü ile monoseks stoklar üreten işletmelerin sayısı da her geçen gün artmaktadır (Arslan vd. 2010).

Bu çalışmanın amacı, gerçek erkek damızlıklar ile sonradan erkekleştirilmiş dişi damızlıklardan elde edilen dişi gökkuşığı alabalığı yavrularına uygulanan farklı yemleme oranlarının büyüme, yem

değerlendirme parametreleri ve üretim maliyetleri üzerine etkisinin araştırılmasıdır.

Materyal ve Metot

Araştırma yeri ve su kaynağı

Araştırma Düzce İli'nin Gölyaka İlçesi'nde faaliyet gösteren özel bir alabalık çiftliğinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada doğal ışık alan 8x2x0,8 m ebatlarında ve deneme boyunca içerisinde 8000 litre su bulunduran 9 adet beton havuz kullanılmıştır.

Araştırmada kullanılmış olan su, dalgıç pompa ile yer altından çekilen artezyen suyudur. Havuzlara giriş yapan su 25 L/dk debiye sahiptir. Havuzlardaki suyun periyodik ölçümlerinde ortalama sıcaklığı 13,8 °C, pH'sı 8,5 ve suda çözünmüş oksijen miktarı 8,9 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Balık ve yem materyali

Çalışmada yavrular 17 α -metil-testesteron hormonu içeren yemlerle 750 gün derece beslenmiştir. Sonrasında ise cinsel olgunluğa ulaşınca kadar normal yemle beslemeye devam edilerek erkekleştirilmiş dişiler sağlanmış ve normal dişilerden alınan yumurtalar erkekleştirilmiş dişi balıklardan alınan sperm ile döllelenmiştir. Bu yumurtalardan elde edilen yavruların 24 haftalık büyütülmesi sonrasında aynı ortam koşullarında birlikte büyüyen balıkların araştırma için ilk seçim işlemi boylama makinesi ile gerçekleşmiştir. Boylama makinesi ile seçilmiş olan canlı ağırlıkları 46-50 g aralığındaki 900 adet gökkuşığı alabalığı tartım ve boylama işleminin hatasız yapılabilmesi için anestezi maddelerle (50 ppm'lik benzocaine çözeltisi ile) bayıltılmıştır (Sırtkaya 2013). Baygın olan balıklar 0,1 g hassasiyetli hassas terazi ile tekrar seçim işleminden geçirilmiştir. İkinci seçim işleminde sağlıklı olan ve ağırlığı 46,8-49,2 g arasında olan balıklar belirlenmiştir. Her alt gruptan belirlenen 20'şer balığın (toplam 180 balık) bireysel boy ve ağırlıkları kayıt altına alınarak, kalanlar ise 20 şerli gruplar halinde içerisinde su bulunan kovalar yardımı ile aynı işletmede bulunan deneme havuzlarına taşınmıştır.

Araştırmada kullanılacak olan balıklardan tesadüfen seçilen 10 tanesi enfeksiyon yönünden (bakteri, mantar, parazit) incelenmiş ve herhangi bir enfeksiyon tespit edilmemiştir.

Araştırmada kullanılan ticari bir firmanın ürettiği ve sahada kullanılan yemin (4 mm) besin içeriği Tablo 1'de verilmiştir.

Araştırma süresi ve planı

Araştırma ticari bir işletmede ve fiili yetiştiricilik koşulları altında (tank boyutları, yem çeşidi ve yemleme protokolü, doğal foto periyot gibi) yürütülmüştür. Araştırmanın başlangıcı ve son

stoklama yoğunlukları (balık sayısı) sabit tutularak rutin ticari üretim sürecinde başvurulacak boylama ve stok seyretme uygulamaları yapılmamıştır.

Deneme 70 gün süreyle yürütülmüştür. Denemenin başında, toplam 900 adet dişi gökkuşağı alabalığı 3'er tekerrürlü 3 grup halinde toplam 9 adet havuza her havuzda 100 balık olacak şekilde ve gruplar arası canlı ağırlık farkı olmadan dağıtılmıştır. Gruplara sırasıyla havuzlarda bulunan toplam canlı ağırlığın %2, %2,5 ve %3'ü oranında günlük yemleme yapılmıştır. Canlı ağırlık tartımları ve yem tüketimleri 14'er gün arayla 5 defa (14, 28, 42, 56 ve 70. günlerde) yapılmıştır. Tartım günlerinde balıklar tartıldıktan sonra dezenfekte edilen havuzlara geri alınmış ve çalışmaya devam edilmiştir. Yapılan tartımlardan sonra günlük verilecek olan yem miktarları yeniden belirlenmiş ve balıklar 14 gün boyunca bu şekilde beslenmiştir. Balıklara günlük verilecek yem miktarı iki eşit miktara bölünerek her gün sabah ve akşam (07.30 ve 16.30) verilmiştir. Tartım günlerinde sabah balıklara yem verilmemiştir. Havuz içerisindeki su sıcaklığı her yemleme sonrasında ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen içeriği ve pH ise haftalık olarak ölçülmüştür.

Araştırma Erciyes Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun (EÜHADYEK) 15/91 sayılı izni ile yürütülmüştür.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan alabalık yemine ait besin madde değerleri.

Besin maddesi	Miktarı
Ham protein (%)	45
Ham yağ (%)	20
Ham kül (%)	10,1
Ham selüloz (%)	1,3
Kalsiyum (%)	2,4
Fosfor (%)	1,5
Sodyum (%)	0,3

Ölçümler

Balıkların boy ölçümlerinde ± 1 mm ölçekli Von Bayer teknesi (Uysal ve Alpbaz 2003) ve boy tahtası kullanılmıştır. Balıkların canlı ağırlık tartımında 0,1 g hassasiyette dijital terazi kullanılmıştır. Su sıcaklığının ölçülmesinde $\pm 0,5$ °C hassasiyetli dijital termometre, pH ölçümünde pH metre ve oksijen ölçümünde oksijenmetre kullanılmıştır.

Deneme suyunun analizinde 2 adet fotometre Nanocolor Vis, Interfance Photometer 7000 se ve 1 adet ısıtıcı blok Nanocolor Vario C2 kullanılmıştır.

Büyüme parametrelerinin hesaplanması

Araştırmada büyüme parametrelerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Aras 1981; Berg vd. 1990; Hoşsu ve Korkut 1996).

Ağırlık artışı

$$CAA (\%) = [(A2-A1)/A1] \times 100$$

A1 = Balıkların bir periyot önceki ağırlıkları (g)

A2 = Balıkların son ağırlıkları (g)

CAA = Canlı ağırlık artışı (g)

$$\text{Oransal Ağırlık Artışı} = [(W2-W1)/W1] \times 100$$

W1= İlk ağırlık (g)

W2= Son ağırlık (g)

Boy artışları

Mutlak Boy Artışı= L2-L1

$$\text{Oransal Boy Artışı} = [(L2-L1)/L1] \times 100$$

L1: İlk boy uzunluğu (cm)

L2: Son boy uzunluğu (cm)

Spesifik büyüme oranı (SBO, %/gün)

SBO = $(\ln W2 - \ln W1) / t \times 100$ formülünden hesaplanmıştır (Brown 1977).

$\ln W2$ = Ortalama son vücut ağırlığının (g) doğal logaritması

$\ln W1$ = Ortalama başlangıç vücut ağırlığının (g) doğal logaritması

t= Süre (gün)

Yem değerlendirme oranı (YDO)

YYO = $F / (A2 + D) - A1$ formülünden hesaplanmıştır (Stickney 1979).

F= Bir periyot boyunca verilen yem miktarı (g)

A1= Balıkların bir periyot önceki ağırlıkları (g)

A2= Balıkların son ağırlıkları (g)

D= Ölen veya deneme dışı kalan balıkların ağırlığı (g)

Kondüsyon faktörü (K)

K = $(W/L^3) \times 100$ formülünden hesaplanmıştır (Stickney 1979).

K= Kondüsyon faktörü

W= Balığın bireysel ağırlığı (g)

L= Balığın Toplam Boyu (cm)

Karkas randımanının hesaplanması (KR)

Karkas randımanı, solungaç ve diğer tüm iç organların balıktan uzaklaştırılıp yüzgeçler ve kafanın üzerinde bırakılmasıyla temizlenmesi tamamlanmış olan balığa göre hesaplanmıştır (Ustaoglu 1996).

$$KR (\%) = (T1/T2) \times 100$$

T1= Temizlenmiş balık ağırlığı (g)

T2= Toplam balık ağırlığı (g)

İstatistiksel analizler

Elde edilen verilerin istatistiki analizi SPSS 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) paket programı ile yapılmıştır. Araştırmada gruplar arası karşılaştırmada istatistiksel analizlerden varyans analizi (ANOVA) uygulanmış ve önemlilik tespit edilen gruplarda farkın hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için Tukey testi uygulanmıştır. Değerler ortalama ve

ortalamaların standart hatası ($X \pm S_x$) şeklinde verilmiştir. Önem düzeyi $p < 0,05$ olarak alınmıştır.

Ekonomik analizler

Üretim maliyetleri hesaplanırken yem maliyeti ve yavru balık maliyeti dikkate alınmış, satış geliri ve karlılık hesaplanırken hasat sonrası satış fiyatları hesaba katılmıştır. Çalışmada yavru balık maliyeti ve yem maliyeti dışındaki diğer giderler tüm gruplar için sabit olduğundan hesaplamaya katılmamıştır.

Fayda/Maliyet oranı= Toplam satış geliri/Toplam maliyetler şeklinde hesaplanmıştır.

Bulgular

Denemede kullanılan suya ait bulgular

Deneme süresince ölçülen ortalama su sıcaklığı

13,8°C (12,9°C-15,3°C); sudaki çözünmüş oksijen değeri ortalama 8,9 mg/L (8,1 mg/L-9,7 mg/L) ve suyun pH değeri ortalama 8,5 (8,4-8,6) olarak ölçülmüştür.

Performans bulguları

Araştırma bulgularına göre (Tablo 2 ve 3) başlangıçta gruplardaki balıkların canlı ağırlık ortalaması 48,0 g'dır. Deneme sonunda grupların canlı ağırlık ortalaması sırasıyla 201,8 g, 252,02 g ve 291,18 g olarak belirlenmiştir. Balıkların başlangıç canlı ağırlıkları arasında istatistik olarak fark bulunmazken ($p > 0,05$), yapılan tartımların tamamında gruplar arasında canlı ağırlık yönünden önemli farklılık tespit edilmiştir ($p < 0,001$).

Tablo 2. Deneme gruplarına ait performans değerleri-I (CA, CAA, YT, YDO)

Performans değerleri	Grup 1 $X \pm S_x$	Grup 2 $X \pm S_x$	Grup 3 $X \pm S_x$	P
Canlı ağırlık (CA, g/balık)				
Başlangıç	48,0 $\pm$ 0,089	48,0 $\pm$ 0,087	47,9 $\pm$ 0,092	0,867
14. gün	65,4 $\pm$ 0,214 ^c	69,8 $\pm$ 0,251 ^b	73,9 $\pm$ 0,244 ^a	<0,001
28. gün	88,2 $\pm$ 0,554 ^c	99,0 $\pm$ 0,831 ^b	110,4 $\pm$ 1,012 ^a	<0,001
42. gün	118,3 $\pm$ 0,933 ^c	139,7 $\pm$ 1,291 ^b	161,5 $\pm$ 1,671 ^a	<0,001
56. gün	155,9 $\pm$ 1,520 ^c	193,1 $\pm$ 2,081 ^b	224,8 $\pm$ 2,49 ^a	<0,001
70. gün	201,8 $\pm$ 1,361 ^c	252,0 $\pm$ 2,359 ^b	291,1 $\pm$ 3,15 ^a	<0,001
CA artışı (CAA, g/balık)				
0-14. gün arası	17,3 $\pm$ 0,006 ^c	21,8 $\pm$ 0,018 ^b	25,8 $\pm$ 0,007 ^a	<0,001
14-28. gün arası	22,6 $\pm$ 0,006 ^c	29,3 $\pm$ 0,010 ^b	36,5 $\pm$ 0,051 ^a	<0,001
28-42. gün arası	29,8 $\pm$ 0,003 ^c	40,2 $\pm$ 0,009 ^b	52,1 $\pm$ 0,027 ^a	<0,001
42-56. gün arası	38,8 $\pm$ 0,053 ^c	54,0 $\pm$ 0,043 ^b	62,6 $\pm$ 0,103 ^a	<0,001
56-70. gün arası	48,0 $\pm$ 0,020 ^c	66,9 $\pm$ 0,082 ^b	77,1 $\pm$ 0,146 ^a	<0,001
0-70. gün arası	156,6 $\pm$ 0,066 ^c	212,4 $\pm$ 0,108 ^b	254,3 $\pm$ 0,206 ^a	<0,001
Yem tüketimi (YT, g/balık)				
0-14. gün arası	12,4 $\pm$ 0,0001 ^c	15,6 $\pm$ 0,0003 ^b	18,7 $\pm$ 0,0001 ^a	<0,001
14-28. gün arası	16,9 $\pm$ 0,0003 ^c	22,6 $\pm$ 0,0003 ^b	28,7 $\pm$ 0,0001 ^a	<0,001
28-42. gün arası	22,7 $\pm$ 0,0003 ^c	32,2 $\pm$ 0,0003 ^b	43,0 $\pm$ 0,0013 ^a	<0,001
42-56. gün arası	30,5 $\pm$ 0,0000 ^c	45,2 $\pm$ 0,0006 ^b	63,3 $\pm$ 0,0013 ^a	<0,001
56-70. gün arası	40,6 $\pm$ 0,0012 ^c	62,9 $\pm$ 0,0016 ^b	87,8 $\pm$ 0,0020 ^a	<0,001
0-70. gün arası	123,6 $\pm$ 0,0013 ^c	178,7 $\pm$ 0,0020 ^b	241,6 $\pm$ 0,0023 ^a	<0,001
Yem değerlendirme (YDO, g/g)				
0-14. gün arası	0,72 $\pm$ 0,0003 ^a	0,71 $\pm$ 0,0008 ^b	0,72 $\pm$ 0,0002 ^a	<0,001
14-28. gün arası	0,75 $\pm$ 0,0002 ^c	0,77 $\pm$ 0,0003 ^b	0,78 $\pm$ 0,0012 ^a	<0,001
28-42. gün arası	0,76 $\pm$ 0,0002 ^c	0,80 $\pm$ 0,0001 ^b	0,82 $\pm$ 0,0007 ^a	<0,001
42-56. gün arası	0,78 $\pm$ 0,0010 ^c	0,83 $\pm$ 0,0006 ^b	1,01 $\pm$ 0,0018 ^a	<0,001
56-70. gün arası	0,85 $\pm$ 0,0005 ^c	0,94 $\pm$ 0,0011 ^b	1,13 $\pm$ 0,0018 ^a	<0,001
0-70. gün arası	0,78 $\pm$ 0,0002 ^c	0,84 $\pm$ 0,0003 ^b	0,95 $\pm$ 0,0007 ^a	<0,001

*Çalışma süresi boyunca mortalite olmamıştır.

Tablo 3. Deneme gruplarına ait performans değerleri-II (SBO, BU, BA, KF)

Performans değerleri	Grup 1 X±Sx	Grup 2 X±Sx	Grup 3 X±Sx	P
Spesifik büyüme oranı (SBO, %)				
0-14. gün arası	0,95±0,0004 ^c	1,16±0,0011 ^b	1,34±0,0004 ^a	<0,001
14-28. gün arası	0,92±0,0002 ^c	1,09±0,0003 ^b	1,25±0,0015 ^a	<0,001
28-42. gün arası	0,91±0,0002 ^c	1,06±0,0001 ^b	1,20±0,0008 ^a	<0,001
42-56. gün arası	0,88±0,0010 ^c	1,01±0,0007 ^a	1,01±0,016 ^b	<0,001
56-70. gün arası	0,83±0,0004 ^c	0,92±0,0009 ^a	0,91±0,0018 ^b	<0,001
0-70. gün arası	0,90±0,0002 ^c	1,04±0,0001 ^b	1,14±0,0005 ^a	<0,001
Boy uzunluğu (BU, cm/balık)				
Başlangıç	16,25±0,03	16,30±0,03	16,22±0,03	0,341
14. gün	17,44±0,03 ^c	18,00±0,03 ^b	18,41±0,03 ^a	<0,001
28. gün	19,51±0,04 ^c	20,03±0,04 ^b	20,94±0,07 ^a	<0,001
42. gün	21,47±0,05 ^c	22,55±0,07 ^b	23,34±0,06 ^a	<0,001
56. gün	23,13±0,08 ^c	24,68±0,09 ^b	25,34±0,12 ^a	<0,001
70. gün	24,97±0,06 ^c	26,47±0,50 ^b	27,44±0,12 ^a	<0,001
Boy artışı (BA, cm/balık)				
0-14. gün arası	1,20±0,048 ^c	1,72±0,015 ^b	2,19±0,038 ^a	<0,001
14-28. gün arası	2,06±0,055 ^b	2,02±0,003 ^b	2,53±0,061 ^a	<0,001
28-42. gün arası	1,95±0,055 ^b	2,52±0,026 ^a	2,40±0,032 ^a	<0,001
42-56. gün arası	1,67±0,041	2,13±0,125	2,00±0,299	0,281
56-70. gün arası	1,90±0,041	1,82±0,139	2,14±0,198	0,321
0-70. gün arası	8,79±0,055 ^c	10,21±0,029 ^b	11,27±0,045 ^a	<0,001
Kondüsyon faktörü (KF, %)				
0-14. gün arası	1,12±0,006	1,11±0,006	1,12±0,003	0,236
14-28. gün arası	1,23±0,003 ^a	1,20±0,000 ^b	1,18±0,003 ^c	<0,001
28-42. gün arası	1,18±0,009 ^b	1,23±0,003 ^a	1,20±0,011 ^{ab}	<0,05
42-56. gün arası	1,19±0,003 ^b	1,21±0,003 ^b	1,28±0,017 ^a	<0,01
56-70. gün arası	1,26±0,09 ^b	1,30±0,23 ^{ab}	1,38±0,037 ^a	<0,05
0-70. gün arası	1,31±0,003 ^c	1,40±0,009 ^b	1,45±0,003 ^a	<0,001

Canlı ağırlık artışı, yem tüketimi, yem değerlendirme oranı, spesifik büyüme oranı, yönünden gruplar arasında tüm periyotlarda istatistiki olarak önemli farklılık bulunmuştur ($p<0,001$).

Balıkların boy uzunluğu verileri incelendiğinde, başlangıç boy uzunlukları arasında istatistiki olarak fark bulunmazken ($p>0,05$), diğer ölçümlerin tamamında gruplar arasında önemli farklılık tespit edilmiştir ($p<0,001$).

Gruplar arasında boy artışı yönünden ilk 3 dönemde önemli farklılık bulunurken ($p<0,001$), son iki dönemde (42-70. günler arası) hesaplanan boy artışları arasında istatistiki olarak herhangi bir fark tespit edilmemiştir. Araştırmanın tamamı değerlendirildiğinde boy artışı yönünden yine önemli farkın olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0,001$).

Kondüsyon faktörü bulguları, başlangıçta birbirine yakın ($P>0,05$), diğer dönemlerde farklı düzeylerde farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0,05$; 0,01; 0,001).

Tablo 4'e göre gruplar arasında kesim öncesi canlı ağırlık ve karkas ağırlığı bakımından istatistiki olarak farklılık bulunurken ($p<0,001$). Karkas randımanı bakımından istatistiki olarak önemli farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

Ekonomik bulgular

Araştırmada elde edilen ekonomik bulgular, gruplara göre üretim maliyeti, satış geliri ve kar üzerinden değerlendirilmiş ve aşağıda verilmiştir.

Üretim maliyetleri içerisindeki yem maliyetinin oranı 1. grupta %46, 2. grupta %56, 3. grupta %63 olarak hesaplanmıştır. Yavru balık maliyeti 1. grupta

%54, 2. grupta %44 ve 3. grupta %37 olarak hesaplanmıştır. Toplam ve balık başına kar en yüksek 3. grupta en düşük 1. grupta hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 4. Deneme gruplarına ait karkas ağırlığı ve randımanı değerleri

Parametreler	Grup 1	Grup 2	Grup 3	P
Kesim öncesi CA, g	209,75±1,94 ^c	259,15±2,21 ^b	296,84±3,88 ^a	<0,001
Karkas ağırlığı, g	175,74±2,35 ^c	216,21±2,23 ^b	246,55±2,46 ^a	<0,001
Karkas randımanı, %	83,7	83,4	83,0	0,581

Tablo 5. Deneme gruplarına ait ekonomik göstergeler

Ekonomik göstergeler	Grup 1	Grup 2	Grup 3
Balık sayısı*	300	300	300
Yavru balık maliyeti (0,7 TL/adet)	210	210	210
Tüketilen toplam yem miktarı, kg	37,11	53,64	72,56
Toplam yem gideri (5 TL/kg)	185,5	268,2	362,8
Toplam maliyet, TL (balık+yem)	395,5	478,2	572,8
Çalışma sonu toplam canlı ağırlık, kg	61,4	78,1	90,7
Balık satış fiyatı, TL/kg	8,5	8,5	8,5
Toplam satış geliri, TL	521,9	663,8	770,9
Toplam kar, TL	126,4	185,6	198,1
Balık başına kar, TL	0,42	0,62	0,66
Fayda/Maliyet Oranı	1,32	1,38	1,34

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada dişi gökkuşağı alabalıklarında farklı yemleme oranlarının performans ve üretim maliyetlerine etkisi araştırılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Balık yetiştiriciliğinde su sıcaklığı, balıkların hayati fonksiyonlarını yerine getirmesini ve yem alımını etkileyen önemli bir faktördür. Günümüz şartları göz önüne alındığında alabalık yetiştiriciliğinde ihtiyaç duyulan suyun fazla olması, su sıcaklığının manipülasyonu için dezavantaj oluşturmaktadır. Su sıcaklığına müdahale etmenin güçlüğü, araştırmacıları mevcut su sıcaklığında en uygun yemleme oranını belirlemeye yöneltmiştir.

Yapılan mevcut çalışmada deneme süresince dalgıç pompalar kullanılarak çıkarılan yer altı suyunun beton havuzlara giriş sıcaklığı 13 ±0,5 °C olarak ölçülmüştür. İçerisinde 8000 litre su bulunan havuzlara 25 L/dk debide su giriş-çıkışı olurken havuzlarda bekleyen su, çevresel faktörlerin etkisiyle en düşük 12,8 °C en yüksek ise 15,3 °C olarak tespit edilmiştir.

Edwards (1978) alabalıklarda en iyi büyümenin 15-18 °C su sıcaklığında olduğundan bahsetmiştir. Yaptığımız çalışmada kullanılan suyun sıcaklığı Edwards (1978)'in bildirmiş olduğu en uygun su sıcaklık aralığından zaman zaman düşük kalmıştır. Çelikkale (1994), 12-18 °C; Atay vd. (1980), 12-16 °C'de alabalıklarda yemden yararlanmanın en iyi

seviyede olacağını tespit etmiştir (Çelikkale 1994). Stevenson (1980), Albaz (1987) ve Sedgwick (1990) ise alabalıklar için en uygun su sıcaklığını 10-15 °C olarak bildirmiş olup, çalışmamızın bu sıcaklık değerleri aralığında seyrettiği gözlenmiştir.

Çalışma boyunca ölçülen oksijen değeri ortalaması 8,9 mg/L (min-maks; 8,1-9,7) olup bu değer, alabalıklar için yemin sindirilmesini ve yemden yararlanmayı olumlu yönde etkilemektedir. (Karaca 1987; Sedgwick 1990).

Araştırmada balıkların içinde bulunduğu suyun pH'sı düzenli olarak ölçülmüş ve ortalama 8,5 pH (min-maks; 8,4-8,6) değeri tespit edilmiştir. Alabalıklar için 6,5-8,5 pH aralığının iyi bir gelişim için uygun olduğu bildirilmiş olup, çalışmada ortam pH'sının gelişimi olumsuz etkileyecek bir düzeyde olmadığı görülmektedir (Aras 1973).

Tüm ticari faaliyetlerde olduğu gibi alabalık üretiminde de nihai hedef kar maksimizasyonudur. Dolayısıyla, sadece yem maliyetini düşürmek ve/veya yemden yararlanmayı artırmak bu amaca ulaşmada yetersiz kalmaktadır. Belirli sürede en düşük maliyetle en fazla büyümenin sağlanıp satış gelirinin de yüksek olması hedeflenmelidir. Optimum şartlar sağlanıp balığın hızlı büyümesi gerçekleştirilirken hastalıklara karşı direncin de yüksek olması, işletmecinin birim alanda ürettiği balık miktarının artmasına katkı sağlayarak işletme karlılığını artıracaktır.

Bircan (1981) alabalıkların ilk 6 ayda 25 g canlı ağırlığa ulaşması ve bu dönemlerde aylık ağırlık artışının asgari %100 olması gerektiğini, yavru balıkların çıkışından porsiyonluk kabul edilen 250 g ağırlığa ulaşmasına kadar geçen sürenin ise 12 ay kabul edilebileceğini bildirmiştir.

Çalışmamızda 5 aylık yaştaki ortalama 48 g canlı ağırlığındaki balıklar kullanılmış olup, 70 günlük sürede balıkların bireysel canlı ağırlık ortalamaları sırasıyla 201 g, 252 g ve 291 g olmuştur. Buna göre, balıkların çıkıştan itibaren yaklaşık 7 aylık süre içerisinde ölüm, hastalık vb. olumsuz bir durum gerçekleşmeden tercih edilen tüketim ağırlığına ulaşabileceği tespit edilmiştir. Geline aşamada Bircan (1981)'in çalışmasından itibaren geçen yaklaşık 35 yıllık sürede alabalık yetiştiriciliğinde önemli mesafelerin kat edildiği anlaşılmaktadır.

Bircan (1986) yapmış olduğu diğer bir çalışmada, ortalama ağırlıkları 23 g olan gökkuşağı alabalıklarını 182 gün süren besleme sonunda 208 g ağırlığa ulaştığını gözlemlemiştir. Steffens vd. (1999) tarafından yürütülen çalışmada, 92,4 g olan balıklar 84 gün sonunda 264 g ağırlığa ulaşabilmiştir. Yiğit ve Aral (1999), 88 g olan balıkları 90 gün beslemişler ve balıklar 295 g ağırlığa ulaşmıştır. Kuyumcu (2001), yapmış olduğu çalışmada 35 g olan balıkları 19 hafta sonunda 240 g ağırlığa ulaştırmıştır. Şenoğlu (2013), ortalama ağırlıkları 76 g olan balıkları 4 ay besledikten sonra balıklar 238 g ağırlığa ulaşmıştır. Aral vd. (1999) 120 g olan balıkların 39 gün süren çalışma sonunda 269 g canlı ağırlığa ulaştığını tespit etmiştir. Bu bildirimler yapılan çalışmayla karşılaştırıldığında ortak yönleri fazla olup hatta çalışmamızdaki balıkların büyüme hızı bazı literatürlerden daha yüksek tespit edilmiştir.

Canlı ağırlık dışında diğer önemli bir performans göstergesi yem değerlendirme oranıdır. Alabalıkların poikilotermik olması diğer hayvan türlerine göre yemi iyi değerlendirmesine sebep olmaktadır. Halver (1972), balıklarda yem değerlendirme oranının 2'nin altında veya üstünde olmasına göre sonucun farklı yorumlanabileceğini bildirmiştir. Bu oranın 2'nin üzerinde olması balığın yemden yararlanmasının kötü olduğunu, 2'nin altında olması durumunda ise iyi olduğunu ileri sürmüştür. Daha önce 1970-1990 yılları arasında yapılmış olan bazı çalışmaların yem değerlendirme oranları Tatum (1973); 3,3-4,7 Kilambi vd. (1977); 2,14-3,02, Atay vd. (1980); 2,6-3,2, Çelikkale (1983); 2,12-3,06 ve Bircan (1986)'ın; 1,83-5,17 arasında bulunmuştur. Bulunan bu değerler incelendiğinde genellikle 2'ye yakın veya 2'nin üzerinde seyrettiği görülmektedir.

Yakın geçmişteki 1990-2010 yılları arasındaki çalışmaların yem değerlendirme oranları ise Alanara (1992); 1,08-1,49, Ağırağaç (1994); 1,19-1,25, Gomes vd. (1995); 1,01-1,09, Büyükhatipoğlu

vd.(1996); 0,97-1,25, Watanabe vd. (1997); 1,23-1,44, Yiğit ve Aral (1999); 1,20-1,21 Aral vd.(1999); 1,07-1,83, Bilgüven ve Kurt (2002); 1,28-1,31, Yıldırım vd. (2002); 1,09-1,16, Alagil (2005); 1,21-1,28 arasında bulunmuştur. Bu dönemde yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde yem değerlendirme oranlarının genel olarak 1-1,5 aralığında (2'nin altında) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda elde edilen yem değerlendirme oranları ise iyi sayılacak düzeyde sırasıyla 0,79, 0,84 ve 0,95 (1'in altında) tespit edilmiştir. Bu değerler Steffens vd. (1999); 0,72-1,06, Harmantepe ve Büyükhatipoğlu (2007); 0,99, Dağdemir (2008); 0,92-1,16, Şenoğlu (2013); 0,80 değerleriyle benzerlik göstermektedir.

Çalışmalar incelendiğinde alabalık yetiştiriciliğinde yem değerlendirme oranının geçmişten günümüze iyileşerek daha düşük değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu durumun en önemli sebeplerinden biri, yapılan bu ve benzeri çalışmalar ve bunların sonucunda balıkların optimum beslenme ihtiyaçlarının belirlenmesi ile birlikte gelişen yem teknolojisinin bu ihtiyaçlar doğrultusunda üretime devam etmesidir.

Spesifik büyüme, ortam koşullarına bağlı olarak balığın belirli zaman aralığındaki diğer bir deyişle anlık büyümesidir (Şahin 1995). Yapmış olduğumuz çalışmada spesifik büyüme oranı (%); 0,90, 1,04 ve 1,14 bulunmuştur. Çalışma sonucu elde edilen spesifik büyüme oranları Teskeredzic vd.(1989); 0,993, Akbulut (1993)'un; 0,89 değerlerine yakın olup benzerlik göstermiştir.

Spesifik büyüme oranı sonuçları, Teskeredzic vd.(1989); 0,70, Şahin (1995); 0,46, Şenoğlu (2013)'un 0,69 değerlerinden yüksek, Akbulut (1993); 1,57, Arıman ve Aras (2003)'ın; 2,53, 1,96 ve 1,80 değerlerinden ise düşük bulunmuştur. Sonuçlardaki farklılığın yemleme oranlarının ve balık ağırlıklarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kondüsyon faktörü, beslenmeye bağlı gelişimi gösteren balıklarda ağırlık-boy arasındaki ilişkiyi ifade eden bir parametredir. Gökkuşağı alabalıklarında kondüsyon faktörü değerinin 1'in altında olması beslenme-gelişim ilişkisinin kötü olduğunu göstergesidir (Çelikkale 1983; Edwards 1978). Alabalıklarda en iyi kondüsyon faktörü değer aralığı 1,37-1,53 olarak bildirilmiştir (Keskin ve Erdem 2005). Çalışmamızda elde ettiğimiz kondüsyon faktörü değerleri (%) ise 1,31, 1,40, 1,45 şeklinde tespit edilmiş ve çalışmada literatüre göre en iyi aralıkta gelişme sağlanmıştır.

Çalışmada bulunan kondüsyon faktörü değerleri (%), Austreng (1978); 1,35-1,37, Çelikkale (1983); 1,24-1,34, Şahin (1995); 1,36-1,39, Aral vd. (1996); 1,37-1,47, Ustaoglu (1996); 1,29-1,38, Yılmaz

(1998); 1,35-1,44, Bilgüven ve Kurt (2002); 1,35-1,38, Keskin ve Erdem (2005); 1,35-1,44, Şenoğlu (2013)'un; 1,24-1,45 aralığındaki değerleriyle benzerlik göstermiştir.

Ancak, Ağrağaç (1994); 1,17-1,20, Büyükhatipoğlu vd. (1996); 1,2-1,26, Yiğit ve Aral (1999); 1,19-1,22, Aral vd. (1999)'nın; 1,07-1,14 bildirdiği değerlerden yüksek, Uyan (1997)'in; 1,48-1,54 bulduğu değerlerden ise daha düşük tespit edilmiştir.

Yetiştiricilikte yemleme oranının balığın ihtiyacından fazla olduğu durumlarda suda tüketilmeyen yem gözlenmektedir. Storebakken (1992), farklı çiftliklerde alabalıkların tüketmedikleri yemler konusunda araştırma yapmış ve yem kayıplarının %1-5 arasında değişiklik gösterdiğini bildirmiştir. Pillay (1992) denizde yüzen ağ kafeslerde yapmış olduğu çalışmada balıklar tarafından tüketilemeyen yem oranının %20 olduğunu tespit etmiştir.

Ekstrüde yemin kullanıldığı çalışma boyunca 1. ve 2. gruba verilen tüm yemler suyun dibine çökmeden tüketilirken, 3. gruba yapılan yemlemede son iki periyotta (42-70. günler arası) az da olsa tüketilmediği için su dibine çöken yemler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre yaptığımız çalışma ile benzer ortam koşulları sağlandığı takdirde 160 g ağırlığın üzerindeki balıklara son dönemde %3'ün altında (%2,5) yemleme oranı önerilebilir. Bu sayede yem değerlerdirme oranı daha da iyileşebilecektir. Ayrıca, gelecekteki benzer çalışmalar için %2,5-3 aralığının (% 2,6-2,7 ve 2,8 gibi) test edilmesi önerilebilir.

Balık beslemede yem değerlendirme oranının düşük olması verilen yem miktarının balığın ihtiyaçlarına uygun olduğunun ve yemin daha iyi değerlendirildiğinin göstergesidir. Ancak büyüme oranını en üst seviyeye çıkarmak istediğimizde yem tüketimi artacak ve yemden yararlanma değeri artarak olumsuz etkilenecektir.

Tüm hayvancılık faaliyetlerinde olduğu gibi alabalık yetiştiriciliğinde birim balıktan en yüksek verimi alırken, yem değerlendirme oranını iyileştirmek (düşürmek) ve balıkları kısa sürede istenen pazar büyüklüğüne ulaştırıp satışa sunmak işletmede karlılığı artıracaktır.

Billard vd. (1995), aynı ortam koşullarında yetiştirilen aynı yaştaki dişi ve erkek alabalıklarda cinsel olgunluğa gelmeden önce yapılan tartımlarda büyüklükleri arasında önemli farklılıkların tespit edildiğini bildirmiştir.

Buna göre yapılan çalışmada kullanılan balıkların cinsiyetinin dişi olmasının elde edilen büyüme sonuçlarına olumlu katkıda bulunduğu düşünülebilir.

Daha önce yapılan farklı çalışmalarda karkas randımanı Keskin ve Erdem (2005) tarafından % 69,74, 69,43 ve 69,32; Ustaoglu (1996)'nın çalışmasında % 77,42, 76,78 ve 74,97 bulunmuştur. Yaptığımız çalışmada ise karkas randımanı daha yüksek (% 83,7, 83,4 ve 83,0) hesaplanmıştır. Karkas randımanı değerlerinin değişiklik göstermesinde, karkas elde etmede farklı tanım ve yöntemlerin kullanılmasının sebep olduğu düşünülebileceği gibi, çevresel ve genetik faktörlerin etkisini de göz ardı etmemek gerekir.

Çalışma sonunda hesaplanan fayda/maliyet oranları (1,32, 1,38 ve 1,34) en iyi/yüksek II. grupta çıkmıştır. Bu sonuçlar Keskin ve Erdem (2005)'in çalışmasıyla karşılaştırıldığında 1,17 (I. grup) ve 1,26 (II. grup) değerlerinden iyi bulunurken, 1,34 (III. grup) değeriyle ise paralellik göstermektedir. Hesaplamaya katılan yavru balık tutarı, yem fiyatı ve hasat sonrası balık satış fiyatı gelirleri fayda/maliyet oranını etkilemiştir.

Sonuç olarak, dişi gökkuşağı alabalıklarında yürütülen bu çalışmada; en düşük üretim maliyeti, en yüksek performans değerleri ve karlılık %3 yemleme yapılan 3. grupta, en yüksek üretim maliyeti, en düşük performans değerleri ve karlılık ise %2 yemleme yapılan 1. grupta elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarının başta yetiştiricilik yapanlara ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalara önemli bir kaynak oluşturacağı ve ışık tutacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu makale Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Veteriner-Zootekni Anabilim Dalı'nda yürütülmekte olan aynı isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Ağrağaç C. 1994. Sinop yöresinde denizde ağ kafeslerde farklı yemleme yapılan gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği üzerine bir araştırma [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 42 s.
- Akbulut B. 1993. Deniz kafeslerinde yetiştirilen alabalıklarda büyüme, yem değerlendirme ve stok yoğunlukları [Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi. 33 s.
- Akhan S, Canyurt MA 2005. Üç farklı kuluçkahanedeki damızlık gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) stokları arasında genetik çeşitliliğin RAPDPCR yöntemiyle belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ege J of Fish and Aqua Sci. 22(1-2): 25-30.
- Akyurt İ. 1989. The importance and role of natural food in nutrition of trout (in Turkish). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksekokulu Su Ürünleri Dergisi, 6(21-24): s 211.
- Alagil F. 2005. Yüksek enerjili yemle beslenen gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) yemleme ritminin besin maddelerinin sindirimi,

- büyüme ve vücut kompozisyonu üzerine etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 61 s.
- Alanara A. 1992. Demand feeding as a self- regulating feeding system for rainbow trout in netpens. *Aquaculture*. 108(3-4): 347-356.
doi: [10.1016/0044-8486\(92\)90118-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90118-5)
- Alpbaz A. 1987. Pratik Alabalık Yetiştiriciliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksek Okulu Yayınları (Teknik Bülten), No:2, İzmir, 39 s.
- Aral O, Büyükhatipoğlu Ş, Erdem M, Ağırağaç C. 1996. İki farklı yemin Karadeniz’de ağ kafeslerde yetiştirilen alabalıkların büyümesine etkisi. *Türk Vet ve Hay Derg*, Cilt; 20, 121-126.
- Aral O, Ağırağaç C, Yiğit M. 1999. Gökkuşluğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) beslenmesinde midye eti kullanımına ilişkin bir araştırma. *Türk J Vet Anim Sci* 23, 23-27.
- Aras MS. 1973. Pratik alabalık yetiştiriciliği. Atatürk Üniversitesi Yayın Müdürlüğü, Çiftçi Broşürü, Atatürk Üniversitesi Basımevi; Sayı:16, Erzurum, 1-19 s.
- Aras MS. 1981. Stoklama su ve yem düzeylerinin gökkuşluğu alabalıklarının büyüme hızı ve yemden yararlanmalarına etkileri üzerine araştırmalar, Doçentlik tezi (Yayınlanmamış), Erzurum.
- Arıman H, Aras NM. 2003. Çeşitli yem gruplarının alabalık yavrularının büyüme performansına ve et verim özelliklerine etkileri. *Ege Üni Su Ürün Derg*, 20(3-4), 405-411.
- Arslan T, Güven E, Baltacı MA. 2010. Hormonal cinsiyet dönüşüm metodu kullanarak monoseks gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üretimi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 16 (Suppl-B), 361-368.
- Atay D, Çelikkale MS, Erkoyuncu İ. 1980. Sulama kanallarında alabalık yetiştirme olanakları üzerine bir araştırma. *Vet Hay Tar Orm*, Cilt 4: 31-39.
- Austreng E. 1978. Fett Og Protein I for Til Laksefik. V.I. Fordo Yelighet Og Forutnyttelse Hos Regnbueaure Ved Ulukt Fettinnhold I Foret. *Meld. Norg. Land Br Hosk*. 57(22).
- Berg OK, Fistad B, Grande G, Wathne E. 1990. Growth of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a variable diel temperature regime. *Aquaculture*. 90(3-4): 261-266.
- Bilgüven M, Kurt G. 2002. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W) yemlerinde çeşitli tahıl daneleri kullanılması büyüme, yemden yararlanma ve yem tüketimi üzerine etkileri. *UÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 1-9.
- Billard R, Cosson J, Crim LW, Suquet M. 1995. Sperm physiology and quality. In: Bromage, N.R., Roberts, R.J. (Eds.), *Broodstock Management and Egg and Larval Quality*. Cambridge University Press, Cambridge, 53-76.
- Bircan R. 1981. Erzurum yöresindeki bir artezyen suyunda, entansif olarak yetiştirilen gökkuşluğu alabalığının büyüme hızı ve yemden yararlanmasına kap şekli, yemleme sayısı ve günlük yem düzeyinin etkileri. [Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- Bircan R. 1986. Erzurum yöresindeki bir artezyen suyunda entansif olarak yetiştirilen gökkuşluğu (*Salmo gairdneri*) alabalığının büyüme hızı ve yemden yararlanmasına kap şekli, günlük yemleme sayısı ve yem düzeyinin etkileri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1): 9-18.
- Brown EE. 1977. *World Fish Farming: Cultivation and Economics* Avipublish. Comp., Westport, Conn.
- Büyükhatipoğlu Ş, Erdem M, Aral O, Tarakçı Y, Ağırağaç C. 1996. Karadeniz’de ağ kafeslerde farklı stoklama yoğunluklarının gökkuşluğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) büyümesi üzerine etkileri. *Türk Vet ve Hay Derg*. Cilt 20: 137- 142.
- Canyurt MA. 1985. Trout production (in Turkish). EÜ Ziraat Fakültesi Haber Bülteni. 43: 4-6 in Canyurt ve Akhan, 2005.
- Çelikkale MS. 1983. Kafeslerde alabalık yetiştiriciliğinde değişik stok düzeyleri ve yemleme tekniklerinin karşılaştırılması. *Doğa Bil Derg Vet Hay*, Sayı: 7, 283-297.
- Çelikkale MS. 1994. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği, KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu Yayını, Cilt 1, 419s. Trabzon.
- Dağdemir ZA. 2008. Farklı fotoperyot rejimlerinin gökkuşluğu alabalık yavrularının büyüme, yem değerlendirme ve yaşama gücü üzerine etkileri. [Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi. 27 s.
- Edwards DJ. 1978. *Salmon and Trout Farming in Norway*. Fishing News Books Lim., Surrey. (Alınmıştır) Şahin., 1995.
- Emre Y, Kürüm V. 2007. Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği, İkinci baskı, İstanbul. 272 s.
- Gomes EF, Rema P, Kaushik SJ. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. *Aquaculture*, 130: 177-186.
- Halver JE. 1972. *Fish nutrition*. Academic Pres, Inc., 111 Fifth Avenue, New York 1003, USA, 713 p.
- Harmantepe FB, Büyükhatipoğlu Ş. 2007. İki farklı yemin gökkuşluğu alabalıklarının büyüme performansına ve yem maliyeti üzerine etkisi. *Journal of FisheriesSciences.com*. 1 (4): 168-175.
doi: [10.3153/jfsc.com.2007020](https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2007020)
- Hoşsu B, Korkut AY. 1996. Balık besleme ve yem teknolojisi I. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:50, s 155.
- Karaca N. 1987. Alabalık Yetiştiriciliği. *Hasad Dergisi*, 3(26): 22-23.
- Keskin EY, Erdem M. 2005. Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinde farklı oranlarda ekstrude yem kullanımının balıkların gelişmesine etkisi. *SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1(1): 49-57.
- Kilambi RV, Adams JC, Brown AV, Wichizer WA. 1977. Effects of stoking density and cage size on growth, feed conversion and production of rainbow trout and channel catfish. *Fish-Cult*. 39 (2): 62-67.
- Kuyumcu N. 2001. Gökkuşluğu alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) değişik yemleme miktarlarının canlı ağırlık artışı ve F.C.R (yem değerlendirme değeri) üzerine etkilerinin incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Osmangazi Üniversitesi. 37 s.

- Pillay TVR. 1992. Aquaculture and the Environment. Fishing News Books. Pp. 189.
- Purdom CE. 1993. Genetics and fish breeding. Vol. 8. Springer
- Schilling HU. 1985. Balıkların Beslenmesi ve Balık Üretimi. Teknik İşbirliği Federal Almanya Cumhuriyeti-Türkiye, Marmara Bölgesinde Tabii ve Suni Göl Balıkçılığının Geliştirilmesi. Eschborn.
- Sedgwick SD. 1990. Salmon Farming Handbook. Fishing News Books Lim., Surrey. (Alınmıştır) Şahin, T., 1995.
- Sırtkaya N. 2013. Saf ve karışık olarak yetiştirilen gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ve kalkan balığı (*Psetta maxima*)'nın büyüme performanslarının karşılaştırılması. [Yüksek Lisans Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi. 53 s.
- Steffens W, Rennert B, Wirth M, Krüger R. 1999. Effect of two lipid levels on growth, feed utilization, body composition and some biochemical parameters of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum 1792). J Appl Ichthyol, 15: 159-164.
- Stevenson JP. 1980. Trout Farming Manuel, Fishing News Books Ltd. Farnham, Surrey, England, 186 s.
- Stickney RR. 1979. Feed, Nutrition and Growth. Principles of Warmwater Aquaculture. A Wiley-Interscience Publication, New York, 161-222.
- Storebakken T, No HK. 1992. Pigmentation of rainbow trout. Aquaculture, 100(1-3): 209-229.
- Şahin T. 1995. Deniz kafeslerinde gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliğinde optimal stoklama yoğunluğu ve günlük yem miktarının tespiti [Doktora Tezi] Karadeniz Teknik Üniversitesi. 69 s.
- Şenoğlu B 2013. Gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)'nda farklı yemleme yoğunluklarının büyüme performansına ve mide hacmine etkisi [Yüksek Lisans Tezi]. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. 61 s.
- Tatum WM. 1973. Brackish-Water Cage Culture of Rainbow Trout in South Alabama. Trans, Am Fish Soc, 102: 826-8. (Alınmıştır) Koca, S.B., 1998.
- Teskeredzic E, Teskeredzic Z, Tomee M, Modrusan Z. 1989. A comprasion of growth performance of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in fresh brackish water in Yugoslavia. Aquaculture, 77: 1-10.
- Ustaoglu S. 1996. Karadeniz'deki (Sinop) ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşaağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) gelişme ve yem değerlendirmesine farklı yemleme düzeylerinin etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 49 s.
- Uyan O. 1997. Karadeniz'de ağ kafeslerde protein ve yağ oranları farklı üç yemin gökkuşaağı alabalıklarının büyümesi üzerine etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 51s.
- Uysal İ, Alpbaz A. 2003. Abant Alabalığı (*Salmo trutta abanticus* T., 1954) ile Gökkuşaağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) yumurtalarının döllenme, gözlenme, larva çıkış ve yaşama oranlarının karşılaştırılması. Ege Üni Su Ürün Derg, 20(1-2): 95-101.
- Watanabe D, Verakunpiriya V, Watanabe K, Kiron V, Satoh S. 1997. Feeding of rainbow trout with non-fish meal diets. Fisheries Science 63 (2): 258-266.
- Yıldırım Ö, Mazlum MD, Güllü K. 2002. Doğu Karadeniz bölgesinde kullanılan bazı ticari yemlerin gökkuşaağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.,1792) biyoeconomisi üzerine etkisi. YYÜ Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.), 12(1): 7-12.
- Yılmaz E. 1998. Gökkuşaağı alabalığı yetiştiriciliğinde farklı oranlarda ekstrüde yem kullanımının balıkların gelişimine etkileri [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 46s.
- Yiğit M, Aral O. 1999. Gökkuşaağı alabalığının (*Oncorynchus mykiss* Walbaum, 1792) tatlısu ve deniz suyundaki büyüme farklılıklarının karşılaştırılması. Turk J Vet Anim Sci, 23: 53-59.



Effects of Feeding Frequency on Growth Performance and Molting Cycle of Two Different Size Classes of Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*)

Onur KARADAL^{1*}  Gürel TÜRKMEN² 

¹ Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey

² Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Ege University, 35100, Bornova, İzmir, Turkey

ABSTRACT

Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) is an important crayfish species for both aquaculture and ornamental purposes. In this study, growth performance, survival rate, and molting cycle were evaluated with three feeding frequencies, including every other day (2F1), two (F2) and four times (F4) daily in two different age classes (Size I, 15 days old and Size II, 45 days old). The study was carried out in 50 L glass aquariums with three replicates for 12 weeks. The highest final mean weight (FMW) of Size I group was found in F4 ($P<0.05$). F2 and F4 groups attained higher final mean weight, final mean total length (FMTL) and final mean carapace length (FMCL) for Size II ($P<0.05$). Although there were no statistical differences in survival rates (SR) of Size I ($P>0.05$), the highest SR was recorded in F2 for both size groups. Molting cycle of F2 was the highest for Size I and there was a moderate increase from F2 to F4 in Size II group. In conclusion, F4 for Size I and F2 for Size II groups are recommended. Further feeding studies such as starvation and refeeding cycles, feeding rate, feeding time, etc. are necessary for this important crayfish species.

Keywords: Ornamental crayfish, freshwater decapods, meal frequency, feeding regime

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Geliş : 17.05.2018

Düzeltilme : 14.09.2018

Kabul : 18.09.2018

Yayım : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.424401

* CORRESPONDING AUTHOR

onur.karadal@ikc.edu.tr

Phone : +90 232 329 35 35 - 4216

İki Farklı Boy Sınıfındaki Kırmızı Bataklık Kerevitlerinde (*Procambarus clarkii*) Yemleme Sıklığının Büyüme Performansı ve Kabuk Değişirme Üzerine Etkileri

Öz: Kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*) hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de süs amacı için önemli bir kerevit türüdür. Bu çalışmada, iki farklı boy grubundaki (Boy I, 15 günlük ve Boy II, 45 günlük) kırmızı bataklık kerevitlerinin iki günde bir (2F1), günde iki (F2) ve günde dört (F4) kez olmak üzere 3 farklı yemleme sıklığında büyüme performansları, yaşama oranları ve kabuk değişim periyotları araştırılmıştır. Çalışma 12 hafta boyunca üç tekrarlı olarak 50 L cam akvaryumlarda gerçekleştirilmiştir. Boy I grubu için en yüksek son ortalama ağırlık F4 grubunda bulunmuştur ($P<0.05$). Boy II grubunda F2 ve F4 sıklıklarının son ortalama ağırlık, son ortalama total boy ve son ortalama karapas boyları daha yüksektir ($P<0.05$). Boy I grubunun yaşama oranlarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamasına rağmen ($P>0.05$), her iki boy grubu için F2 sıklığında en yüksek yaşama oranı kaydedilmiştir. Boy I grubunda F2 sıklığının kabuk değişim sayısı en yüksektir ve Boy II grubunda ise F2'den F4'e doğru bir yükseliş vardır. Sonuç olarak, Boy I grubu için günde dört kez, Boy II için ise günde iki kez besleme önerilmektedir. Bu önemli kerevit türü için açlık döngüsü, yemleme oranı, yemleme zamanı, vb. gibi daha fazla beslenme çalışması yapılması gereklidir.

Anahtar kelimeler: Süs kereviti, tatlısu dekapodları, besin sıklığı, yemleme rejimi

Alıntılama

Karadal O, Türkmen G. 2018. Effects of Feeding Frequency on Growth Performance and Molting Cycle of Two Different Size Classes of Red Swamp Crayfish (*Procambarus clarkii*). LimnoFish. 4(3): 140-145. doi: 10.17216/LimnoFish.424401

Introduction

Red swamp crayfish is the most cultured crayfish species in all over the world in 2016 (FAO 2018). They are naturally distributed in the state of Louisiana in South America and in the Northeastern region of Mexico. Natural habitats of this species are stagnant rivers, lakes, marsh areas and wetlands.

They are tolerant of low oxygen levels, temperature changes, moderate salinity, drought and pollution (Cruz and Rebelo 2007). These properties play an important role in the preference of *Procambarus clarkii* in aquaculture. In addition, *P. clarkii* has the ability to adjust itself to extreme natural conditions and changes in water levels (Barbaresi and Gherardi

2000). However, Gherardi (2006) reported that this species was invasive in several European countries, which should be seriously taken into consideration.

Apart from aquaculture, crayfish are also one of the most interesting creatures in the aquarium industry and the demand for them increases day by day. For example, *P. clarkii* began to take place in the aquarium sector in Germany in 1985, while *Procambarus zonangulus* in the early 1990s (Holdich 2002). There is no a professional red swamp crayfish farm in Turkey, but they are traded as one of the most common and popular species among nine crayfish species in the aquarium sector in Turkey (Türkmen and Karadal 2012).

As in other aquatic decapod species, crayfish have to molt during certain periods to grow. During this phase, they are vulnerable and are at a constant risk (Bliss 1983). In practical terms, it would be a very useful move to remove these molting individuals from the area in order to prevent attacks from other individuals. There are many factors that affect molting and its cycle, such as species, size, genetic structure, nutrition, feeding behavior, water parameters, physical factors (temperature, salinity, light intensity), environment, presence of shelter, substrate type, pollutants, etc. (Chen and Chen 2003; Chang and Mykles 2011).

Feeding is one of the important factors during the life cycle and different feeding regimes may affect some parameters, such as growth performance, survival rate, and molting cycle in crayfish species. The optimal feeding frequency improves growth efficiency and survival rate and decreases feeding costs and feed related wastes (Mizanur and Bai 2014). Although, there are few studies conducted on the effects of different feeding characteristics of red swamp crayfish on reproduction (Xu et al. 2010), condition indexes (Dörr et al. 2013), body composition (Xu et al. 2013), nutrient digestibility (Wan et al. 2017), immune response

(Zhang et al. 2016) and histology (Xiao et al. 2014; Chen et al. 2017) besides growth performance, no study has been conducted on the feeding frequency. Therefore, in this present study, the effects of three different feeding frequencies on growth performance, survival and molting rate of two different sized *Procambarus clarkii* were investigated.

Materials and Methods

Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) were obtained from a commercial facility in İzmir, Turkey and transported to the Faculty of Fisheries, Ege University, Turkey. Two size groups of this species namely Size I (SI, mean total length 9.36 ± 0.73 mm, 15 days) and Size II (SII, mean total length 12.17 ± 0.88 mm, 45 days old) were randomly distributed to 18 glass aquariums (47x31x34 cm) filled with 10 L of dechlorinated and continuously aerated tap water. Crayfish were stocked at a density of 10 individuals per aquarium with three replicates for each dietary treatment. Both sizes of crayfish were fed with three different feeding frequencies, including every other day (2F1), twice daily (F2) and four times daily (F4). Crayfish were hand-fed to apparent satiety as mentioned in Table 1 for 12 weeks experimental period with a commercial shrimp/crayfish diet (JBL NovoPrawn, Table 2). The feed intake (FI) was recorded biweekly. Uneaten food was siphoned out from the aquariums 1 h after feeding. PVC pipe pieces with a diameter of 2 cm for the SI group and 4 cm for SII group were placed into all aquariums as shelters. Water temperature was maintained at 27.2 ± 1.23 °C, dissolved oxygen at 9.05 ± 0.48 mg/L (WTW-Oxi 315), pH at 7.59 ± 0.14 (Sartorius PT-10) and ammonium at 0.18 ± 0.02 mg/L (HANNA C205). The water was exchanged with 30%, twice a week. The system was housed in a climate-controlled laboratory with a controlled photoperiod (12 h light: 12 h dark).

Table 1. Feeding frequencies and hours during the experiment

Feeding Frequency	Group	Hours
Every other day	2F1	09:00
Two times a day	F2	09:00, 17:00
Four times a day	F4	09:00, 11:30, 14:30, 17:00

Table 2. The chemical composition of the commercial feed used in the experiments (% dry matter)

	Pellet Feed
Moisture (%)	8
Crude Protein (%)	37
Crude Fat (%)	5
Crude Fibre (%)	10
Crude Ash (%)	12
Nitrogen Free Extract	28
Gross Energy (MJ/kg)	15.56

*Nitrogen-free extracts (NFE) were calculated as $NFE = 100 - (\% \text{ protein} + \% \text{ fat} + \% \text{ fibre} + \% \text{ ash})$ Gross energy was calculated using the conversion factors of 23.7 kJ/g for protein, 39.5 kJ/g for fat, and 17.2 kJ/g for carbohydrates

Growth performance was monitored biweekly. Crayfish were individually weighed with an electronic balance (Sartorius BL610, precision of ± 0.01 g). Total length measurements were performed at from the rostrum tip to the telson end whereas the carapace lengths were measured from the tip of the rostrum to the posterior edge of the carapace using a vernier caliper. Growth parameters, including feed conversion ratio (FCR), specific growth rate (SGR) and survival rate (SR) were calculated as follows: $FCR = \text{feed intake} / \text{weight gain}$, $SGR = 100 \times ([\ln \text{ final crayfish weight}] - [\ln \text{ initial crayfish weight}]) / \text{experimental days}$, $SR = 100 \times (\text{total crayfish count} - \text{dead crayfish count}) / \text{total crayfish count}$.

Growth and molting data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's multiple range test to rank groups using a statistical software (Statgraphics Centurion XVI, Statpoint Technologies Inc., The Plains, VA) (Zar 1999). All data are presented as "mean $\pm$ standard error" and in all tests, a significance level of $P < 0.05$ was used.

Results

Growth performances of two different sized red swamp crayfish were given in Table 3 and 4. Final mean weights (FMW) and feed intake (FI) of SI were increased with feeding frequencies ($P < 0.05$). Final mean total lengths (FMTL) and specific growth rates (SGR) of 2F1 group was significantly lower than F4 group ($P < 0.05$). The highest final mean carapace length (FMCL) was recorded in F4 group. There were no significant differences in feed conversion ratios (FCR) among feeding frequencies ($P > 0.05$). Survival rates (SR) ranged from 83.3% to 93.3% without a significant effect by feeding levels ($P > 0.05$). In Size II crayfish, FMW, FMTL, and FMCL of 2F1 group were significantly lower than other groups ($P < 0.05$). FI of all groups was significantly different ($P < 0.05$). SGR of F4 was higher than 2F1 group and the highest FCR was observed in 2F1 ($P < 0.05$). SR of F2 group was 96.7% being statistically different from 2F1 group with 76.7% ($P < 0.05$).

Table 3. Growth parameters of Size I red swamp crayfish fed with different feeding frequencies

	2F1	F2	F4
Initial mean weight (g)	0.07 $\pm$ 0.00	0.08 $\pm$ 0.00	0.08 $\pm$ 0.00
Final mean weight (g)	1.73 $\pm$ 0.02 ^a	2.03 $\pm$ 0.04 ^b	2.27 $\pm$ 0.04 ^c
Initial mean total length (cm)	0.95 $\pm$ 0.11	0.92 $\pm$ 0.04	0.93 $\pm$ 0.07
Final mean total length (cm)	1.36 $\pm$ 0.16 ^a	1.51 $\pm$ 0.25 ^{ab}	1.68 $\pm$ 0.09 ^b
Initial mean carapace length (cm)	0.51 $\pm$ 0.02	0.50 $\pm$ 0.01	0.50 $\pm$ 0.02
Final mean carapace length (cm)	0.72 $\pm$ 0.08 ^a	0.76 $\pm$ 0.05 ^a	0.85 $\pm$ 0.07 ^b
Feed intake (g)	3.16 $\pm$ 0.07 ^a	3.74 $\pm$ 0.05 ^b	4.24 $\pm$ 0.04 ^c
Specific growth rate (%/day)	3.78 $\pm$ 0.04 ^a	3.92 $\pm$ 0.07 ^{ab}	4.04 $\pm$ 0.04 ^b
Feed conversion ratio	1.16 $\pm$ 0.03	1.16 $\pm$ 0.01	1.16 $\pm$ 0.01
Survival rate (%)	86.67 $\pm$ 8.82	93.33 $\pm$ 6.67	83.33 $\pm$ 3.33

*In the same line, different letters indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) among the treatments

Table 4. Growth parameters of Size II red swamp crayfish fed with different feeding frequencies

	2F1	F2	F4
Initial mean weight (g)	0.28 $\pm$ 0.01	0.29 $\pm$ 0.01	0.29 $\pm$ 0.01
Final mean weight (g)	2.66 $\pm$ 0.09 ^a	3.13 $\pm$ 0.07 ^b	3.37 $\pm$ 0.08 ^b
Initial mean total length (cm)	1.22 $\pm$ 0.06	1.20 $\pm$ 0.10	1.24 $\pm$ 0.09
Final mean total length (cm)	1.98 $\pm$ 0.17 ^a	2.44 $\pm$ 0.09 ^b	2.50 $\pm$ 0.14 ^b
Initial mean carapace length (cm)	0.63 $\pm$ 0.05	0.62 $\pm$ 0.01	0.64 $\pm$ 0.02
Final mean carapace length (cm)	1.01 $\pm$ 0.10 ^a	1.25 $\pm$ 0.21 ^b	1.26 $\pm$ 0.18 ^b
Feed intake (g)	4.73 $\pm$ 0.10 ^a	5.24 $\pm$ 0.12 ^b	5.74 $\pm$ 0.07 ^c
Specific growth rate (%/day)	2.65 $\pm$ 0.09 ^a	2.83 $\pm$ 0.03 ^{ab}	2.92 $\pm$ 0.02 ^b
Feed conversion ratio	1.20 $\pm$ 0.02 ^b	1.12 $\pm$ 0.01 ^a	1.12 $\pm$ 0.02 ^a
Survival rate (%)	76.67 $\pm$ 6.67 ^a	96.67 $\pm$ 3.33 ^b	86.67 $\pm$ 3.33 ^{ab}

*In the same line, different letters indicate statistically significant differences ($P < 0.05$) among the treatment

The number of molting of individuals, mean molting frequency (MMF) and molting rate (MR) of red swamp crayfish were given in Table 5 for Size I and Table 6 for Size II. MMF of Size I crayfish ranged from 4.23 to 5.14 with the lowest value in 2F1. The highest

molting frequency during the experimental period was found as five times with 28 crayfish, followed by six times with 23 crayfish and four times with 18 individuals. The highest MMF was observed in F2 and F4 groups for Size II ($P < 0.05$). Higher molting frequencies were recorded as five,

four and three times with 27, 17 and 14 individuals, respectively.

Table 5. Molting parameters of Size I red swamp crayfish fed with different feeding frequencies

		2F1	F2	F4
<i>n</i>		26	28	25
	1	1	0	0
	2	1	0	1
	3	3	2	2
Number of molting	4	9	5	4
	5	10	8	10
	6	2	13	8
Mean molting frequency		4.23±0.22 ^a	5.14±0.18 ^b	4.88±0.22 ^b

*In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P<0.05$) among the treatments

Table 6. Molting parameters of Size II red swamp crayfish fed with different feeding frequencies

		2F1	F2	F4
<i>n</i>		23	29	26
	1	3	1	0
	2	5	3	3
	3	7	3	4
Number of molting	4	2	9	6
	5	6	11	10
	6	0	2	3
Mean molting frequency		3.13±0.29 ^a	4.10±0.23 ^b	4.23±0.24 ^b

*In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P<0.05$) among the treatment

Discussion

The best growth performance was observed in F4 in both size groups in the present experiment. This treatment resulted in a higher feed intake. This is an expected result and consistent within the findings of previous studies carried out in various crayfish species by Sáez-Royuela et al. (2001), Cortés-Jacinto et al. (2003), Ulikowski and Krzywosz (2006) and González et al. (2009). Molting frequencies ranged between 4.9 and 5.1 for Size I and 4.1 and 4.2 for Size II group with the highest value in 2F for Size I crayfish and in 4F for Size II group. However, 2F and 4F were comparable in both sizes.

The mean weights of crayfish used in previous feeding frequency studies varied between 0.4 and 20 g. Crayfish (9 days old and 0.39 g) were fed twice daily by Xiao et al. (2014) and Chen et al. (2017) while those weighing between 1-10 g (2.10, 2.52, 5.39 and 8.13 g) and above 10 g (10.40, 11.35 and 16.00 g) were fed ranging from 1-3 times a day (Jover et al. 1999; Yue et al. 2009; Xu et al. 2010; Dörr et al. 2013; Xu et al. 2013; Hua et al. 2015; Zhang et al. 2016; Wan et al. 2017). Out of six of these cited 10 studies, feeding twice daily was used as the main feeding frequency. This is the reason for the choice of three feeding frequencies below and above twice daily in the present study.

In some previous studies carried out with different crayfish species with average mean weights of 0.03 g, including white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes*) and signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*), the growth performance

increased with feeding frequencies (Sáez-Royuela et al. 2001; González et al. 2009). These authors observed the best FMW, FMCL, and SR at twice daily and once daily feeding frequencies, respectively. In this study, FMW, FMTL, and SGR of Size I group significantly enhanced with increasing feeding frequency. Although a similar trend was observed in Size II group in terms of FMW, FMTL, and FMCL (0.29 g), higher meal frequencies (2F and 4F) were comparable. Cortés-Jacinto et al. (2003) carried out a feeding frequency study in 0.89 g Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and fed the crayfish with six, four, two times and once daily. The authors found similar results to our Size II group and FMW and SGR of *C. quadricarinatus* were similar in six and four times daily feeding groups. In contrast, 0.03 g Turkish crayfish (*Astacus leptodactylus*) did not grow well at higher feeding frequencies and the highest FMW and SGR were found at once daily and every other day feeding (Ulikowski and Krzywosz 2006; Mazlum et al. 2011). This could be explained by that optimum feeding frequency may change depending on species, size, dietary protein levels and feeding period (Karadal et al. 2017).

Ulikowski and Krzywosz (2006) found very low survival rates at Turkish crayfish with 22-40%, but Mazlum et al. (2011) recorded higher rates with 57-83% for the same species. In addition, González et al. (2009) determined the similar survival rates (57-82%) for signal crayfish. Unlike these studies, the survival rates of red swamp crayfish in this study

were fairly above from this level with the ratios between 77-97% for both size groups. However, Cortés-Jacinto et al. (2003) reported much higher values for Australian red claw crayfish with 87-98%. Holdich (2002) stated that the cannibalism is one of the major factor increasing mortality of crayfish when judged from low survival rates on lower feeding frequencies.

The molting is a significant process in the normal life cycle of all aquatic decapod species. Molting frequency may change with many factors. The stress due to an incorrect and inadequate nutrition affects the period of molting (Chen et al. 2017). Turkish crayfish had a successful molting with 66-74% ratio at once and every other daily feeding, while every three and every four-day feeding frequencies negatively influenced with a ratio of 29-53% (Mazlum et al. 2011). Malnourished or hungry crayfish still enter the premolt phase, but this phase is delayed compared to well-fed and healthy individuals. In a previous research carried out by Renai et al. (2007) on 0.42 g of noble crayfish (*Astacus astacus*), the number of molting was found to be moderately higher in 3% BW feeding group than 1% BW feeding group. Feeding amount can also affect the growth performance of crayfish generally due to changing the frequency of molting (Aiken and Waddy 1992). Furthermore, Whyte et al. (1986) reported that unfed prawn (*Pandalus platyceros*) did not enter the molting phase. In the current research carried out with red swamp crayfish, molting frequency was increased with feeding frequency, which linearly reflected growth performance. Increasing the food amount up to an optimum limit elevates the ratio of energy consumed for growth in crayfish (Renai et al. 2007).

Consequently, optimum feeding frequencies were determined as four times and twice daily for Size I and Size II groups, respectively in this study when growth performance and molting frequency are considered. Further studies related to feeding strategies, including starvation-refeeding periods, feeding rate, feeding time, etc. are necessary for this species.

References

- Aiken DE, Waddy SL. 1992. The growth process in crayfish. *Rev Aquat Sci.* 6(3-4):335-381.
- Barbaresi S, Gherardi F. 2000. The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. *Biol Invasions.* 2(3):259-264.
doi: 10.1023/A:1010009701606
- Bliss DE. 1983. *The Biology of Crustacea*. Vol. 5. New York, USA: Academic Press 471 p.
- Chang ES, Mykles DL. 2011. Regulation of crustacean molting: a review and our perspectives. *Gen Comp Endocr.* 172(3):323-330.
doi: 10.1016/j.ygcen.2011.04.003
- Chen SM, Chen JC. 2003. Effects of pH on survival, growth, molting, and feeding of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture.* 218(1-4):613-623.
doi: 10.1016/S0044-8486(02)00265-X
- Chen C, Tan Q, Liu M, Wu F, Chen J, Xie S. 2017. Effect of starvation on growth, histology, and ultrastructure of digestive system of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii* Girard). *Iran J Fish Sci.* 16(4):1214-1233.
- Cortés-Jacinto E, Villarreal-Colmenares H, Rendon-Rumualdo M. 2003. Efecto de la frecuencia alimenticia en el crecimiento y sobrevivencia de juveniles de langosta de agua dulce *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda: Parastacidae). *Hidrobiologica.* 13(2):151-158.
- Cruz MJ, Rebelo R. 2007. Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula. *Hydrobiologia.* 575(1):191-201.
doi: 10.1007/s10750-006-0376-9
- Dörr AJM, Abete MC, Prearo M, Pacini N, La Porta G, Natali M, Elia AC. 2013. Effects of selenium supplemented diets on growth and condition indexes in juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. *Environ Toxicol Phar.* 36(2):484-492.
doi: 10.1016/j.etap.2013.05.011
- FAO 2018. Food and Agriculture Organization. AQUASTAT database; [cited 2018 Feb 22]. Available from <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>
- Gherardi F. 2006. Crayfish invading Europe: the case study of *Procambarus clarkii*. *Mar Freshw Behav Phy.* 39(3):175-191.
doi: 10.1080/10236240600869702
- González R, Celada JD, Carral JM, González Á, Sáez-Royuela M, García V. 2009. Decapsulated Artemia cysts as dietary supplement for juvenile crayfish (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae) at different food supply frequencies from the onset of exogenous feeding under controlled conditions. *Aquaculture.* 295(3):200-204.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.07.009
- Holdich DM. 2002. Distribution of crayfish in Europe and some adjoining countries. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 367:611-650.
- Hua XM, Shui C, He YD, Xing SH, Yu N, Zhu ZY, Zhao CY. 2015. Effects of different feed stimulants on freshwater crayfish (*Procambarus clarkii*), fed diets with or without partial replacement of fish meal by biofeed. *Aquacult Nutr.* 21(1):113-120.
doi: 10.1111/anu.12148
- Jover M, Fernandez-Carmona J, del Rio MC, Soler M. 1999. Effect of feeding cooked-extruded diets, containing different levels of protein, lipid and carbohydrate on growth of red swamp crayfish

- (*Procambarus clarkii*). Aquaculture. 178(1):127-137. doi: 10.1016/S0044-8486(99)00119-2
- Karadal O, Güroy D, Türkmen G. 2017. Effects of feeding frequency and *Spirulina* on growth performance, skin coloration and seed production on kenya cichlids (*Maylandia lombardoi*). Aquacult Int. 25(1):121-134. doi: 10.1007/s10499-016-0017-x
- Mazlum Y, Güner Ö, Şirin S. 2011. Effects of feeding interval on growth, survival and body composition of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 juveniles. Turk J Fish Aquat Sci. 11(2):283-289. doi: 10.4194/trjfas.2011.0213
- Mizanur RM, Bai SC. 2014. A review of the optimum feeding rates and feeding frequency in Korean rockfish (*Sebastes schlegelii*) reared at seven different water temperatures. Fish Aquatic Sci. 17(2):229-247. doi: 10.5657/FAS.2014.0229
- Renai B, Gherardi F, D'agaro E. 2007. Effects of ration size and temperature on moult increment and metabolic parameters of juvenile noble crayfish, *Astacus astacus*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 386:39-54. doi: 10.1051/kmae:2007011
- Sáez-Royuela M, Carral JM, Celada JD, Pérez JR. 2001. Effects of shelter type and food supply frequency on survival and growth of stage-2 juvenile white-clawed crayfish (*Austropotamobius pallipes* Lereboullet) under laboratory conditions. Aquacult Int. 9(6):489-497. doi: 10.1023/A:1020509627870
- Türkmen G, Karadal O. 2012. The survey of the imported freshwater decapod species via the ornamental aquarium trade in Turkey. J Anim Vet Adv. 11(15):2824-2827. doi: 10.3923/javaa.2012.2824.2827
- Ulikowski D, Krzywosz T. 2006. Impact of food supply frequency and the number of shelters on the growth and survival of juvenile narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.). Arch Pol Fisheries. 14(2):225-241.
- Wan JJ, Shen MF, Tang JQ, Lin H, Yan WH, Li JJ, Zhu L. 2017. Effects of soybean meal processing treatments on growth performance, nutrient digestibility, nitrogen and phosphorus excretion in red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. Aquacult Int. 25(2):543-554. doi: 10.1007/s10499-016-0052-7
- Whyte JNC, Englar JR, Carswell BL, Medic KE. 1986. Influence of starvation and subsequent feeding on body composition and energy reserves in the prawn *Pandalus platyceros*. Can J Fish Aquat Sci. 43:1142-1148. doi: 10.1139/f86-142
- Xiao X, Han D, Zhu X, Yang Y, Xie S, Huang Y. 2014. Effect of dietary cornstarch levels on growth performance, enzyme activity and hepatopancreas histology of juvenile red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). Aquaculture. 426:112-119. doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.01.029
- Xu JY, Wang TT, Wang YF, Peng Y. 2010. Effect of combined fish meal: soybean meal ratio, vitamin C and fish oil supplementations in diet on the growth and reproduction of red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Crustacea: Decapoda). Aquac Res. 41(9):e252-e259. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02517.x
- Xu WN, Liu WB, Shen MF, Li GF, Wang Y, Zhang WW. 2013. Effect of different dietary protein and lipid levels on growth performance, body composition of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Aquacult Int. 21(3):687-697. doi: 10.1007/s10499-012-9603-8
- Yue CF, Wang TT, Wang YF, Peng Y. 2009. Effect of combined photoperiod, water calcium concentration and pH on survival, growth, and moulting of juvenile crayfish (*Procambarus clarkii*) cultured under laboratory conditions. Aquac Res. 40(11):1243-1250. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02216.x
- Zar JH. 1999. Biostatistical Analysis. 4th ed, Upper Saddle River: Prentice-Hall Inc. 929 p.
- Zhang B, Shi ZR, Wang XL, Deng SG. 2016. The effects of hairtail protein hydrolysate-Fe²⁺ complexes on growth and non-specific immune response of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). Aquacult Int. 24(4):1039-1048. doi: 10.1007/s10499-016-9969-0



Ceviz Yeşil Kabuğu Özütü İle Hazırlanan Buzun Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Kalite Özelliklerine Etkisi

Emre YAVUZER 

Kaman Meslek Yüksekokulu, Ahi Evran Üniversitesi, 40300, Kırşehir, Türkiye

Ö Z

Bu çalışmada ceviz yeşil kabuğu ilaveli buzun 25 günlük depolama süresince gökkuşluğu alabalığı filetoları üzerindeki duyuşsal, kimyasal ve mikrobiyolojik etkileri incelenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına dayalı olarak, kontrol grubunda 14. günde, ceviz kabuğu ilaveli buzda depolanan balıklarda ise 18. günde bozulma limiti aşılmıştır. Çalışmada tüm depolama günleri dikkate alındığında ceviz kabuğu ilaveli buzun *Enterobacteriaceae*, Toplam Aerobik Mezofilik ve Toplam Aerobik Psikrofilik bakteriler üzerinde önemli düzeyde ($p<0.05$) düşüşlere yol açtığı gözlenmiştir. Ayrıca TVB-N (toplam uçucu bazik azot), TBA (tiyobarbitürik asit) ve pH seviyelerinin ceviz kabuğu ilaveli buzda depolama süresince geleneksel buza göre önemli seviyede ($p<0.05$) düşük seyretmesi atık ceviz yeşil kabuklarının balık muhafazasında koruyucu olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Ceviz yeşil kabuğu, gökkuşluğu alabalığı, antimikrobiyal, antioksidan, raf ömrü

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 22.05.2018

Düzeltilme : 25.07.2018

Kabul : 02.08.2018

Yayın : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.425867

* SORUMLU YAZAR

emreyavuzer@gmail.com

Tel : +90 386 280 54 09

Effects of Ice Prepared with Walnut Green Husks Extract on the Quality Properties of the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fillets

Abstract: In this study, the sensory, chemical and microbiological effects of icing with walnut green husk extract on rainbow trout fillet were investigated during 25 days of storage. Based on the results of sensory analysis, the deterioration limit was exceeded on the 14th day in the control group and on the 18th day in fish stored on ice with walnut shell. Considering all storage days in the study, it was observed that icing with walnut green husk caused significant reduction ($p<0.05$) on *Enterobacteriaceae*, Total Aerobic Mesophilic and Total Aerobic Psychophilic bacteria. In addition, significant low values of icing with walnut green husk on TVB-N (total volatile basic nitrogen), TBA (thiobarbituric acid) and pH values were obtained. Thus, it can be concluded that waste green husk might be recommended for high storage period as a preservative for fish fillets.

Keywords: Walnut green husk, rainbow trout, antimicrobial, antioxidant, shelf life

Alıntılama

Yavuzer E, 2018. Ceviz Yeşil Kabuğu Özütü İle Hazırlanan Buzun Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Filetolarının Kalite Özelliklerine Etkisi. LimnoFish. 4(3): 146-153. doi: 10.17216/LimnoFish.425867

Giriş

Su ürünlerinin yağ asitlerince zengin olmasına bağlı olarak oksidatif bozulmalara yatkın olması işleme teknolojisinde depolama süresince sorunlara neden olabilmektedir. Bu oksidatif bozulmalara bağlı olarak ürünün tadı, kokusu ve renginde istenmeyen değişimler, raf ömründe azalmalar olur (Singh vd. 2005). Mikrobiyal ve enzimatik faaliyetler işleme ve depolama sürecinde gıda bozulmalarına ve sonuçta lipid oksidasyonuna neden olurlar (Cao vd. 2008).

Antimikrobiyal özelliğe sahip bazı bitki özütlerinin olduğu ve çeşitli şekillerde yıllardır kullanıldığı bilinmektedir (Khanzadi vd. 2010;

Raoufy vd. 2010). Farklı çalışmalarda cevizin yeşil kabuğunun antimikrobiyal ve antioksidan etki gösterdiği bildirilmektedir (Oliveira vd. 2008; Mehrabian vd. 2000). Ayrıca cevizin yeşil kabuğu ile yaprakları farmakolojide ve kozmetikte kullanılmaktadır (Stampar vd. 2006). Alamprese vd. (2005) ceviz kabuğundan elde edilen likörün antioksidan özelliklerinin yıllar boyunca azalmadığını bildirmişlerdir. Oliveira vd. (2008) farklı ceviz kabuklarındaki fenolik bileşenleri inceledikleri çalışmalarında ceviz kabuğu sulu özütlerinde en fazla oranda Franquette bileşiklerinin olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Stampar vd. (2006)

ceviz kabuğunda başta juglon olmak üzere klorojenik asit, kafeik asit ve gallik asit gibi 13 farklı fenolik bileşen bulunmuştur. Söz konusu bileşenler içerisinde özellikle juglon maddesinin antimikrobiyal özellik gösterdiği bilinmektedir (Stampar vd. 2006). Ceviz yeşil kabuğu ile yapılan bu çalışmalara ek olarak ceviz yapraklarının da fenolik bileşenlerce oldukça zengin olduğu bildirilmektedir (Pereira vd. 2007). Ayrıca cevizin meyve kısmının besin içeriği ile ilgili de birçok araştırma mevcuttur (Li vd. 2006; Pereira vd. 2007) ve çalışmalar genellikle cevizin yenilebilir iç kısmı, sert kabuğu ya da yapraklarına odaklanmıştır. Oysaki ceviz yeşil kabuğunun düşük maliyetler ile temin edilebilmesi ve yüksek oranda fenolik bileşenler barındırması söz konusu kabuğu analiz edilebilir seviyeye getirmektedir. Bundan dolayı bu çalışmada genellikle atık madde olarak nitelendirilmiş olan ceviz yeşil kabuğu özütü ilaveli buzun depolama süresince koruyucu olarak görev yapabileceği düşüncesi ile alabalık filetolarının kalite değişimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Ceviz yeşil kabukları

Çalışmada Kaman (*Juglans regia*) cinsi cevizlerin yeşil kabukları kullanılmıştır. Ceviz yeşil kabukları bölgedeki üreticilerin ceviz hasadı yaptıkları Eylül 2017 tarihinde temin edilmiş ve özütleme öncesi etüvde 45°C 'de kurutulmuştur.

Balık

Çalışmada kullanılan Gökkuşuğu Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) Kırşehir/Toklumen bölgesindeki bir kafes işletmesinden, Ekim 2017 tarihinde 255,35±5,72 g ortalama ağırlığında ve 28,48±2,42 cm ortalama boyda olmak üzere temin edilmiştir. Gökkuşuğu alabalıkları içerisinde buz olan livarlarda hasat edildikten sonra buzlu strafor kutularda 2 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılmış, iç organları temizlenerek filetoları çıkarılmıştır.

Yeşil ceviz kabuğu özütünün elde edilmesi

Özütleme için (Chen vd. 1992) yönteminden yararlanılmıştır. 200 g kurutulup öğütülmüş ceviz yeşil kabuğu üzerine 1000 ml etanol ilave edilerek 60 °C'de 2 saat boyunca clavenger cihazında kaynatılmıştır. Elde edilen özüt Whatman 4 filtre kâğıdından süzülerek ayrı bir kaba konulmuştur. Ardından kalan posanın üzerine tekrar 1000 ml etanol eklenerek aynı özütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra özütler birleştirilerek 60 °C'de 30 dakika boyunca 40 gr aktif karbon ile ağartma işlemi gerçekleştirilmiştir. Karbon kısmını ayırmak için Whatman 4 filtre kâğıdı ile süzildikten sonra evaporatörde (Heidolph WB 2000 model) etanol uçurularak doğal antioksidan özütü elde

edilmiştir. Elde edilen özütler küçük cam kaplarda hava almayacak şekilde sıkıca kapatılarak -18°C'de saklanmıştır. Çalışmada kullanılan ceviz kabuğunun özüt verimi %28 olarak belirlenmiştir.

Özüt içeren buz hazırlanması ve balığa uygulanması

Özütlerden oluşabilecek kontaminasyonun önlenmesi amacıyla otoklavda ve UV ünitesinde sterilize edilen saf su kontrol grubunda direkt olarak steril buz poşetine dökülerek, yeşil ceviz kabuğu özütü grubunda ise steril suda kabuk özütlerinin çözdürülmesi ile steril buz poşetine eklenmiştir. %2 oranında özüt eklenen karışımlar -18°C de dondurulmuştur.

Balığa özüt ilaveli buz uygulanması Özyurt vd. (2011) yönteminin modifiye edilmesi ile yapılmıştır. Söz konusu modifiye özüt oranının artırılması şeklinde olmuştur. Baş ve iç organları temizlendikten sonra derisi alınmadan filetoları çıkarılan balıklar 2 gruba ayrılarak (geleneksel buz ve ceviz kabuğu özütü ilave edilmiş buz) buzdolabında depolanmıştır (3±1 C). Balık buz oranı (2/1) olmuştur. Analiz süresince buzların erimesine bağlı olarak tüm gruplara buz ilavesi yapılmış ve eriyen buzlar strafor kutudan süzülerek uzaklaştırılmıştır.

Duyusal analiz

Balığın çiğ olarak duyusal değerlendirilmesi Kalite İndeks Metodu (QIM) Bonilla vd. (2007) modifiye edilerek yapılmıştır. Şemada deri parlaklığı ve kokusu, et dokusu, et kokusu, et rengi, su, et parlaklığı, et aroması, parçalanma durumu ve özüt kokusu olmak üzere 10 kalite parametresi yer almıştır. Şema 0 dan maksimum 3 puana kadar en iyi ya da en düşük kaliteyi gösteren basit açıklayıcılardan oluşmuştur. Pişmiş alabalık filetolarının duyusal değerlendirilmesi (Paulus vd. 1979) hedonik skalaya göre yapılmıştır. Balık filetoları 4 dakika mikrodalga fırında (450 w) pişirildikten hemen sonra panelistlere sunulmuştur. Panelistler renk, koku, lezzet, genel kabul edilebilirlik ve doku parametrelerini 9 puanlık (1: aşırı derecede hoşlanılmayan ve 9: aşırı derecede hoşlanılan) hedonik skalaya göre puanlamışlardır. Çiğ ve pişmiş alabalık filetolarının duyusal analizleri örnekler arasından rastgele seçilerek, daha önceden duyusal analiz yapma konusunda deneyimli ve eğitilmiş 5 panelist tarafından analiz günlerinde yapılmıştır.

Mikrobiyolojik analizler

Toplam mezofilik ve psikrofilik bakteri sayımı (standart koloni sayımı), petri yüzeyine yayma metodu ile (ICMSF, 1986) yapılmıştır. Gökkuşuğu alabalığı filetolarından 10 gr tartılan örnekler, üzerine 90 ml Ringer solüsyonu eklenip stomacher

cihazında 2 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra ondalık seyreltmeler yapılarak, her bir seyreltiden 0.1 ml alınıp PCA (Plate count agar) bulunan petri kutusu yüzeyine 2 paralel yapılarak yayılmıştır. Seyreltilerin absorbe olması için petri kutuları 10 dakika tezgâh üzerinde bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda petri kutuları inkübatöre alınarak 30 °C'de 2 gün inkübe edilmiştir. Sonrasında petri kutularında oluşan kolonilere bakılarak toplam canlı sayısı hesaplanmıştır. 30 ile 300 koloni arasında görülen seyreltiklerin bulunduğu petri kutusundaki bakteriyel koloniler işleme alınmıştır.

Toplam *Enterobacteriaceae* bakteri sayımı ise (FDA, 1998) metodu ile yapılmıştır. Uygun dilüsyon serisinden 1 ml alınarak petri kutusuna aktarılmış ve üzerine 45–50°C'ye kadar soğutulmuş Violet Red Bile Agar (VRBA, Oxoid, CM0107) çift kat olarak dökülmüştür. Petri kutuları sonrasında 37 °C'de 24 saat inkübe edilmiştir.

Kimyasal analizler

Depolama süresindeki oksidasyon değişimlerinin incelenmesi için Tiyobarbitürik Asit (TBA) Sayısı Analizi Tarladgis vd. (1960)'nin uyguladığı yöntemle yapılmıştır. Homojenize edilmiş örnekten 10 g örnek 0,1 mg duyarlı hassas terazide tartılarak, Kjeldahl cihazının tüplerine aktarılmıştır. Daha sonra örneğin üzerine 97,5 ml distile su ve 2,5 ml (1:2)'lik HCl çözeltisi ilave edilerek destilasyon işlemine geçilmiş ve 200ml destilat elde edilinceye kadar kaynatılmaya devam edilmiştir. Bu işlemten sonra destilat karıştırılarak, 5 ml' si cam kapaklı deney tüpüne yerleştirilmiş ve üzerine de %90'lık 100 ml glasiel asetik asit içerisinde 0.2883 g çözdürülmüş 5 ml TBA reaktifi ilave edilerek tüpün kapağı kapatılıp, bir vorteks kullanılarak karıştırılmıştır. Kör için ise bir başka deney tüpüne 5 ml TBA reaktifi ve 5 ml distile su ilave edilerek kapağı kapatılıp yine vorteksle karıştırıldıktan sonra, tüpler kaynayan su banyosunda 35 dakika tutulup, soğumaya bırakılmıştır. Daha sonra spektrofotometre tüplerine aktararak 538nm dalga boyunda köre karşı, optik dansitesi okunmuştur. Elde edilen dansite değeri ise 7,8 ile çarpılarak 1000 g örnekteki mevcut malonaldehit miktarı mg olarak saptanmıştır (Varlık vd. 1993).

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) analizi Ludorff ve Meyer (1973)'e göre yapılmıştır. Homojenize edilen 10 gr et tartılıp tüplere konulmuştur. Üzerine yaklaşık 0,5-0,7 gr MgO ve 100 ml saf su ilave edilerek distile edilmiş ve erlene ise 10 ml % 3'lük borik asit, 100 ml su ve 6-8 damla metil kırmızısı eklenmiştir. Daha sonra 200 ml destilat biriktirilmiş ve oluşan destilat 0.1 N HCl ile titre edilmiştir.

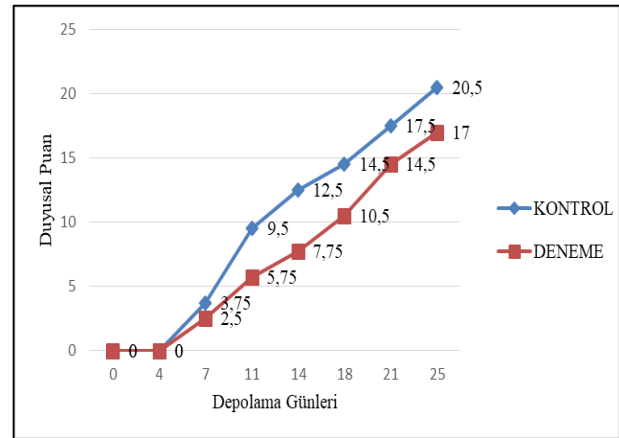
Balık etindeki pH değişimleri dijital bir pH metre (WTW 315i pH Meter; Weilheim, Germany) kullanılarak analiz edilmiştir. 5 g balık örneği alınarak 50 mL saf su içerisinde (1/10) 5 dk karıştırılmıştır. pH metre bu solüsyona daldırılarak balık etinin pH'ı ölçülmüştür.

İstatistik analizler

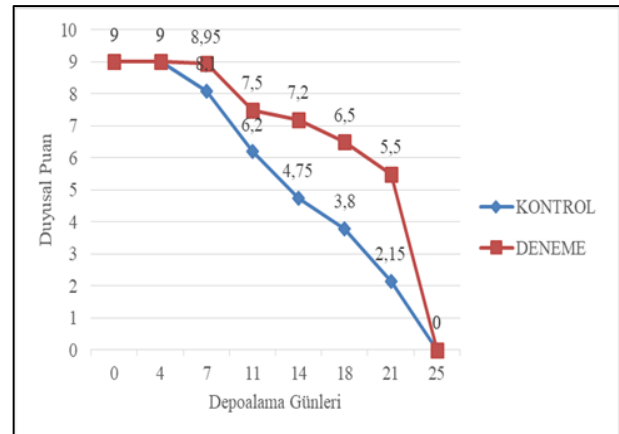
Araştırmanın sonunda elde edilen veriler SPSS 15 (SPSS Inc., Chicago, USA) istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. $p < 0,05$ olarak tanımlanan önemli farklılıkları belirlemek için ANOVA kullanılmıştır. 0, 4, 7, 11, 14, 18, 21 ve 25. depolama günleri ve muamele grupları için üç tekrarlı olarak istatistik karşılaştırma yapılmıştır.

Bulgular

Ceviz yeşil kabuğu özütü ilaveli buzun gökkuşağı alabalığı filetoalarının kalite değişimlerine depolama süresindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan duyu analizi Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Ayrıca Tablo 1'de verilen mikrobiyolojik araştırma sonuçları incelendiğinde ceviz yeşil kabuğu özütünün mikrobiyolojik yükü azalttığı görülmüştür.



Şekil 1. Çiğ alabalığın duyu analizi.



Şekil 2. Pişmiş alabalığın duyu analizi.

Kimyasal veriler ise Tablo 2’de verilmiştir. Mikrobiyoloji ve duysal verilere benzer şekilde pH, TVB-N ve TBA değerleri depolama süresinde deneme grubunda daha az seviyelerde kayıt edilmiştir.

Tablo 1. Depolama süresince gökkuşağı alabalığı filetolarında Toplam Aerobik Mezofil Bakteri, Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri ve Toplam *Enterobacteriaceae* Sayıları (log kob/g).

	Gün	pH	
		Kontrol	Deneme
0		6,41±0,01 ^{ca}	6,41±0,01 ^{abA}
4		6,29±0,01 ^{ea}	6,28±0,03 ^{da}
7		6,31±0,02 ^{ea}	6,29±0,02 ^{da}
11		6,34±0,01 ^{da}	6,33±0,01 ^{cdA}
14		6,41±0,01 ^{ca}	6,39±0,01 ^{ba}
18		6,44±0,01 ^{ba}	6,37±0,01 ^{bcB}
21		6,49±0,01 ^{aa}	6,44±0,02 ^{ab}
25		6,39±0,01 ^{ca}	6,30±0,02 ^{db}
	Gün	TVB-N (mg/100 g)	
		Kontrol	Deneme
0		12,30±0,76 ^{ga}	12,30±0,76 ^{fa}
4		12,98±0,42 ^{ga}	12,91±0,66 ^{efa}
7		13,57±0,87 ^{fa}	13,6±0,49 ^{ea}
11		16,52±0,54 ^{ea}	13,75±0,65 ^{eb}
14		18,89±0,64 ^{da}	17,35±0,63 ^{db}
18		21,52±0,26 ^{ca}	19,82±0,40 ^{bb}
21		23,22±0,71 ^{ba}	22,50±0,46 ^{ba}
25		26,38±0,71 ^{aa}	24,45±0,60 ^{ab}
	Gün	TBA (mg MA/kg)	
		Kontrol	Deneme
0		0,41±0,03 ^{ga}	0,41±0,03 ^{ea}
4		0,64±0,04 ^{fa}	0,53±0,02 ^{db}
7		0,72±0,02 ^{ea}	0,57±0,03 ^{db}
11		0,82±0,03 ^{da}	0,62±0,02 ^{cb}
14		0,94±0,02 ^{ca}	0,76±0,05 ^{bb}
18		1,12±0,03 ^{ba}	0,97±0,03 ^{ab}
21		1,30±0,04 ^{aa}	1,02±0,02 ^{ab}
25		1,16±0,04 ^{ba}	0,99±0,02 ^{ab}

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler arasında depolama süresince önemli farklılıklar vardır (p<0,05). Aynı satırdaki farklı büyük harfleri bulunduran değerler gruplar arasındaki farkı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 2. Gökkuşağı alabalığı filetolarının soğuk depolanması süresince pH, TVB-N ve TBA değerindeki değişimleri.

	Gün	pH	
		Kontrol	Deneme
0		6,41±0,01 ^{ca}	6,41±0,01 ^{abA}
4		6,29±0,01 ^{ea}	6,28±0,03 ^{da}
7		6,31±0,02 ^{ea}	6,29±0,02 ^{da}
11		6,34±0,01 ^{da}	6,33±0,01 ^{cdA}
14		6,41±0,01 ^{ca}	6,39±0,01 ^{ba}
18		6,44±0,01 ^{ba}	6,37±0,01 ^{bcB}
21		6,49±0,01 ^{aa}	6,44±0,02 ^{ab}
25		6,39±0,01 ^{ca}	6,30±0,02 ^{db}
	Gün	TVB-N (mg/100 g)	
		Kontrol	Deneme
0		12,30±0,76 ^{ga}	12,30±0,76 ^{fa}
4		12,98±0,42 ^{ga}	12,91±0,66 ^{efa}
7		13,57±0,87 ^{fa}	13,6±0,49 ^{ea}
11		16,52±0,54 ^{ea}	13,75±0,65 ^{eb}
14		18,89±0,64 ^{da}	17,35±0,63 ^{db}
18		21,52±0,26 ^{ca}	19,82±0,40 ^{bb}
21		23,22±0,71 ^{ba}	22,50±0,46 ^{ba}
25		26,38±0,71 ^{aa}	24,45±0,60 ^{ab}
	Gün	TBA (mg MA/kg)	
		Kontrol	Deneme
0		0,41±0,03 ^{ga}	0,41±0,03 ^{ea}
4		0,64±0,04 ^{fa}	0,53±0,02 ^{db}
7		0,72±0,02 ^{ea}	0,57±0,03 ^{db}
11		0,82±0,03 ^{da}	0,62±0,02 ^{cb}
14		0,94±0,02 ^{ca}	0,76±0,05 ^{bb}
18		1,12±0,03 ^{ba}	0,97±0,03 ^{ab}
21		1,30±0,04 ^{aa}	1,02±0,02 ^{ab}
25		1,16±0,04 ^{ba}	0,99±0,02 ^{ab}

* Aynı sütundaki farklı küçük harfler arasında depolama süresince önemli farklılıklar vardır (p<0,05). Aynı satırdaki farklı büyük harfleri bulunduran değerler gruplar arasındaki farkı göstermektedir (p<0,05).

Tartışma

Duysal parametreler bakımından kontrol ve deneme grubu arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir (P<0.05). Şekil 1, çiğ gökkuşağı alabalığın depolama süresindeki duysal

parametrelerin ayrıntısını göstermektedir. Çiğ balıktaki duysal puanların depolama süresince arttığı gözlenmiştir. Depolama başlangıcında (0 puan) kontrol grubu ile aynı seviyede giden deneme grupları özellikle depolamanın 11. gününden itibaren farklılıklar göstermeye başlamıştır. Kontrol grubunun duysal olarak bozulma limitini aştığı 14. günde duysal puanı 12,50 iken aynı depolama gününde deneme grubunun duysal puanı 7,75 olmuştur. Duysal olarak en yüksek puanlar ise depolamanın 25. gününde kontrol ve deneme gruplarında sırası ile 20,5 ve 17 olarak kayıt edilmiştir. Özoğul ve Özoğul (2004), buzda depolanan gökkuşağı alabalığının raf ömrünü 14 gün olarak bildirmişlerdir. Bununla beraber çeşitli çalışmalarda tüm ve fileto şeklinde buzda depolanan gökkuşağı alabalıkları için 9-16 günlük bir raf ömrü olduğu bildirilmektedir (Chytiri vd. 2004; Rezaei ve Hosseini 2008). Krizek vd. (2011) gökkuşağı alabalığı örneklerinin fileto ve kıyılmış olarak raf ömürlerinin 3 °C’de sırasıyla 11–16 ve 7–10 gün, 15 °C’de her iki işlenmiş balık için 2–3 gün olduğunu rapor etmişlerdir.

Pişmiş gökkuşağı alabalığındaki toplam duysal puanlar depolama süresince düşüş göstermiştir (Şekil 2). Başlangıç depolama koşullarında duysal puan en yüksek düzeyde (9) kayıt edilmiştir. Çiğ balıktaki duysal parametrelerde olduğu gibi pişmiş balıkta da deneme grubu daha yüksek puan toplamıştır. Pişirme işleminin çiğ halde reddedilen balıkta dahi bazı uçucu kötü bileşikleri uzaklaştırdığı ve kötü kokuları giderdiği gözlenmiştir. (Chytiri vd. 2004), bütün ve fileto olarak buzda depolanmış pişmiş alabalığın koku parametresi için kabul edilebilir limite 15-17 günde ancak fileto balıklarda doku için bu limite depolamanın 18 gününden sonra ulaşıldığını rapor etmişlerdir. Bongiorno vd. (2018) sous vide ile pişirme tekniğinin alabalığın raf ömrünü (3 °C de) 21 güne kadar uzattığını bildirmiştir. Ayrıca Öz (2018) sarımsak ilaveli yemle beslenen alabalıkların pişmiş duysal parametrelerinin hoş bir aroma ve lezzete sahip olduğunu bildirmiştir. Mevcut çalışmada da ceviz kabuğu ekstraktının balık filetosuna hoş bir aroma kattığı panelistler tarafından bildirilmiştir ve depolamanın 7. gününden depolama sonuna kadar deneme grubu kontrol grubuna nazaran önemli seviyede ($p<0.05$) tercih edilebilir seviyede seyretnmiştir.

Toplam Aerobik Mezofil Bakteri (TAMB) sayısında depolama süresince önemli artışlar gözlenmiştir (Tablo 1). Başlangıç TAMB sayısı 2,61 log kob/g olarak kayıt edilmiştir. Bu değer, Pezeshk vd. (2011) de bildirilen iç organları çıkarılmış gökkuşağı alabalığı için 2,14 log kob/g değer ve Mexis vd. (2009) da bildirilen fileto gökkuşağı alabalığı için 2,7 log kob/g başlangıç TAMB

değerleri ile paralellik göstermektedir. Depolamanın 4. gününden 25. gününe kadarki sayımlarda deneme grubunun kontrol grubuna nazaran önemli derecede ($p<0.05$) düşük seviyelerde kaldığı gözlenmiştir. Çiğ balık etinde toplam bakteri sayısına ilişkin limit değer 7 log kob/g olarak bildirilmiş olup (ICMSF 1986), bu limit değere kontrol grubu 14. günde gelirken deneme grubu 18. günde gelmiştir. Çalışmada ceviz yeşil kabuğu özütü ilave edilmiş buzun TAMB sayılarını depolama süresince düşürücü bir etki yaptığı gözlenmiştir.

Gram negatif psikrofilik bakterilerin aerobik olarak depolanmış taze balıkların soğuk ortamlarda bozulmasına neden oldukları bilinmektedir (İbrahim Sallam 2007). Başlangıç Toplam Aerobik Psikrofil Bakteri (TAPB) sayısı 1,95 log kob/g olarak kayıt edilmiştir (Tablo1). Pezeshk vd. (2011) gökkuşağı alabalığı için bu değeri 2,6 log kob/g bulurken, (Erkan 2012) 3,3 log kob/g olarak bildirmiştir. Depolamanın 11. gününe kadar benzer değerlerde olan TAPB sayısı bu günden sonra deneme grubu balıklarında daha düşük değerlerde seyretnmiştir. Ojagh vd. (2010) tarçın ile zenginleştirilen kaplamanın gökkuşağı alabalığının depolama süresine etkisini incelediği çalışmalarında başlangıç TAPB değerini 2,88 log kob/g olarak bulmuşlar ve depolamanın 16. gününde bu değeri 8,43 log kob/g olarak kaydetmişlerdir. Mevcut çalışmada bu değere kontrol grubunda depolamanın 21. gününde gelirken, deneme grubunda tüm depolama günleri için bu değer altında kalmıştır. Deneme grubunda depolanan balıkların TAPB sayılarının kontrol grubuna nazaran daha düşük seviyede olmasının nedeni olarak yeşil ceviz kabuğunda bulunan ve antimikrobiyal etkileri kanıtlanmış olan (Stampar vd. 2006) juglon maddesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Enterobacteriaceae balıklar için hijyen indikatörü olarak bilinmektedir ve alabalıkların mik florasında mevcut olabileceği bildirilmiştir (Frangos vd. 2010). Çalışmada kontrol grubu ile deneme grubundaki *Enterobacteriaceae* sayısındaki değişimler Tablo 1’de verilmiştir. Alabalık etindeki başlangıç *Enterobacteriaceae* sayısı kontrol ve deneme gruplarında oldukça düşük sayılabilecek değerler olan 1,33 log kob/g seviyesinde bulunmuştur. Bu değer Oğuzhan vd. (2006)’nin buldukları taze gökkuşağı alabalığı için başlangıç 2,0 log kob/g sayısından düşük seviyededir. Çalışmada depolamanın 14. ve 21. günlerinde deneme gruplarının *Enterobacteriaceae* sayısı önemli düzeyde ($p<0.05$) daha düşük seviyelerde seyretnmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı depolama süresince en yüksek değerine kontrol grubunda 25. günde 5,75 log kob/g olarak ulaşmıştır. Aynı depolama gününde deneme grubu ise 5,50 log kob/g

seviyesine ulaşmıştır. Kontrol grubunun duyuşal olarak reddedildiği 14. günde *Enterobacteriaceae* sayısı 4,65 log kob/g olarak kayıt edilmiştir. Alkhawajah (1997) cevizin yaprak su ekstralarının *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus mutans*, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* üzerinde antimikrobiyal aktivitesini belirlemişlerdir. Mevcut çalışmada ceviz kabuğu özütü yaprak yerine yeşil kabuktan hazırlanmıştır. Depolama sonlarına doğru deneme grubunun daha düşük *Enterobacteriaceae* sayısı göstermesi söz konusu özütün dekontaminasyon aracı olarak ta kullanılabileceğini düşündürmektedir.

Özyurt vd. (2007) de depolama sıcaklığına bağlı olmakla birlikte 7,1'in üzerindeki pH değerlerinin balığın bozulma durumunu gösterdiğini bildirmektedir. Depolama süresince hiçbir gün ve grupta söz konusu değere gelinmemiştir. Ceviz kabuğu özütü ilaveli buz ile depolama işleminin 14. güne kadar pH değişimlerine göre gruplar arasında önemli bir farka ($p>0.05$) neden olmamıştır. Benzer şekilde bazı bitki özütleri kullanılarak elde edilen buzda depoladıkları balıkların pH seviyelerinde önemli bir fark olmadığı bildirilmiştir (Bensid vd. 2014). Ancak depolamanın 18. gününden itibaren deneme grubu kontrol grubuna nazaran depolama sonuna kadar önemli derecede ($p<0.05$) düşük seviyelerde seyretilmiştir.

Depolama süresince gökkuşadı alabalığının TVB-N içeriğinde önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$). Tüm gruplarda TVB-N değeri depolamanın 11. gününe kadar benzer değerler göstermiş olup, sonrasında kademeli olarak artış göstermiştir (Tablo 2). Chytiri vd. (2004) buzda depolanan tüm iç organları çıkarılmamış kültür gökkuşadı alabalıkta depolamanın 18. gününde 20,16 mg/100 g olan TVB-N değerlerinin depolama süresince önemli bir artış sergilemediğini bildirmişlerdir. Aynı çalışmada fileto balıkların TVB-N değerlerinin depolama sonunda 26,06 mg/100 g'a ulaştığı belirtilmektedir. Bu çalışmaya yakın olarak kontrol grubunun TVB-N değeri depolama sonunda 26,38 mg/100 g olarak kayıt edilmiştir. Çalışmamızda depolamanın 11. gününden itibaren deneme grubunun kontrol grubuna nazaran önemli seviyede ($p<0.05$) daha düşük TVB-N seviyelerinde olduğu görülmektedir. Pyrgotou vd. (2010), 4 °C'de 21 gün depolanan tuzlanmış, modifiye atmosfer paketlenmiş gökkuşadı alabalığı filetolarında kekik esansiyel yağının (%0,2 ve %0,4) etkisini inceledikleri çalışmada muamele gruplarının kontrol grubundan daha düşük TVB-N ve trimetilamin (TMA) değerlerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Mevcut çalışmada da deneme grubu buzuna ilave edilmiş ceviz kabuğu özütünün daha düşük seviyelerde TVB-N değerine sahip olmasına önemli katkısı olmuştur. Kontrol grubunun duyuşal

olarak ret edildiği depolamanın 14. gününde TVB-N değeri 18,89 mg/100 g iken, deneme grubunda 17,35 mg/100 g değerinde tespit edilmiştir. Çalışmada tüm depolama günlerinde TVB-N (EEC,1995) tarafından önerilen 35 mg/100 g limit değeri hiçbir grupta geçilmemiştir.

Yağların otooksidatif bozulması, ürünlerde renk, aroma, tat, tekstür ve besinsel değer gibi gıda kalitesindeki değişimler olarak ortaya çıkmaktadır (Fernandez vd. 1997). TBA ikincil lipid oksidasyon derecesini (malonaldehit içeriği) ölçen bir balık tazelik indikatörüdür (Goulas ve Kontominas 2007). Başlangıç TBA değeri 0,41 mg MA/kg olarak kayıt edilmiş (Tablo 2) ve depolama süresince TBA değerinde önemli değişimler gözlenmiştir ($p<0.05$). Bu araştırmada her iki grubunda (Varlık vd. 1993) tarafından bildirilen TBA değerinin çok iyi bir materyalde bulunması gereken 3 mg MA/kg sınırını aşmadığı gözlenmiştir. Gökkuşadı alabalığı ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda daha yüksek başlangıç TBA değeri rapor edilmesine rağmen (2 - 9,6 mg MA/kg) (Nerantzaki vd. 2005; Pyrgotou vd. 2010; Frangos vd. 2010; Ojagh vd. 2010) başlangıç TBA değeri 0,41 mg malonaldehit (MA)/kg olup, depolama süresince tüm gruplarda 1,30 mg MA/kg'ın altında kalmıştır. Rezaei ve Hosseini (2008), buzda depolanan gökkuşadı alabalığının 20 günlük depolanması süresince TBA değerinde dalgalanmalar görüldüğu ve bu değerin tüm depolama günleri için 0,06 mg MA/kg'ın altında kaldığını gözlemiştir. Özogul (2013), doğal ve ticari yemle beslenen alabalıkların TBA değerinin buzda depolama süresince 3 mg MA/kg'ın altında kaldığını saptamıştır. Ayrıca depolamanın 4. gününden itibaren tüm depolama günlerinde kontrol grubunun TBA değeri deneme grubuna nazaran önemli seviyede ($p<0.05$) daha yüksek değerler göstermiştir.

Yapılan araştırma sonucunda %2 oranında suya ilave edilerek buz haline getirilen ceviz yeşil kabuğu özütünün gökkuşadı alabalıklarının depolama süresindeki duyuşal, mikrobiyolojik ve kimyasal özelliklerine olumlu etkileri olduğu söylenebilir. Ayrıca çalışmada kullanılan Kaman cevizi kabuğunun bölgede yetişen diğer ceviz kabuklarına göre daha fazla özüt verimine sahip olduğu için diğer ceviz kabuklarına nazaran kullanımı tavsiye edilmektedir.

Kaynaklar

- Alamprese C, Pompei C, Scaramuzzi F. 2005. Characterization and antioxidant activity of nocino liqueur. Food Chem. 90(4), 495–502.
doi: 10.1016/j.foodchem.2004.05.011
- Alkhawajah AM. 1997. Studies on the antimicrobial activity of *Juglans regia*. Am J Chin Med. 25(2):175-180.
doi: 10.1142/S0192415X97000202

- Bensid A., Uçar Y, Bendeddouche B, Özoğul F. 2014. Effect of the icing with thyme, oregano and clove extracts on quality parameters of gutted and beheaded anchovy (*Engraulis encrasicolus*) during chilled storage. Food Chem. 145(1), 681–686.
doi: 10.1016/j.foodchem.2013.08.106
- Bongiorno T, Tulli F, Comi G, Sensidoni A, Andyanto A, Lacumin L. 2018. Sous vide cook-chill mussel (*Mytilus galloprovincialis*): evaluation of chemical, microbiological and sensory quality during chilled storage (3°C). LWT. 91(1):117-124.
doi: 10.1016/j.lwt.2017.12.005
- Bonilla A, Sveinsdottir K, Martinsdottir E. 2007. Development of quality index method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) fillets and application in shelf life study. Food Control. 18(4):352–358.
doi: 10.1016/j.foodcont.2005.10.019
- Cao L, Si JY, Liu Y, Sun h, Jin W, Li Z, Zhao XH, Pan RL. 2008. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of Mosla chinensis Maxim, Food Chem. 115(3):801-805.
doi:10.1016/j.foodchem. 2008.12.064
- Chen C, Pearson AM, Gray JI.1992. Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. Food Chem. 43(3):177–183.
doi: 10.1016/0308-8146(92)90170-7
- Chytiri S, Chouliara I, Savvaidis IN, Kontominas MG. 2004. Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aqua cultured rainbow trout. Food Microbiol. 21(2):157–65.
doi: 10.1016/S0740-0020(03)00059-5
- EEC. 1995. Total volatile basic nitrogen (TVB-N) limits values for certain categories of fishery products and specifying the analysis methods to be used. Commission Decision 95/149/EEC of 8 March 1995, Official Journal of European Communities, L97, 84-87.
- Erkan N. 2012. The effect of thyme and garlic oil on the preservation of vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Food Bioprocess Tech. 5(4):1246-1254.
doi: 10.1007/s11947-010-0412-7
- FDA (Food Drug Administration), 1998. Decomposition and histamine in raw, frozen tuna and mahi-mahi, canned tuna and related species. Compliance Policy Guides 7108. 240, sec. 540-525.
- Fernandez J, Perez-Alvarez JA, Fernandez-Lopez JA. 1997. Thiobarbituric Acid Test for Monitoring Lipid Oxidation in Meat. Food Chem. 59(3): 345-353.
doi:10.1016/S0308-8146(96)00114-8
- Frangos L, Pyrgotou N, Giatrakou V, Ntzimani A, Isavvaidis N. 2010. Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelflife of refrigerated trout fillets. Food Microbiol. 27(1):115–121.
doi: 10.1016/j.fm.2009.09.002
- Goulas AE, Kontominas MG. 2007. Combined effect of light salting, modified atmosphere packaging and oregano essential oil on the shelf-life of sea bream (*Sparus aurata*): biochemical and sensory attributes. Food Chem. 100(1):287–296.
doi:10.1016/j.foodchem.2005.09.045
- Ibrahim Sallam K. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 18(5):566-575.
doi: 10.1016/j.foodcont.2006.02.002
- ICMSF. 1986. Microorganisms in Foods. The International Commission on Microbiological Specifications for Foods of the International Union of Biological Societies. Pp. 181-196. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Khanzadi S, Gharibzadeh S, Raoufy M, Razavilar, V, Khaksar, R, Radmehr, B. 2010. Application of artificial neural networks to predict *Clostridium botulinum* growth as a function of Zataria Multiflora essential oil, pH, NaCl, and temperature. J Food Safety. 30(2):490-495.
doi:10.1111/j.1745-4565.2010.00222.x
- Krizek M, Vacha F, Vejsada P, Pelikanova T. 2011. Formation of biogenic amines in fillets and minced flesh of three freshwater fish species stored at 3 °C and 15 °C. Acta Vet. Brno. 80(4):365–372.
doi: 10.2754/avb201180040365
- Li L, Tsao R, Yang R, Liu CM, Zhu HH, Young JC. 2006. Polyphenolic profiles and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailanthifolia* var. cordiformis) and Persian walnut (*Juglans regia* L.). J Agr Food Chem. 54(21):8033–8040.
doi: 10.1021/jf0612171
- Ludorff W, Meyer V. 1973. Fische und Fischerzeugnisse. Hamburg, Berlin: Paul Parey Verlag 59(1):77-309.
- Mehrabian S, Majd A, Majd I. 2000. Antimicrobial effects of three plants (*Rubai tinctorum*, *Carthamus tinctorius* and *Juglans regia*) on some airborne microorganisms. Aerobiologia. 16(1).455-58.
- Mexis SF, Chouliara E, Kontominas MG. 2009. Combined effect of an oxygen absorber and oregano essential oil on shelf life extension of rainbow trout fillets stored at 4 C. Food Microbiol. 26(6):598–605.
doi: 10.1016/j.fm.2009.04.002
- Nerantzaki A, Tsiotsias, A, Paleologos, EK, Savvaidis IN, Bezirtzoglou E, Kontominas MG. 2005. Effect of ozonation on the preservation of whole vacuum packaged, refrigerated rainbow trout. Eur Food Res Technol. 221(5):675–6.
doi: 10.1007/s00217-005-0042-x
- Oğuzhan P, Angiş S, Haliloğlu HI, Atamanalp M. 2006. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında sıcak tütsüleme sonrası kimyasal kompozisyon değişimleri. J Fish Aquat Sci. 23(3): 465-466.
- Ojagh SM, Rezaei M, Razavi SH, Hosseini SMH. 2010. Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. Food Chem. 120(1):193-198.
doi:10.1016/j.foodchem.2009.10.006
- Oliveira I, Sousa A, Ferreira CFR, Bento A, Estevinho L, Pereira JA. 2008. Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks. Food Chem Toxicol. 46(7):2326-2331.
doi:10.1016/j.fct.2008.03.017
- Öz M. 2018. Effects of garlic (*Allium sativum*) supplemented fish diet on sensory, chemical and

- microbiological properties of rainbow trout during storage at -18°C . LWT. 92(1):155-160.
[doi: 10.1016/j.lwt.2018.02.030](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.030)
- Özoğul Y., Özoğul F. 2004. Effects of slaughtering methods on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Onchorynchus mykiss*) stored in ice and MAP. Eur Food Res Technol. 219(3):211-216.
[doi: 10.1007/s00217-004-0951-0](https://doi.org/10.1007/s00217-004-0951-0)
- Özoğul F, Yavuzer E, Özoğul Y, Kuley E. 2013. Comparative quality loss in wild and cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilling storage. Food Sci Technol Res. 19(3), 445-454.
[doi: 10.3136/fstr.19.445](https://doi.org/10.3136/fstr.19.445)
- Özyurt G., Polat A., Tokur B. 2007. Chemical and sensory changes in frozen (-18°C) wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*) captured at different fishing seasons. Int J Food Sci Tech. 42(7):887-893.
[doi:10.1111/j.1365-2621.2006.01302.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01302.x)
- Özyurt G, Kuley E, Balıkcı E, Kaçar C, Gökoğlu S, Etyemez M, Özoğul F. 2011. Effect of the icing with rosemary extract on the oxidative stability and biogenic amine formation in sardine (*Sardinella aurita*) during chilled storage. Food Bioprocess Tech. 5(7):2777-2786.
[doi: 10.1007/s11947-011-0586-7](https://doi.org/10.1007/s11947-011-0586-7)
- Paulus K, Zacharias R, Robinson L, Geidel H. 1979. Kritische betrachtungen zur Bewetenden Prufung mit skale'' Als Einem Wesentlichen Verfahren Der Sensorichen Analyse. LWT. 12(1):52-61.
- Pereira JA, Oliveira I, Sousa A, Valentão P, Andrade PB, Ferreira ICFR, Ferreres F, Bento A, Seabra R, Estevinho L. 2007. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antimicrobial activity and antioxidant potential of different cultivars. Food Chem Toxicol. 45(11):2287-2295.
[doi: 10.1016/j.fct.2007.06.004](https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.06.004)
- Pezeshk S, Rezaei M, Hosseini H. 2011. Effects of turmeric, shallot extracts, and their combination on quality characteristics of vacuum-packaged rainbow trout stored at $4\pm 1^{\circ}\text{C}$. J Food Sci. 76(6):387-391.
[doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02242.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02242.x)
- Pyrgetou N, Giatrakou V, Ntzimani A, Savvaidis IN. 2010. Quality assessment of salted, modified atmosphere packaged rainbow trout under treatment with oregano essential oil. J Food Sci. 75(7): 406-411.
[doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01724.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01724.x)
- Raoufy YM, Gharibzadeh S, Radmehr B, Khaksar R, Hosseini H. 2010. Predicting the combined effect of Zataria multiflora essential oil, pH and temperature on the growth of *Staphylococcus aureus* using artificial neural Networks. J Food Safety. 30(2):318-329.
[doi:10.1111/j.1745-4565.2009.00209.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2009.00209.x)
- Rezaei M, Hosseini SF. 2008. Quality assessment of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during chilled storage. J Food Sci. 73(6):93-96.
[doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00792.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00792.x)
- Singh G, Marimuthu P, Murali, HS and Bawa AS. 2005. Antioxidative and antibacterial potentials of essential oils and extracts isolated from various spice materials. J Food Safety. 25(2):130-145.
[doi:10.1111/j.1745-4565.2005.00564.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4565.2005.00564.x)
- Stampar F, Solar A, Hudina M, Veberic R, Colaric M. 2006. Traditional walnut liqueur cocktail of phenolics. Food Chem. 95(4):627-631.
[doi:10.1016/j.foodchem.2005.01.035](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.035)
- Tarladgis B, Watts BM, Yonathan M. 1960. Distillation method for determination of malonaldehyde in rancid food. J Am Oil Chem Soc. 37(1):44-48.
[doi: 10.1007/BF02630824](https://doi.org/10.1007/BF02630824)
- Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H. 1993. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri. Gıda Teknolojisi Derneği. Gıda Teknolojisi Yayın No: 17. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 173s.



Demirköprü Baraj Gölü (Manisa, Türkiye) Balıkçılığı: Av Araçları ve Ticari Türler

Hakkı DERELİ*¹  Turhan KEBAPÇIOĞLU²  Yusuf ŞEN³  Zeki Serkan ÖLÇEK³ 
Murathan ÖZDEMİR³ 

¹ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 35620 Çiğli-İzmir-Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Manavgat Turizm Fakültesi, Rekreasyon Yönetimi Bölümü, 07600 Manavgat-Antalya-Türkiye

³ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 35620 Çiğli-İzmir-Türkiye

Ö Z

Demirköprü Baraj Gölü balıkçılık faaliyetlerinin mevcut durumunu ortaya koymak amacıyla av araçlarının yapısal özellikleri, kullanım şekli ve zamanları ile hedefledikleri türler belirlenmiştir. Saha çalışmaları, Haziran 2015 - Aralık 2016 tarihleri arasında aylık olarak gerçekleştirilmiştir. Gölde S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi'ne üye 75 ticari balıkçı, 47 ruhsatlı tekne ile avcılık faaliyetlerini sürdürmektedir. Ticari balıkçılık uzatma ağıları, pinterler ve paragatlar ile gerçekleştirilmektedir ve hedef türler; yayın, sazan, gümüşü havuz balığı ve tatlısu kolyozudur. Çalışmada ticari avcılar tarafından kullanılmakta olan farklı teknik özellikte 17 uzatma ağı, 6 pinter takımı ve 2 paragat takımının teknik planları FAO standartlarına göre tanımlanmıştır. Göldeki av miktarlarındaki değişimlerin değerlendirilmesi için 2008 - 2016 yılları arasındaki resmi üretim rakamları incelenmiştir. Yıllık ortalamada en çok avlanan tür gümüşü havuz balığıdır ve onu sırasıyla sazan, sudak ve yayın balığı izlemektedir. 2008 yılında av kompozisyonu içerisinde baskın olan sudak türünün son iki yılda av vermediği belirlenmiştir. Bu çalışma ile Demirköprü Baraj Gölü'nde kullanılan av araçlarının özellikleri detaylı bir şekilde ilk kez tanımlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Balıkçılık, uzatma ağı, pinter, paragat, ticari türler

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 26.06.2018

Düzeltilme : 14.08.2018

Kabul : 10.09.2018

Yayın : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.439029

* SORUMLU YAZAR

hakkidereli@gmail.com

Tel : +90 543 806 66 85

Demirköprü Dam Lake (Manisa, Turkey) Fisheries: Fishing Gears and Commercial Species

Abstract: Structural characteristics of fishing gears, fishing methods, fishing periods and target species were determined in order to identify the current situation of fishing activities in the Demirköprü Dam Lake. Field studies were conducted on a monthly basis between June 2015 and December 2016. Fishing activities were carried out by 75 commercial members of the Köprübaşı Fishery Cooperative with 47 licensed fishing boats on the lake. Commercial fishing on the lake was performed with gillnets, fyke nets and longlines, and the target species were; European catfish, carp, gibel carp and Danube bleak. In the study, the technical plans of 17 gillnets, 6 fyke nets and 2 longlines in different technical features being used by commercial fisheries were illustrated according to FAO standards. Official production amounts between 2008 and 2016 were used for evaluating the changes in the amount of the catch in the Lake. The highest amount of catching was observed for the gibel carp followed by carp, pike-perch and European catfish in the annual average. No catch was recorded for pike-perch, the dominant species in 2008, in the last two years. In this study, structural characteristics of fishing gears used in Demirköprü Dam Lake were described in detailed for the first time.

Keywords: Fisheries, gillnet, fyke net, longline, commercial species

Alıntılama

Dereli H, Kebapçıoğlu T, Şen Y, Ölçek ZS, Özdemir M. 2018. Demirköprü Baraj Gölü (Manisa, Türkiye) Balıkçılığı: Av Araçları ve Ticari Türler. LimnoFish. 4(3): 154-168. doi: 10.17216/LimnoFish.439029

Giriş

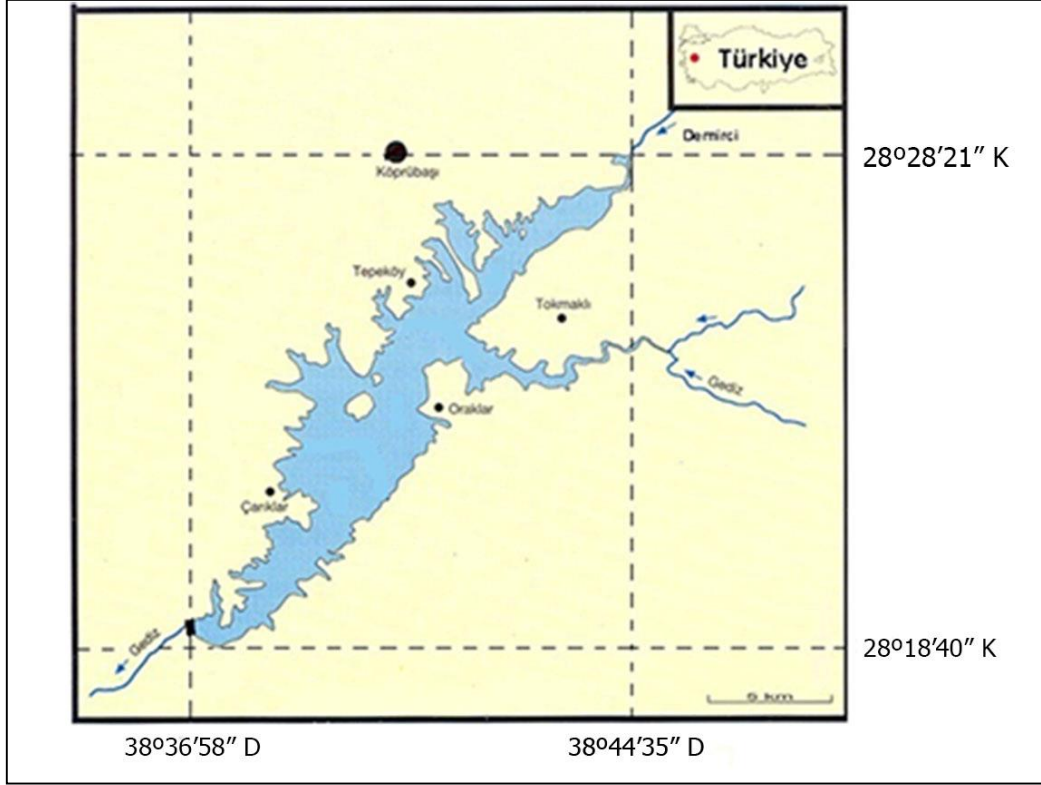
Ege Bölgesi'nin ikinci büyük akarsuyu olan Gediz Nehri, İç Batı Anadolu'daki Murat ve Şaphane dağlarından kaynaklanarak 276 km'lik akış sonucunda İzmir Körfezi'ne dökülmektedir ve ortalama 195000 m³ yıllık akış ile ülke potansiyeli

içinde % 1,2'lik yere sahiptir (Anonim 2007; Tosunoğlu vd. 2017). Gediz Nehri üzerinde 1954 - 1960 yılları arasında enerji, sulama ve taşkın kontrolü amacıyla inşa edilen Demirköprü Baraj Gölü'nün (Şekil 1) temel su gelirini Gediz Nehri oluşturmakta, Demirci Çayı ve küçük derelerin getirdiği yağmur

suları da gölün su bütçesini desteklemektedir (Anonim 2014a; DSİ 2016a).

Manisa İli'nin Salihli ve Köprübaşı İlçeleri sınırları içerisinde yer alan barajda normal su kotunda göl hacmi 1022,3 hm³, alanı ise 45,7

km²'dir. DSİ tarafından 2008 yılında oluşturulan derinlik haritalarına göre maksimum su seviyesinde baraj gölünün en derin yeri 50 metre, deniz seviyesinden yüksekliği ise 235 metredir (DSİ 2016a, 2016b).



Şekil 1. Demirköprü Baraj Gölü

Demirköprü Baraj Gölü'nde sulama ve taşkın kontrolünün yanı sıra yoğun balıkçılık faaliyetleri de yürütülmektedir (Tenekecioğlu 2011; Anonim 2014a, 2014b). Balıkçılığı desteklemek üzere her yıl Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğüne üretilen sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) yavruları baraj gölüne bırakılmaktadır. Göl 1972 yılından bu yana Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi'ne kiralanmaktadır. Son kiralama, toplam stok miktarı yıllık 75 ton olarak belirlenerek 2015 - 2018 tarih aralığı için yapılmıştır. 2016 yılı itibari ile S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi'ne üye 75 ticari balıkçı, 47 ruhsatlı tekne ile Demirköprü Baraj Gölü'nde avcılık faaliyetlerini sürdürmektedir (MİTOM 2016).

Demirköprü Baraj Gölü'nde son 30 yıl içerisinde gerçekleştirilen sınırlı sayıda bilimsel çalışmalar daha çok su canlılarının biyolojisi üzerine yoğunlaşmıştır (Keskin ve Erk'akan 1987; Sarı 1995; Şipal vd. 1999; Ustaoglu vd. 2001; Balık vd. 2005, 2006; İnnal vd. 2007). Göl balıkçılığı üzerine gerçekleştirilen tek çalışmada, kullanılan av araçları belirtilmiş fakat yapısal özellikleri detaylı olarak ele alınmamıştır (Anonim 2014b).

Başarılı bir balıkçılık yönetimi, büyük ölçüde sağlıklı veri toplanması ve bunların doğru metotlarla

işlenmesine bağlı olup (Ünal vd. 2001) bu verilerden balıkçılık sahalarındaki mevcut av araç gereçleriyle ilişkili olanların da (yapısal özellikleri ve miktarı) detaylı olarak toplanması gerekmektedir (Ayaz vd. 2012). Türkiye göllerinde av araçlarının teknik planlarına ilişkin yürütülmüş çalışmalar Seyhan Baraj Gölü (Mete ve Yüksel 2014), Atatürk Baraj Gölü (Çelik ve Duman 2001; Bayhan ve Göçer 2012) ve Keban Baraj Gölü (Pala 1996; Dartay vd. 2010; Duman ve Karadağ 2017) ile sınırlıdır. Önemli balıkçılık potansiyeline sahip olmasına rağmen bugüne kadar Demirköprü Baraj Gölü'nde av araçlarının teknik planlarına ilişkin çalışma yürütülmediği görülmüştür.

Bu çalışmada Demirköprü Baraj Gölü balıkçılığının mevcut durumunun ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, hedef türlere yönelik kullanılan av araçlarının yapısal özellikleri, kullanım şekli ve zamanlarının ayrıntılı olarak ilk kez tanımlanması ve av miktarlarındaki değişimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Metot

Saha çalışmaları, Demirköprü Baraj Gölü'nde eşzamanlı yürütülen 2140632 No'lu TÜBİTAK projesi ve 2015-ÖDL-SUÜF-0003 No'lu İzmir Katip

Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında Haziran 2015 - Aralık 2016 tarihleri arasında aylık olarak yürütülmüştür. Ticari balıkçıların av operasyonlarına eşlik edilerek uzatma ağıları ile 45, pinter av aracı ile 19 olmak üzere toplam 64 örnekleme gerçekleştirilmiş, av araçlarına (kullanım şekli ve zamanı, teknik özellikler) ve hedefledikleri türlere ilişkin bilgiler toplanmıştır.

Baraj gölünü ticari avcılık için kiralayan S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi'nin balık alım yerinde rasgele seçimle yapılan 36 örneklemede (12 paragat avcısı, 5 pinter avcısı ve 19 uzatma ağı avcısı) balıkçıların yüz yüze görüşme, gözlem ve yerinde ölçümler ile av araçlarına ilişkin bilgiler elde edilmiştir. Av araçlarının ölçümleri şerit metre ile yapılmıştır. Av araçlarına ait teknik planlar ise FAO'nun av aracı katalogları referans alınarak MS Visio 10.0 programı yardımıyla ölçekli olarak çizilmiştir (Nedelec 1975; Nomura ve Yamazaki 1975; FAO 1978). Bazı detaylar ise ölçeksiz FAO kataloglarındaki gibi gösterilmiştir.

Avlanan türler, Geldiay ve Balık (2009) ile Güçlü and Küçük (2015)'e göre tanımlanmıştır. Av miktarındaki değişimler ise kooperatif avcılık kayıtlarına dayanan Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün 2008 - 2016 yılları arasındaki resmi üretim rakamları kullanılarak değerlendirilmiştir.

Bulgular

Baraj Gölü'ndeki saha çalışmalarında ticari balıkçıların sazan, yayın (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758), gümüşü havuz balığı (*Carassius gibelio* Bloch,

1782), tatlısu kolyozu (*Chalcalburnus chalcoides* Guldenstaedt, 1772) ve bıyıklı balık (*Luciobarbus lydianus* Boulenger, 1896) avladıkları ve S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi aracılığıyla pazarladıkları tespit edilmiştir.

Resmi üretim rakamlarında ise gölde sazan, sudak (*Sander lucioperca* Linnaeus, 1758), yayın ve gümüşü havuz balığı türlerinin avlandığı görülmekte olup, 2008 - 2016 yılları arasında yıllık av miktarları 47 ile 127 ton arasında değişmiş ve gölden ortalama 72,3 ton/yıl ürün elde edilmiştir. Demirköprü Baraj Gölü'ndeki bu üretim Türkiye tatlısu avcılığı üretiminin binde ikisini karşılamaktadır. Tür bazında incelendiğinde yıllık av miktarlarının değişken bir seyre sahip olduğu görülmektedir. Av miktarı yıllar içerisinde dalgalı bir seyir gösteren sazan, 2016 yılında en fazla avlanan tür olup ortalama değerlerde ise ikinci sıradadır. Diğer önemli ticari tür yayın ise 2008 yılına oranla artış göstermiş olup 2016 yılında av miktarı açısından ikinci sıradadır. 2008 yılında göldeki avcılık üretiminin büyük kısmını oluşturan sudak, dramatik bir düşüş sonucu son iki yılda hiç av vermemiştir. Diğer türlere nazaran daha düşük bir ticari değere sahip istilacı gümüşü havuz balığı ise yıllık ortalamada en fazla avlanan türdür (MITOM 2016) (Çizelge 1).

Demirköprü Baraj Gölü'nde bu türleri avlamak için kullanılan av araçları genel olarak uzatma ağı, pinter ve paragatlardan oluşmaktadır. Av araçlarından uzatma ağıları ile daha çok sazan, sudak ve gümüşü havuz balığı hedeflenirken, paragat ve pinterler ile yayın balığı hedeflenmektedir.

Çizelge 1. Demirköprü Baraj Gölü'nde 2008 - 2016 yılları arasında avlanan ticari balık türlerinin miktarları (kg) (MITOM 2016) ve Demirköprü Baraj Gölü'nün Türkiye tatlı su ürünleri avcılığındaki payı (%) (TÜİK 2018).

Yıllar	Demirköprü Baraj Gölü (kg)					Türkiye Tatlısu Avcılığındaki Pay (%)
	Sazan	Sudak	Yayın	Gümüşü Havuz	Toplam	
2008	5308	96225	220	-	101753	2,5
2011	28700	1794	21307	16944	68745	1,9
2012	8344	143	6109	39097	53693	1,5
2013	15410	12	7346	23864	46632	1,3
2014	42658	33	17891	66852	127434	3,5
2015	27335	-	7803	24454	59592	1,7
2016	34970	-	9510	4015	48495	1,4

Uzatma ağıları

Demirköprü Baraj Gölü'nde sazan, gümüşü havuz, tatlı su kolyozu gibi türleri avlamak için kullanılan ağılar E=0,33 donam faktörü ile donatılmaktadır. 1 takım ağı uzunluğunun 66-68 metre olduğu multifilament ağılarda beyaz renkte poliamid iplik kullanılmaktadır. 5 no yaka ipi kullanılan ağılarda, ağı yaka ipine donatmakta 210d/9 numara poliamid ip tercih edilmektedir. Ağılarda

batırıcı olarak 50 gr kurşun, yüzdürücü olarak 3 no polipropilen malzeme bulunmaktadır. Ağılardaki yükseklik göz sayısı (100 göz olan tatlısu kolyozu ağıları haricinde) 50 gözdür.

Bu temel özelliklerin yanısıra türe özgü uzatma ağılarındaki özellikler ise sırası ile tanımlanmıştır.

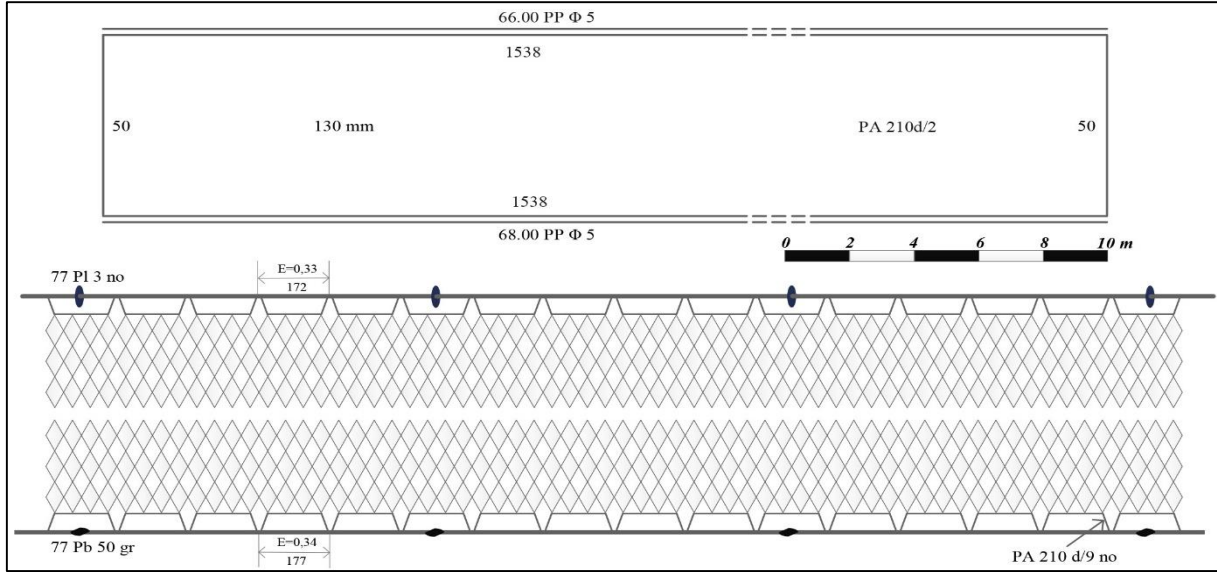
Sazan uzatma ağıları

Av sezonu boyunca ticari avcılar sazan avcılığında kullandığı multifilament (65, 70, 75 ve 80

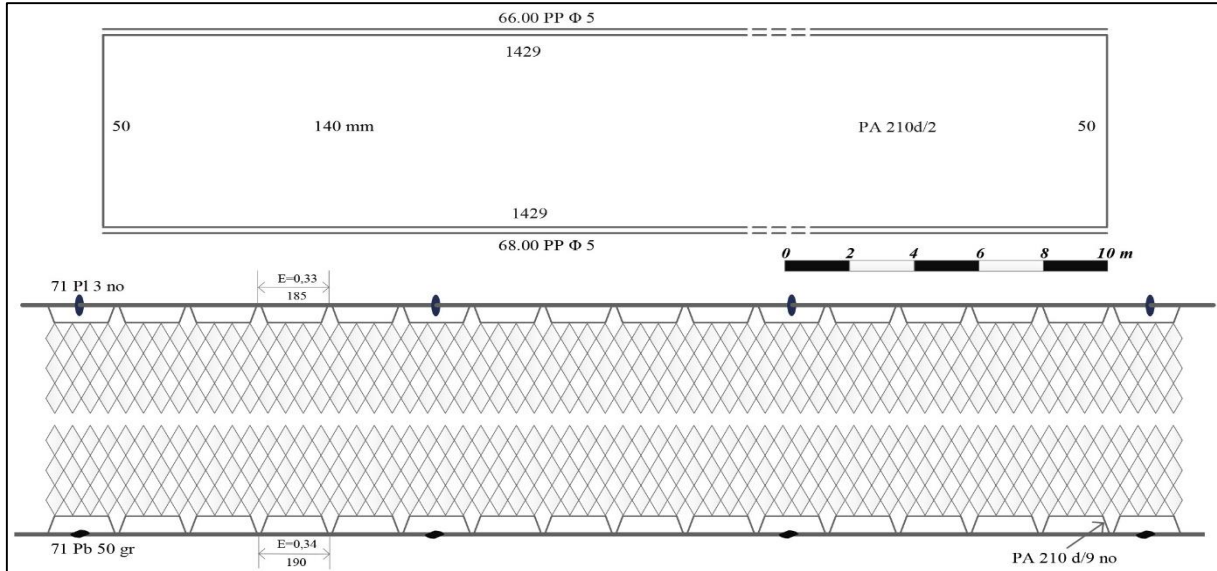
mm göz genişliği) ve monofilament (60, 65, 70, 75, 80, 85 ve 90 mm göz genişliği) 11 farklı sade uzatma ağı tanımlanmıştır (Şekil 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 ve 12). Sazan avcılığında kullanılan multifilament ağlarda 210d/2 numara (65 ve 70 mm göz genişliğinde) ve 210d/3 numara (75 ve 80 mm göz genişliğinde) ip kalınlığı tercih edilmektedir. Monofilament ağlarda ise 0,18 mm (60 ve 65 mm göz genişliğinde) 0,20 mm (70 ve 75 mm göz genişliğinde) ve 0,25 mm (75 mm üzeri göz

genişliklerinde) misina kalınlıkları tercih edilmektedir.

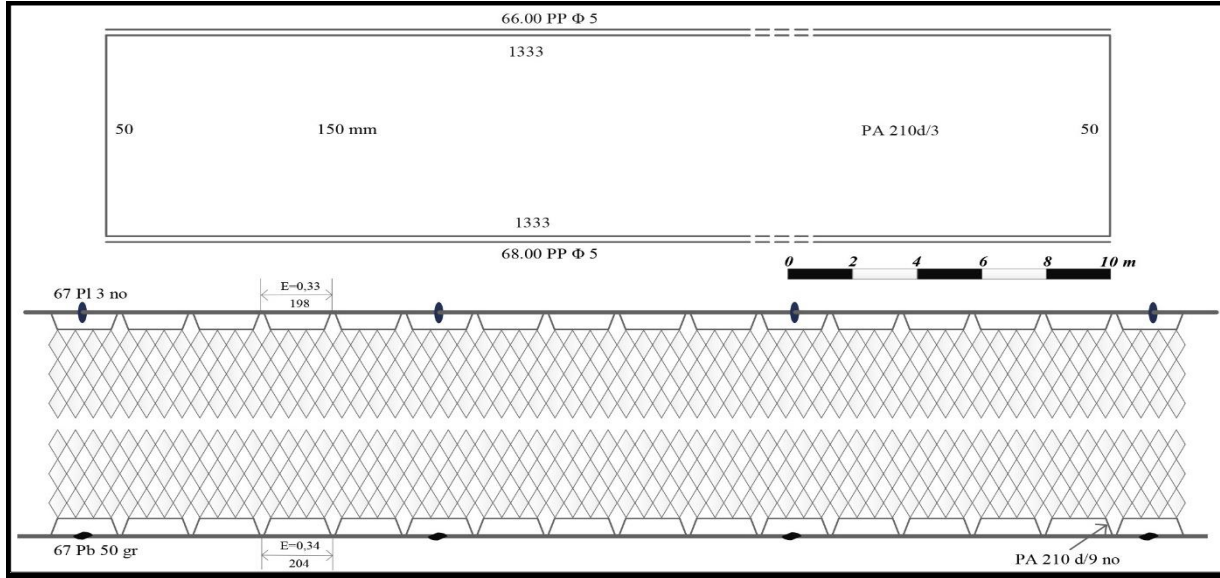
Av dönemi boyunca (Haziran 15 - Mart 15) kullanılan sazan ağları dökük yöntemi uygulanarak akşam gün batışı ile atılıp sabah gün doğuşu ile sudan çekilmektedir. Balıkçılar av operasyonunu su sıcaklığının daha yüksek olduğu Haziran - Eylül ayları arasında suyun sığ kesimlerinde (5 m), su sıcaklıklarının düştüğü aylarda ise gölün daha derin kesimlerinde (5 m - 15 m) gerçekleştirmektedirler.



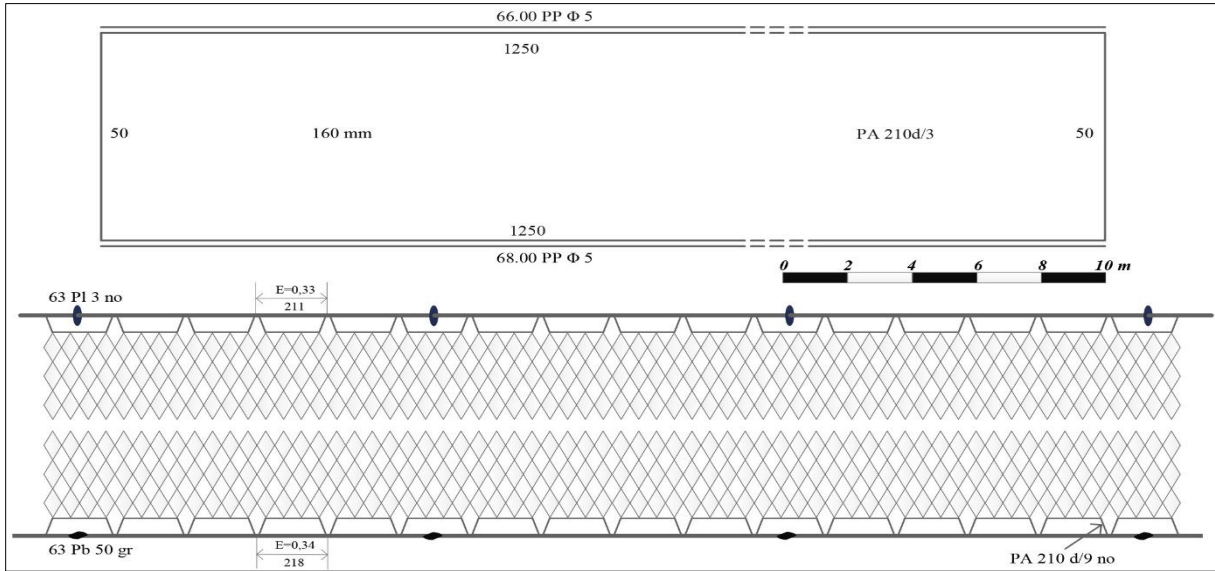
Şekil 2. Göz genişliği 65 mm olan sade multifilament uzatma ağının ölçekli (üstte) ve detaylı (altta) teknik planı



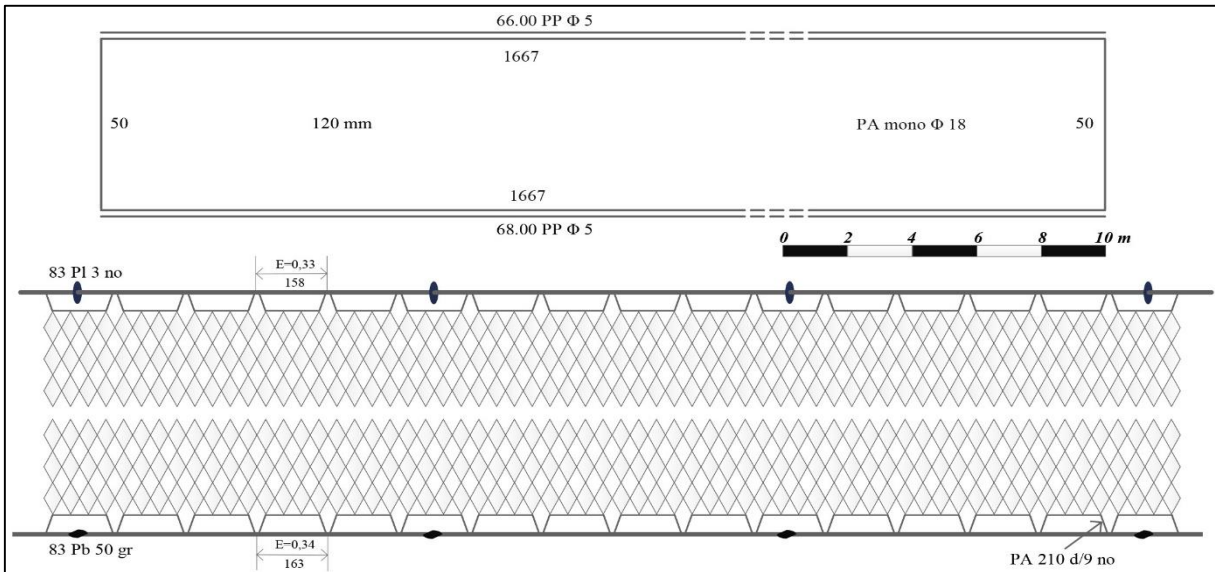
Şekil 3. Göz genişliği 70 mm olan sade multifilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



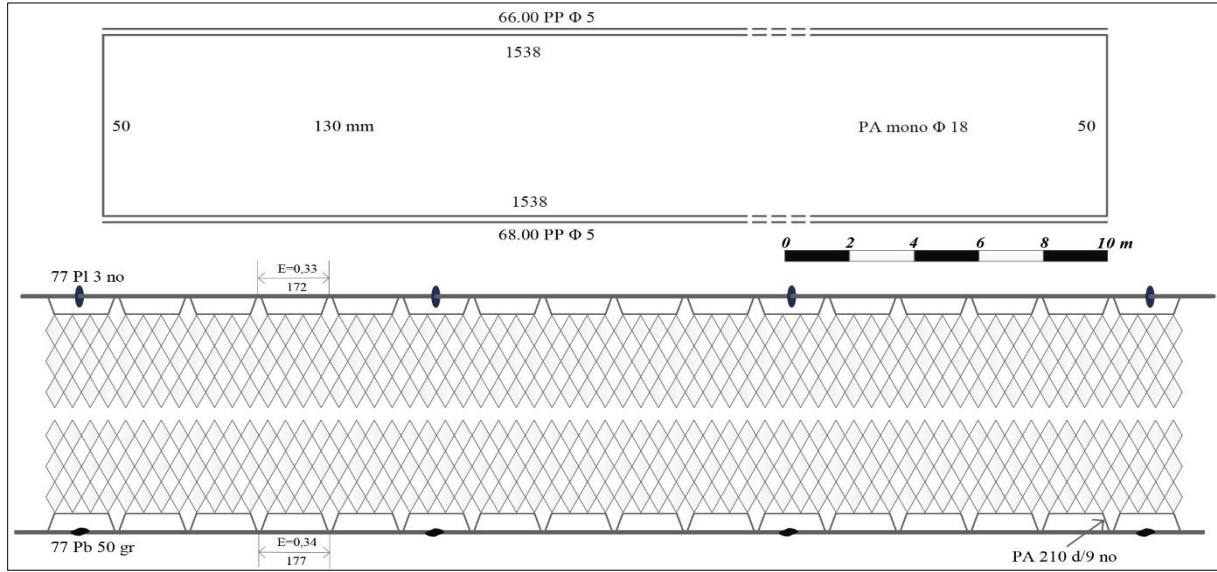
Şekil 4. Göz genişliği 75 mm olan sade multifilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



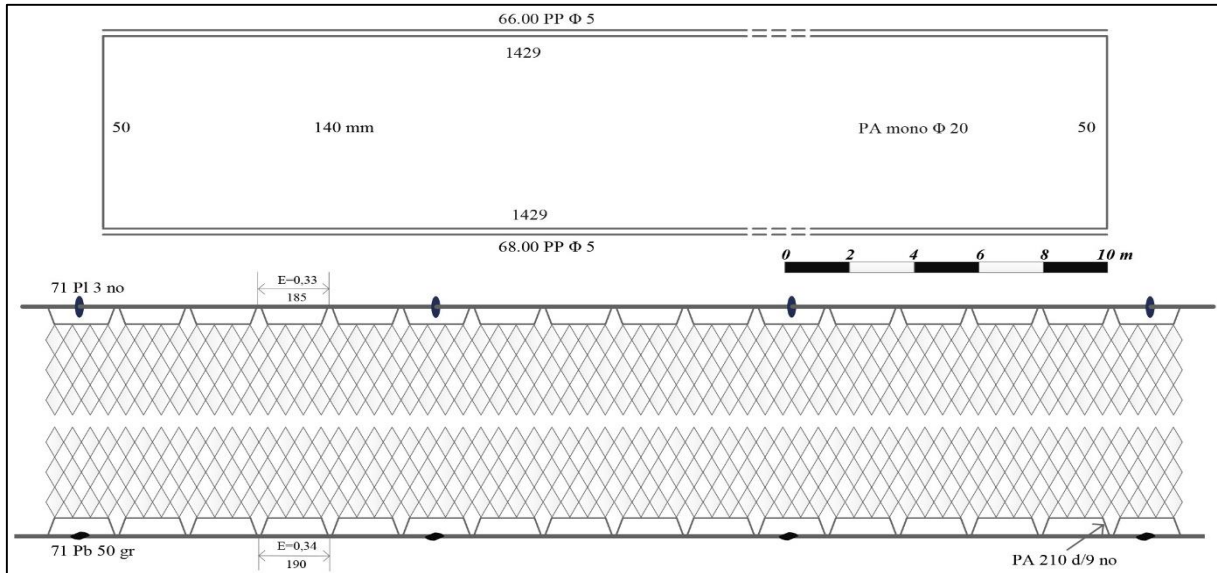
Şekil 5. Göz genişliği 80 mm olan sade multifilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



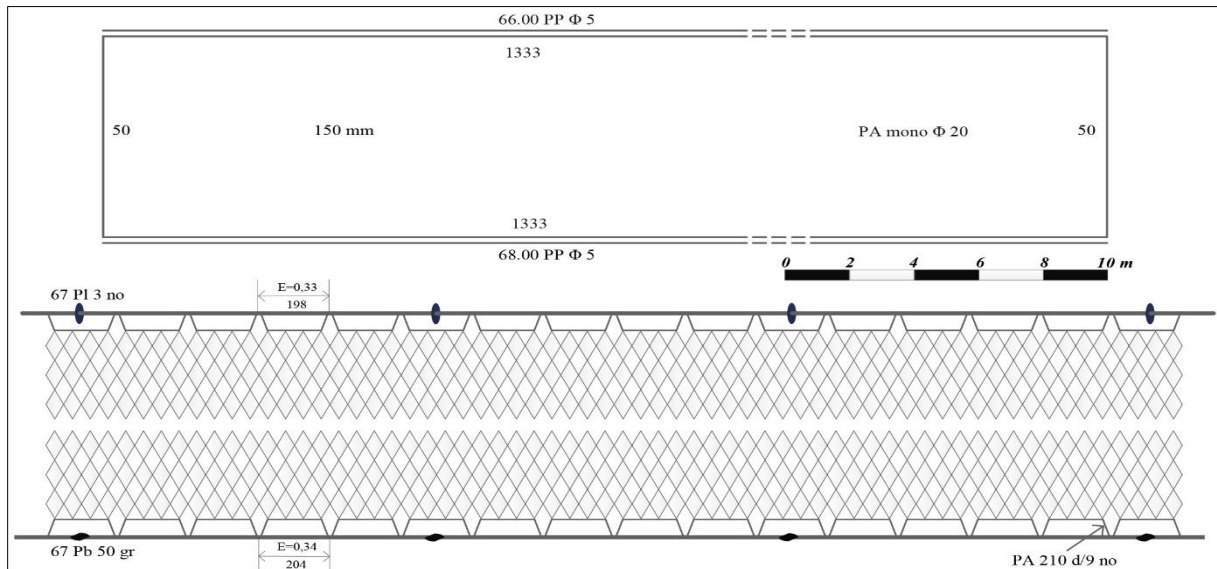
Şekil 6. Göz genişliği 60 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



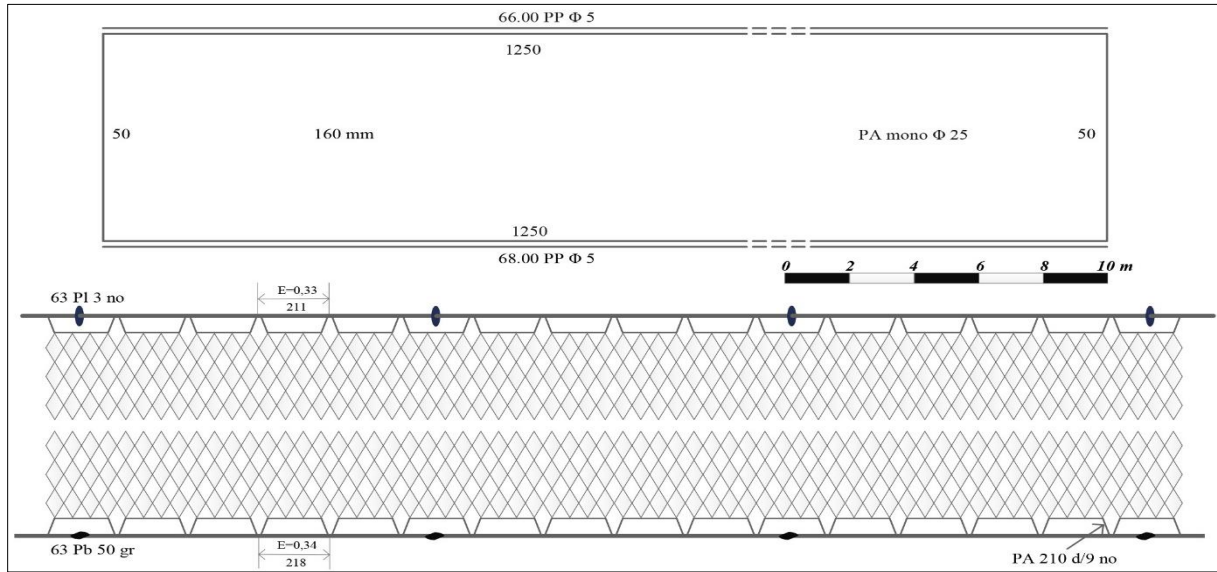
Şekil 7. Göz genişliği 65 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



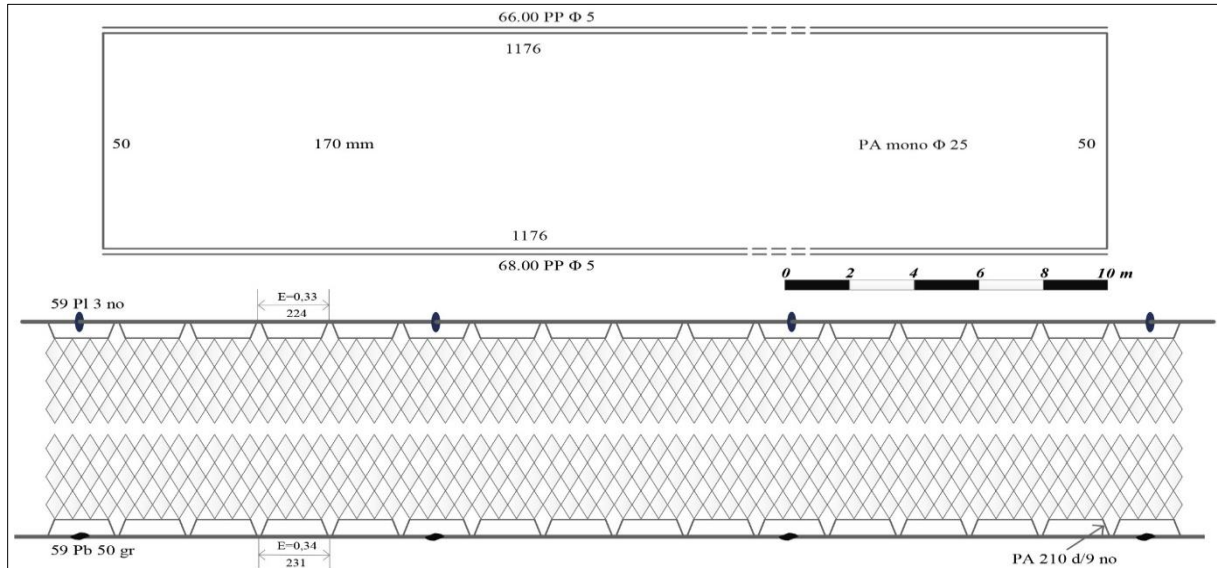
Şekil 8. Göz genişliği 70 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



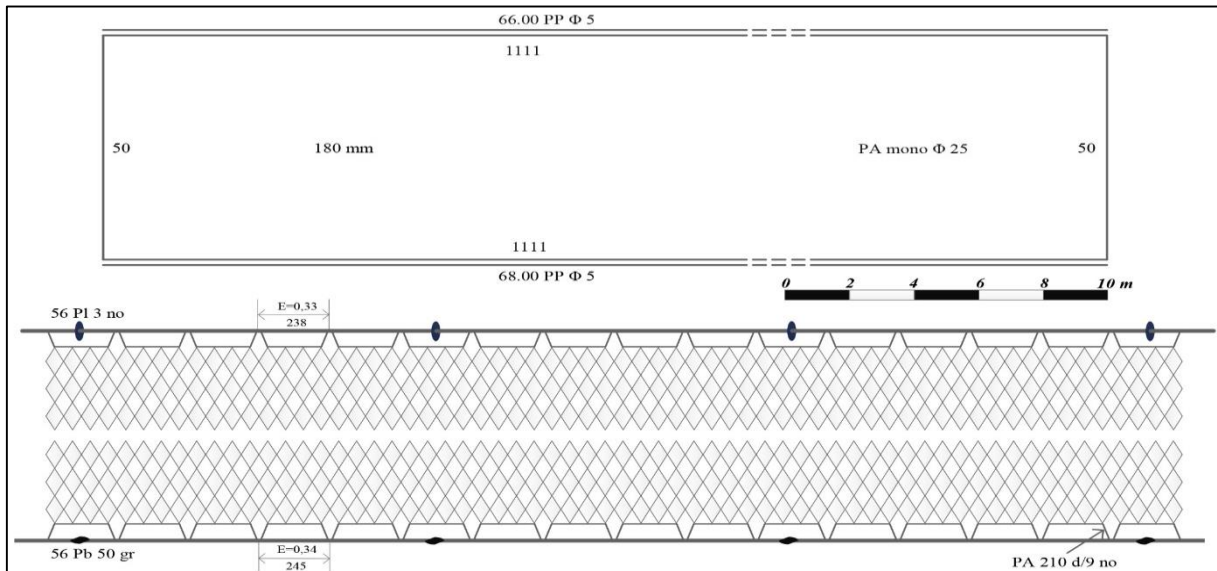
Şekil 9. Göz genişliği 75 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



Şekil 10. Göz genişliği 80 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



Şekil 11. Göz genişliği 85 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

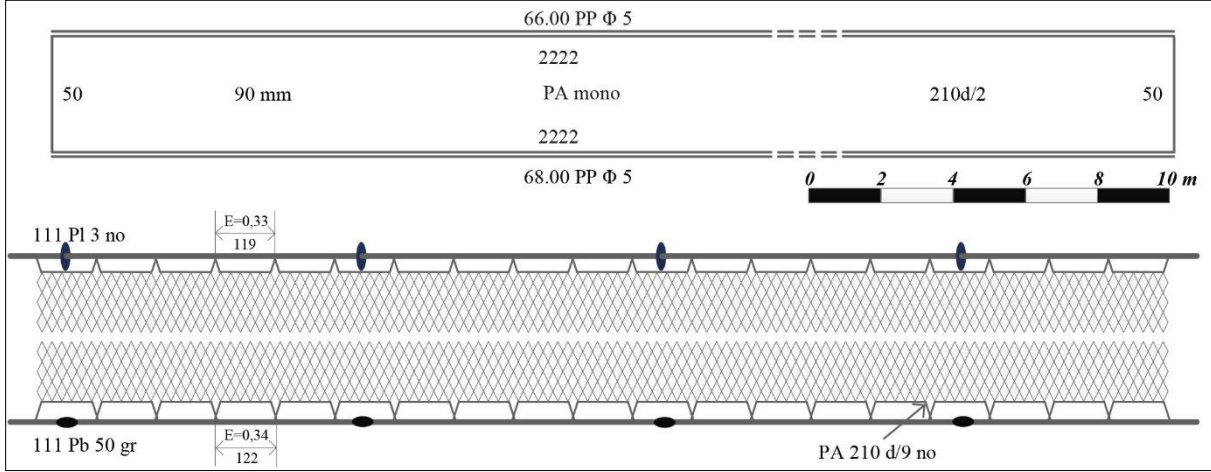


Şekil 12. Göz genişliği 90 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

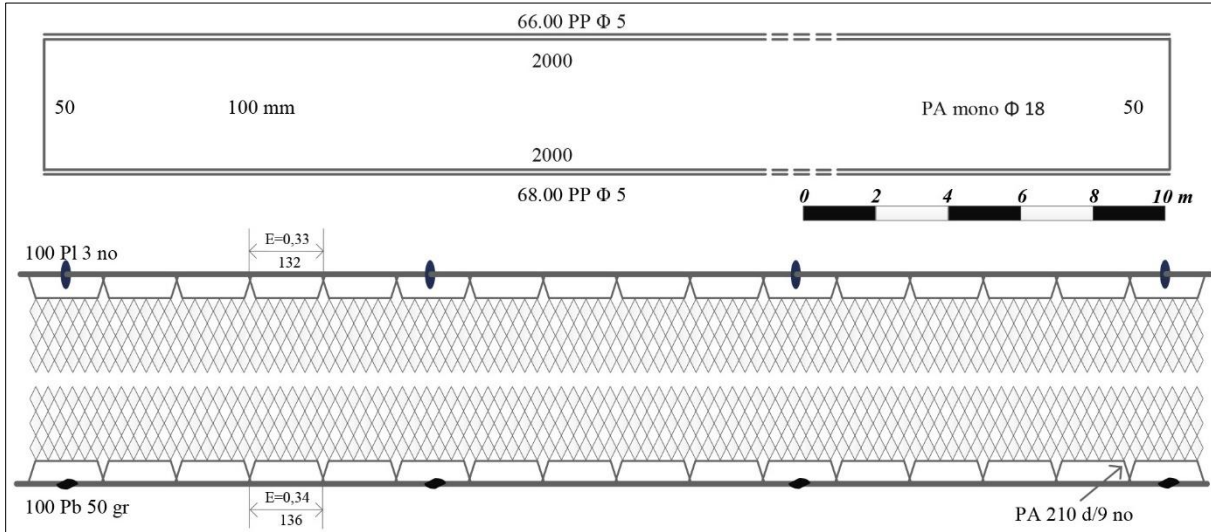
Gümüşi havuz balığı uzatma ağıları

Özellikle 300 gr üstü bireylerin yurtdışı pazarında (Orta Doğu Ülkeleri) talep görmesinden dolayı 45 mm, 50 mm ve 55 mm göz genişliğinde, 0,18 mm misina kalınlığına sahip monofilament ağlar tercih edilmektedir. Düşük ticari değeri olan gümüşi

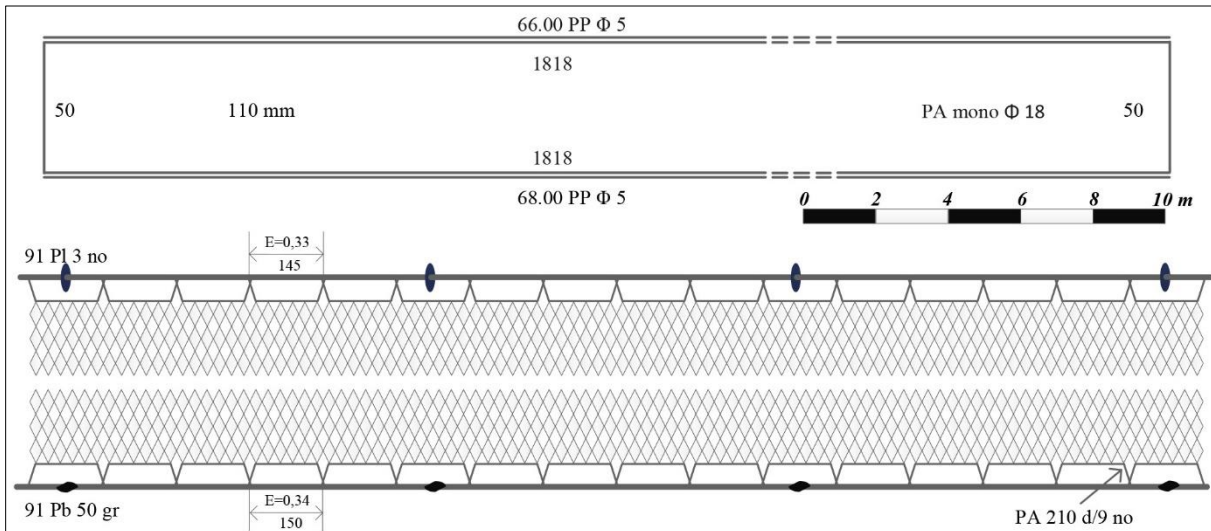
havuz balığı için uzatma ağıları, sazının av veriminin düştüğü Kasım - Şubat aylarında ek gelir sağlamak amacıyla dönecek yöntemi ile kullanılmaktadır. Avlanan 300 gr altı gümüşi havuz balıkları ticari değeri bulunmadığı ve talep görmediği için ıskarta edilmektedir (Şekil 13, 14 ve 15).



Şekil 13. Göz genişliği 45 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



Şekil 14. Göz genişliği 50 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

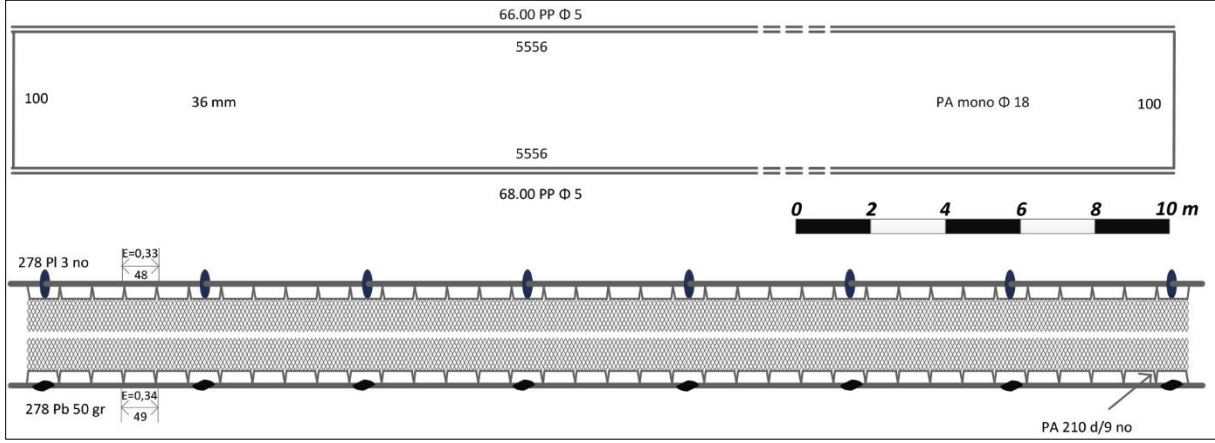


Şekil 15. Göz genişliği 55 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

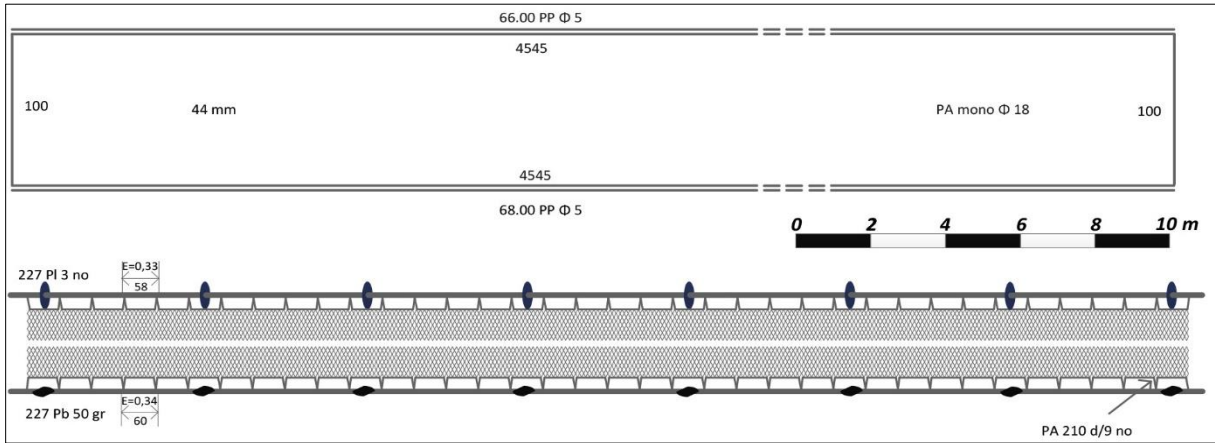
Tatlısu kolyozu uzatma ağları

Tatlısu kolyozu, ticari değerinden ziyade yayının paragat ile avcılığında canlı yem olarak kullanılmak üzere avlanmaktadır. Bu türün avcılığında 18, 22 ve 26 mm göz genişliğinde monofilament uzatma ağları Ekim - Kasım aylarında

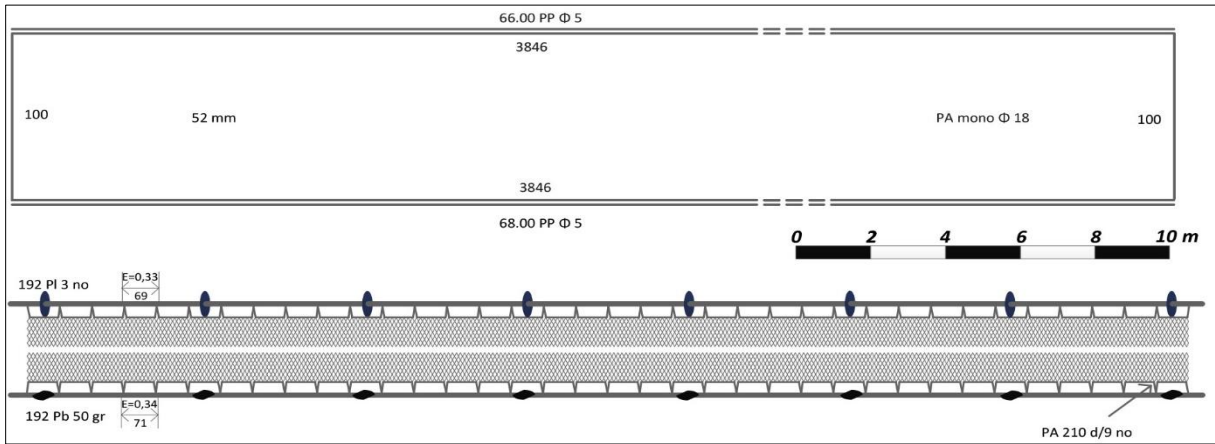
kullanılmaktadır. Bu ağlarda 0,16 mm misina kalınlığı tercih edilmektedir. Tatlısu kolyozu avcılığında kullanılan uzatma ağları göle su getiren dere ağızlarındaki 2-3 m derinliğe sahip alanlarda gün içerisinde atılıp 1 - 2 saat sonra kaldırılmaktadır (Şekil 16, 17 ve 18).



Şekil 16. Göz genişliği 18 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı



Şekil 17. Göz genişliği 22 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

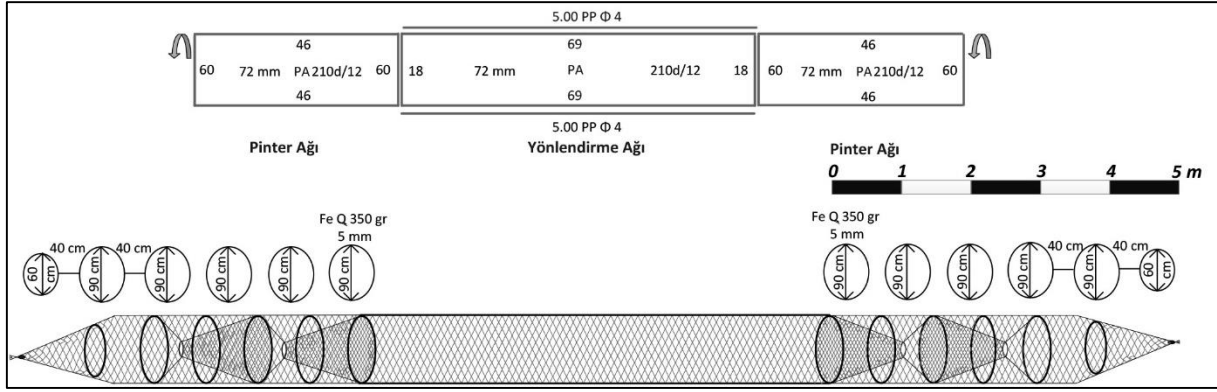


Şekil 18. Göz genişliği 26 mm olan sade monofilament uzatma ağının ölçekli ve detaylı teknik planı

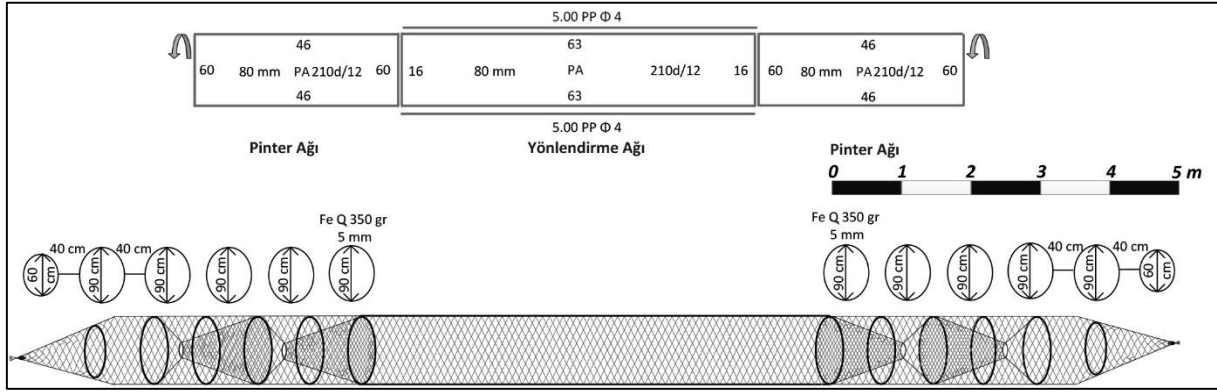
Pinter

Yayın balığı hedeflenerek 28, 32, 34, 35, 36 ve 40 mm ağ göz genişliklerindeki pinterler Haziran - Eylül döneminde suda 1 - 7 gün bırakılmak suretiyle kullanılmaktadır. Tek ağızlı olan

bir pinter takımında aralarında 7'şer göz (yaklaşık 40 cm) mesafe bulunan 5 mm kalınlıkta ve daire şeklinde 6 adet metal çember bulunmaktadır. Ağız kısmından itibaren ilk beş çemberin çapı 90 cm, torba kısmındaki altıncı çemberin çapı ise 60 cm'dir.



Şekil 23. Göz genişliği 36 mm olan multifilament pinterin ölçekli ve detaylı teknik planı



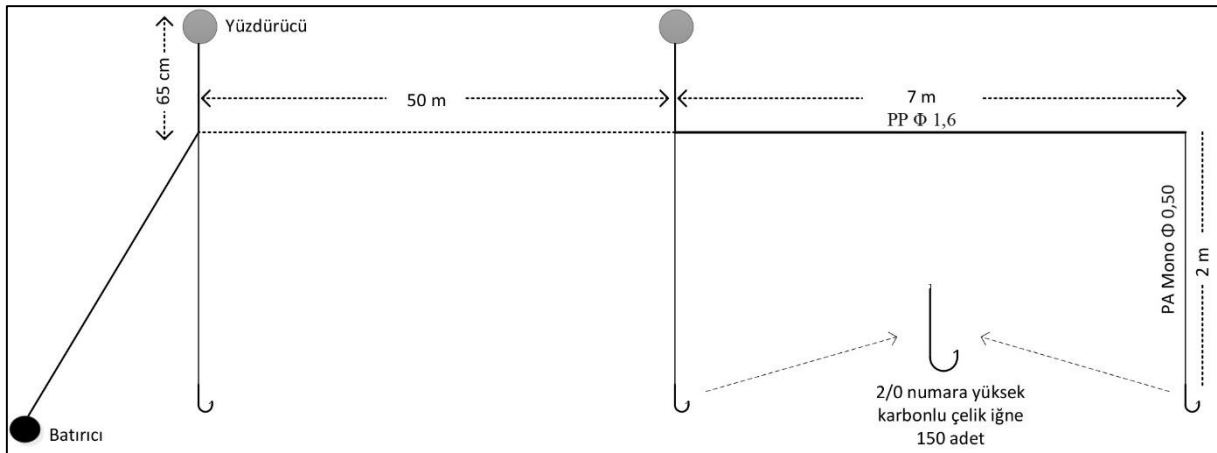
Şekil 24. Göz genişliği 40 mm olan multifilament pinterin ölçekli ve detaylı teknik planı

Paragat

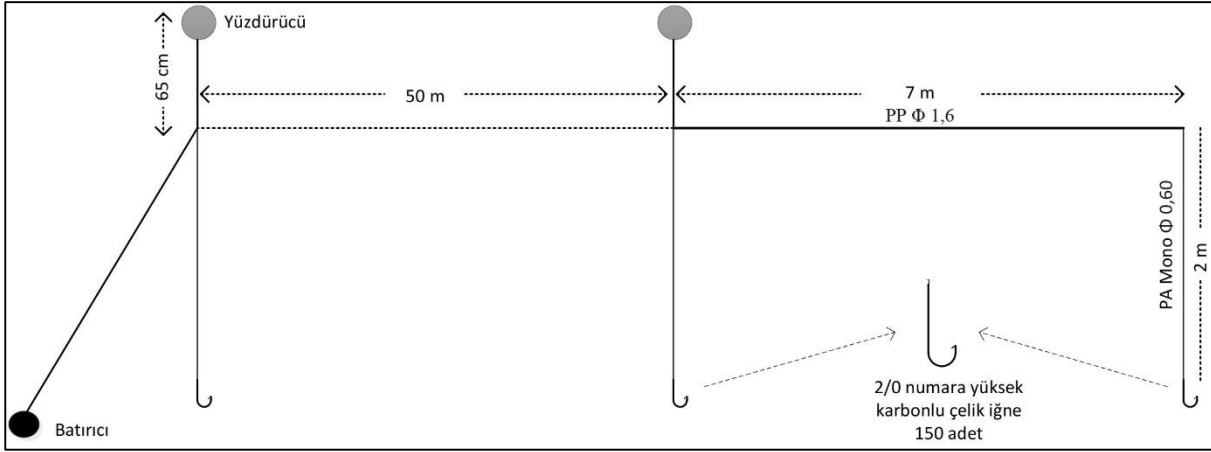
Paragat takımları kurbağa, solucan, sülük ve tatlısu kolyozu gibi yemler takılarak kullanılmaktadır. Yavın balığı hedeflenerek kurbağa, solucan, sülük yemleri 15 Eylül'e kadar ilave yüzdürücüler ile yüzeye bırakılmaktadır. Sonrasında yüzdürücüler kaldırılarak ve tatlısu kolyozu yemi ilave edilerek 15 Kasım'a kadar dipte

kullanılmaktadır.

1 takım paragatda 7 metre aralıklar ile 150 karbon iğne bulunmaktadır. İğneler 2/0 numara yüksek karbon çelik, altın renk ve içe dönük papağan ağız şeklindedir. Bu takımlarda 0,50 ve 0,60 numara PA monofilament misina tercih edilmektedir ve kösteklerin uzunluğu 2 metredir. Paragatlar ile dönek yöntemiyle avcılık yapılmaktadır (Şekil 25 ve 26).



Şekil 25. 0,50 numara PA monofilament misina paragat takımının teknik planı



Şekil 26. 0,60 numara PA monofilament misina paragat takımının teknik planı

Tartışma ve Sonuç

Demirköprü Baraj Gölü'nde ticari balıkçıların avcılık sezonunda (15 Haziran - 15 Mart) dört hedef türe (sazan, yayın, gümüşü havuz balığı, tatlısu kolyozu) yönelik farklı teknik özelliklerde üç av aracını (uzatma ağı, pinter ve paragat) kullandıkları belirlenmiştir. Sazan, gümüşü havuz balığı ve tatlısu kolyozu avcılığında uzatma ağı; yayın avcılığında ise pinter ve paragat kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 17 uzatma ağı, 6 pinter takımı ve 2 paragat takımının tipleri ve teknik özellikleri FAO standartlarına göre tanımlanmıştır.

Demirköprü Baraj Gölü'nde 18-90 mm göz genişliği arasında mono ve multifilament uzatma ağları kullanılmaktadır. Uzatma ağlarında hedef türün vücut büyüklüğüne bağlı olarak daha büyük göz genişlikleri tercih edildiği görülmüştür. Tatlısu kolyozu için 18-26 mm, gümüşü havuz balığı için 45-55 mm ve sazan için 60-90 mm aralığındaki göz genişliğine sahip uzatma ağları kullanılmaktadır. Diğer çalışmalar incelendiğinde ağ göz genişliklerinin standart olmadığı ve gölden göle değişkenlik gösterdiği anlaşılmaktadır. Atatürk Baraj Gölü Adıyaman Bölgesi'nde hedeflenen türe, dip veya yüzeye atım şekline göre ağ göz genişliğinin 36-250 mm arasında (Bayhan ve Göçer 2012), Bozova bölgesinde ise monofilament ağlarda 14-70 mm, multifilamentlerde ise 17-110 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Çelik ve Duman 2001). Keban Baraj Gölü Kemaliye Bölgesi'nde misina (monofilament) sade uzatma ağlarında 38-110 mm, fanyalı ağlarda ise 170-210 mm (fanya) ve 38-65 mm (tor) arasında değiştiği bildirilmiştir (Duman ve Karadağ 2017). Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi'nde ise sade ağlarda 40-80 mm aralığında; fanyalı ağlarda ise 180-220 mm (fanya) 50-70 mm (tor) arasında olduğu belirtilmiştir (Dartay vd. 2010). Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi'nde ise fanyalı ağlarda 100-160 mm (fanya) ve 20-40 mm (tor) aralığında değişmektedir (Pala 1996). Demirköprü Baraj Gölü ile aynı il (Manisa) sınırları içerisinde yer alan Marmara

Gölü'nde ise 65-90 mm göz genişliğinde monofilament ağlar kullanılmaktadır (İlhan ve Sarı 2013). Çalışmalar incelendiğinde ağ göz genişliklerinin aynı gölün farklı avlak sahalarında bile farklılık gösterebildiği anlaşılmaktadır. Bu nedenle, göldeki hedef türün çeşidinin yanı sıra türün boy dağılımları ile yöre balıkçısının tecrübe ve kullanım alışkanlıklarının da ağ göz genişliği seçiminde etkili olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmada uzatma ağlarının donam faktörleri ise mantar yakada 0,33, kurşun yakada 0,34 olarak hesaplanmıştır. Diğer çalışmalarda donam faktörleri, Atatürk Baraj Gölü Adıyaman Bölgesi'nde 0,40-0,42 ve Bozova Bölgesi'nde monofilament sade ağlarda 0,40-0,74 multifilament sade ağlarda 0,40-0,80 arasında bulunmuştur (Çelik ve Duman 2001; Bayhan ve Göçer 2012). Keban Baraj Gölü'nde ise Pertek Bölgesi'nde sade ağlarda 0,50-0,63; fanyalı ağlarda 0,42-0,50 ve Kemaliye Bölgesi'nde sade ağlarda 0,45-0,73; fanyalı ağlarda 0,50-0,67; Ova Bölgesi'nde 0,44-0,70 arasında olduğu bildirilmiştir (Pala 1996; Dartay vd. 2010; Duman ve Karadağ 2017).

Demirköprü Baraj Gölü'nde av araçlarının balıkçılık sezonu (Haziran - Mart) içerisindeki kullanım dönemleri de değişkenlik göstermektedir. Sazan uzatma ağları tüm dönem boyunca kullanılırken, tatlısu kolyozu uzatma ağları Ekim - Kasım, gümüşü havuz balığı uzatma ağları ise Kasım - Şubat döneminde kullanılmaktadır. Söz konusu uygulamalarda tatlısu kolyozunun Ekim - Kasım döneminde paragatda yem olarak kullanılmasının ve gümüşü havuz balığının ancak Kasım - Şubat döneminde pazarlama şansı bulabilmesinin belirleyici olduğu görülmüştür.

Gölde pinter ve paragat av araçlarının kullanımı ise Haziran - Ekim dönemiyle sınırlıdır. Bu sınırlamada balıkçıların "türün derine kaçması" olarak ifade ettikleri yayın balığının Kasım'dan itibaren gerçekleştirdiği vertikal göç davranışı ve akabinde 5 m'den daha derinde av operasyonu

yapılamaması etkindir. Balık davranışları avcılıkta önemli ve belirleyici (Özdemir 2003) olup Atatürk Baraj Gölü'nde paragatların yayın balıklarının beslenmek amacıyla hareket kazandığı avlama sezonu başında (Eylül, Ekim, Kasım) ve Mart ayından itibaren kullanıldığı bildirilmiştir (Çelik ve Duman 2001). Türlen Demirköprü Baraj Gölü'ndeki söz konusu vertikal göç davranışını ise genel davranış biçimi olarak ve sudaki çözünmüş oksijen seviyesine bağlı olarak yaptığı düşünülmektedir. Genel davranış biçimi olarak yayın balığının kış mevsiminde göllerde su kolonunun alttaki üçte birlik bölümünde bulunduğu veya yumuşak çamur zemin üzerinde yattığı bildirilmiştir (Lelek vd. 1964; Lelek 1987; Copp vd. 2009). Demirköprü Baraj Gölü'nde dip suyunda çözünmüş oksijen seviyesi yaz (ortalama 0,99 mg/l) ve sonbahar (ortalama 2,14 mg/l) mevsimlerinde çok düşük seviyelerde olup, kışın 6,58 mg/l'ye yükseldikten sonra ilkbaharda 4,27 mg/l seviyesine inmektedir (Erdoğan 2016). Yaz ve sonbahar mevsimlerinde çözünmüş oksijen seviyesindeki düşüşe bağlı olarak yayın balıklarının derinlerden daha sığ alanlara (0-6 m) göç ettiği ve bu nedenle pinter ve paragat av araçlarında av verdiği düşünülmektedir. Kış mevsimi itibarıyla dip suyundaki oksijen seviyesinin türün tolerans limiti olan 3 mg/l'nin üzerine çıkmasıyla yayın balıklarının bu kez derine göç ettiği ve sığ sularda av vermediği düşünülmektedir.

Demirköprü Baraj Gölü'nde av araçlarının kullanım derinliği de sezon içerisinde farklılık göstermektedir. Pinter takımları atılıp kaldırılma zorluğundan dolayı maksimum 5 metre derinliğe sahip sığ kesimlerinde kullanılıyor iken, paragatlar 15 Haziran - 15 Eylül döneminde ilave yüzdürücüler ile yüzeyde, yayın balığının derine göçü ile birlikte 15 Eylül - 15 Kasım döneminde yüzdürücüleri kaldırılarak dipte kullanılmaktadır. Sazan uzatma ağları ile avcılık ise Haziran - Eylül ayları arasında suyun sığ kesimlerinde (<5 m), su sıcaklıklarının düştüğü aylarda ise gölün daha derin kesimlerinde (5 m - 15 m) gerçekleştirilmektedir. Yağışlı dönemlerde Gediz Nehri ve dereler vasıtasıyla göle gelen dal, çamur vb etkenlerin av araçlarında kopma, kaybolma, tıkanma vb zararlara sebep olması nedeniyle balıkçıların av operasyonlarını nehir ağızlarındaki sığ kesimlerde yapmaktan kaçındıkları gözlemlenmiştir.

Demirköprü Baraj Gölü balıkçılığında resmi üretim rakamlarına göre göre sazan, sudak, yayın ve gümüşü havuz balığı türlerinin avlandığı görülmektedir. Sudak türü 2008 yılında av kompozisyonu içerisinde baskın tür iken son yıllarda av vermemiştir. 2014 yılında yürütülen bir çalışmada (Anonim 2014b) gölde sudak avcılığında kullanıldığı bildirilen uzatma ağlarına (20, 25 ve 28 mm göz

genişliğinde) bu çalışmada rastlanılmamış olup türün av vermemesinden dolayı söz konusu ağların artık balıkçılar tarafından kullanılmadığı belirlenmiştir. Göl balıkçılığı için önemli olan türün son yıllarda niçin av vermediğinin detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

Yıllık ortalama ise en fazla avlanan tür gümüşü havuz balığıdır. Bu tür, erken yaşta eşeyssel olgunluğa erişmesi, yumurta veriminin yüksek olması, hızla çoğalması ve istilacı özelliği ile bilinmektedir (Emiroğlu vd. 2012; Kırankaya ve Ekmekçi 2013). Demirköprü Baraj Gölü'nde diğer türlere göre daha düşük ticari değere sahip gümüşü havuz balıklarının sadece 300 gr üstü bireyleri Kasım - Şubat arasında Ortadoğu ülkelerine pazarlama imkanı bulabilmektedir ve kayıtlara geçmektedir. Bu durum göldeki popülasyonun sadece bir kısmının karaya çıkarıldığını göstermekte olup ekolojik açıdan sakıncalı bu türün göldeki potansiyelinin daha fazla olduğu düşünülmektedir.

Son iki yılda (2015 - 2016) Ortadoğu ülkelerine pazarlama sıkıntısı yaşanması nedeniyle gümüşü havuz balığı balıkçılarınca daha az avlanmış ve karaya çıkartılan miktarlarda önceki yıllara nazaran düşüşler görülmüştür. Yasal düzenlemede (Anonim 2016) türe ilişkin asgari avlama boyu bulunmamaktadır. Balıkçılar pazarlama imkanı olursa türü hedefleyen ağları (45, 50 ve 55 mm göz genişliğinde) av sezonu (Haziran - Mart) boyunca kullanabileceklerini ve 300 gr altı bireyleri de karaya çıkarabileceklerini belirtmişlerdir. İstilacı bu tür üzerinde oluşturulacak av baskısının göl ekosistemi açısından olumlu etki yapacağı düşünülmektedir. Ancak kullanılacak ağların göldeki ticari değeri daha fazla olan türlerin (sazan, yayın) küçük bireyleri üzerinde oluşturacağı av baskısı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Demirköprü Baraj Gölü'nde balık alım yerinde yapılan gözlemlerde balıkçılar tarafından karaya çıkarıldığı belirlenen bıyıklı balık ve tatlısu kolyozu türlerinin resmi üretim rakamlarında yer almadığı belirlenmiştir. Diğer türlere nispeten az miktarda avlanan bıyıklı balık, kooperatif tarafından "sazan" olarak kaydedildiği için resmi üretim rakamlarında yer almamaktadır. Yayın avcılığında yem olarak kullanılmak üzere avlanan tatlısu kolyozu ise, ticari olarak değerlendirilmediği için kooperatif tarafından kaydedilmemekte dolayısıyla Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü av kayıtlarında görülmemektedir. Başarılı bir balıkçılık yönetimi için balıkçıların ticari kaygı gütmeksizin yönetimden sorumlu kurumlara doğru veri akışı sağlaması gerekmektedir.

Ticari balıkçılığı düzenleyen Tebliğin 49. maddesinin. 8. fıkrası gereği (Anonim 2016) Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nün Demirköprü Baraj Gölü için belirlediği ve 2007 yılından beri uygulamakta olduğu asgari göz genişlikleri, sazan

ağlarında 65 mm, sudak ağlarında 36 mm ve gümüşü havuz balığı ağlarında 55 mm'dir. Tatlısu kolyozu ve yayın avcılığında kullanılan av araçlarına ilişkin asgari göz genişliği düzenlemesi bulunmamaktadır. Çalışmada belirlenen av takımlarından sazan için kullanılan 60 mm ve gümüşü havuz balığı için kullanılan 45 ve 50 mm monofilament uzatma ağlarının Müdürlükçe belirlenen asgari göz genişliklerinin altında olduğu görülmektedir. Balıkçının yasal düzenlemelere uyması ve ilk üreme boyu altındaki yavru balıkları avlamaması sürdürülebilir balıkçılık için önemlidir. Balıkçıların üyesi olduğu S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi'nin, balık alım yerindeki "65 mm altı göz genişliğine sahip ağların sazan avcılığında kullanılmaması" yönündeki uyarı yazılarının bu konuda yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır.

Saha çalışmalarında pinter av aracında hedef tür yayın balığının yanı sıra sazan ve gümüşü havuz balığının küçük boylarının da av verdiği gözlemlenmiştir. Sürdürülebilir balıkçılık için mevcut av araçlarının seçiciliklerinin araştırılması, ıskarta ve hedef dışı av miktarını azaltan av araçları geliştirilmesi önem arz etmekte olup detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma ile Demirköprü Baraj Gölü'nde kullanılan av araçlarının özellikleri detaylı bir şekilde ilk kez ortaya konmuş olup göl balıkçılığına ilişkin yapılacak çalışmalara ve balıkçılık yönetimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma 214O632 No'lu TÜBİTAK ve 2015-ÖDL-SUÜF-0003 No'lu İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma projeleri dahilinde gerçekleştirilmiş olup desteklerinden dolayı kurumlara teşekkür ederiz. Arazi çalışmaları sırasında gerekli veri akışını sağlayan S.S. Köprübaşı Su Ürünleri Kooperatifi yönetimi ile üye balıkçılarına ve Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden Su Ürünleri Yüksek Mühendisi Sayın Kadir Özdemir'e teşekkürü bir borç biliriz.

Kaynaklar

- Anonim. 2007. Gediz Deltası Sulak Alan Yönetim Planı. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Doğa Koruma Dairesi Başkanlığı, Sulak Alanlar Şubesi Müdürlüğü. 424 s (+18 s. ek).
- Anonim. 2014a. Gediz Havzası Su Kalitesi İzleme Raporu. İlkbahar Dönemi. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ç.E.D. İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü, Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Bakanlığı. 31s.
- Anonim. 2014b. Manisa İli Demirköprü Baraj Gölü Sürdürülebilir Balıkçılık Yönetimi Fizibilite Etüdü.

İzmir: Katip Çelebi Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. 140 s.

- Anonim. 2016. 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ. Ankara: Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (Tebliğ No: 2016/35).
- Ayaz A, Öztekin A, Cengiz Ö. 2012. Gökçeada ve Bozcaada'da (Kuzey Ege Denizi) kullanılan uzatma ağlarının yapısal özellikleri. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2(2):104-111.
- Balık S, Ustaoglu MR, Sarı HM, Berber S. 2005. Demirköprü Baraj Gölü (Manisa) tatlısu istakozu (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823)'nun bazı büyüme ve morfometrik özelliklerinin belirlenmesi. EgeJFAS. 22(1-2):83-89.
- Balık S, Ustaoglu MR, Sarı H, Berber S. 2006. Demirköprü Baraj Gölü'nde (Manisa) yaşayan tatlısu istakozunun (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) bazı üreme özellikleri. EgeJFAS. 23(3-4):245-249.
- Bayhan YK, Göçer M. 2012. Atatürk Baraj Gölü (Adıyaman) balıkçılığı ve kullanılan av araçlarının teknik özellikleri. Journal of FisheriesSciences.com. 6(3):232-242.
doi: 10.3153/jfsc.com.2012027
- Copp GH, Britton JR, Cucherousset J, Garcı'a-Berthou E, Kik R, Peeler E, Stakénas S. 2009. Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced range. Fish Fish. 10(3):252-282.
doi: 10.1111/j.1467-2979.2008.00321.x
- Çelik A, Duman E. 2001. Atatürk Baraj Gölü Bozova Bölgesi'nde kullanılan balık yakalama aletlerinin yapısı. EgeJFAS.18:407-419.
doi: 10.3153/jfsc.com.2010041
- Dartay M, Duman E, Ateşşahin T. 2010. Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi uzatma ağları balıkçılığı ve av verimi. Journal of FisheriesSciences.com. 4(4):384-390.
doi: 10.3153/jfsc.com.2010041
- DSİ 2016a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve su kaynakları; [Erişim Tarihi: 25 Mart 2016]. Erişim Adresi: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- DSİ 2016b. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 2. Bölge Müdürlüğü. Demirköprü Baraj Gölü 2008 Yılı Derinlik Haritaları.
- Duman E, Karadağ Y. 2017. The fishing gears using in Kemaliye Region of Keban Dam Lake. Ege J Fish Aqua Sci. 34(2):195-201.
doi:10.12714/egejfas.2017.34.2.11
- Emiroğlu Ö, Tarkan AS, Top N, Başkurt S, Sülün Ş. 2012. Growth and Life History Traits of a Highly Exploited Population of Non – Native Gibel carp, *Carassius gibelio* from a Large Eutrophic Lake (Lake Uluabat, NW Turkey): Is Reproduction the Key Factor for Establishmant Success? Turk J Fish Aquat Sc. 12:925-936.
doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_20
- Erdoğan M. 2016. Demirköprü Baraj Gölü'nün bazı

- fizikokimyasal parametrelerinin incelenmesi (İzmir/Türkiye) [Yüksek Lisans Tezi]. İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi. 66 s.
- FAO 1978. FAO Catalogue of Fishing Gear Designs. England: Fishing News Books Ltd. 160 pp.
- Geldiay R, Balık S. 2009. Freshwater Fishes of Turkey. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No:46 644 s.
- Güçlü SS, Küçük F. 2015. The Ichthyofauna of Gediz River (Turkey): Taxonomic and Zoogeographic Features. Annual Research & Review in Biology, 6(3):202-214.
doi: 10.9734/ARRB/2015/14889
- İlhan A, Sarı HM. 2013. Marmara gölü balık faunası ve balıkçılık faaliyetleri. EgeJFAS. 30(4):187-191.
doi: 10.12714/egejfas.2013.30.04.08
- İnnal D, Keskin N, Erk'akan K. 2007. Distribution of *Ligula intestinalis* (L.) in Turkey. Turk J Fish Aquat Sc. 7:19-22.
- Keskin N, Erk'akan F. 1987. Ülkemiz tatlısu balıklarında Ligulosis. Hacettepe Fen ve Müh Bil Derg. 8:57-70.
- Kırankaya ŞG, Ekmekçi FG. 2013. Life – History traits of the invasive population of prussian carp, *Carassius gibelio* (Actinopteri: Cypriniformes: Cyprinidae), from Gelingüllü Reservoir, Yozgat, Turkey. Acta Ichthyol Piscat. 43(1):31-40.
doi: 10.3750/AIP2013.43.1.05
- Lelek A. 1987. The Freshwater Fishes of Europe. Wiesbaden: AULA-Verlag 343 s.
- Lelek A, Libosvarsky J, Penaz M, Bezdek R, Machacek Z. 1964. Observation on fish under ice in winter. Ekol Pol. 12:305–312.
- Mete OS, Yüksel F. 2014. Seyhan Baraj Gölü'ndeki ticari ve sportif balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi. Bilim ve Gençlik Dergisi. 2(1):27-42.
- MİTOM 2016. Manisa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü 2008-2016 yılları balıkçılık kayıtları.
- Nedelec C. 1975. FAO Catalogue of small-scale fishing gear. England: Fishing News (Books) Ltd. Surrey 191p.
- Nomura M, Yamazaki T. 1975. Fishing techniques. Tokyo: Japan International Cooperation Agency 39-125 p.
- Özdemir S. 2003. Çeşitli av araçlarının avlanma etkinliğinin balık davranışları yönünden incelenmesi (Samsun/Türkiye) [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 80 s.
- Pala M. 1996. Keban Baraj Gölü Ova Bölgesi'nde kullanılan balık yakalama aletlerinin Yapısı ve verimlilikleri (Elazığ /Türkiye) [Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi. 69 s.
- Sarı HM. 1995. Demirköprü Baraj Gölü'ndeki (Manisa) sudak balığı (*Stizostedion lucioperca* (L.), 1758) populasyonunun biyolojik özelliklerinin incelenmesi (İzmir/Türkiye) [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi. 104 s.
- Şipal GU, Balık S, Ustaoglu MR. 1999. Demirköprü Baraj Gölü'nün (Salihli Manisa) fitoplanktonu. Istanbul University Journal of Aquatic Products. 199-207 p.
- Tenekecioğlu ER. 2011. Demirköprü Baraj Gölü'nde (Manisa) mevsimsel plankton topluluk yapısı değişimleri (İzmir/Türkiye) [Doktora Tezi]. Ege Üniversitesi. 146 s.
- Tosunoğlu Z, Kaykaç H, Göncüoğlu BH, Ayan M, Aydın C. 2017. Gediz Deltası balıkçılığı. İzmir: Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Sonuç Raporu. Proje No: 2015/SÜF/024.
- TÜİK. 2018. Türkiye İstatistik Kurumu su ürünleri istatistikleri. [Erişim Tarihi: 8 Ağustos 2018]. Erişim Adresi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005
- Ustaoglu MR, Balık S, Aygen C, Özdemir MD. 2001. The cladoceran and copepoda (Crustacea) fauna of Demirköprü Dam Lake (Manisa). Paper presented at: XI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu; Hatay, Turkey.
- Ünal V, Akyol O, Hoşsucu H. 2001. Balıkçılık yönetiminde ihtiyaç duyulan biyo-ekonomik veriler. E Ü Su Ürün Derg. 18(1-2):243-253.



Growth Performance, Body Composition, Haematological and Serum Parameters to Fish Meal Replacement by Soybean Meal and Cottonseed Meal in Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*)

Nesrin Emre¹  Derya Güroy²  Fatma Banu Yalım³  Yılmaz Emre^{4*}  Betül Güroy² 
Serhan Mantoğlu²  Onur Karadal⁵ 

¹ Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Akdeniz University, 07058, Konyaaltı, Antalya, Turkey

² Department of Food Processing, Armutlu Vocational School, Yalova University, 77500, Armutlu, Yalova, Turkey

³ Ministry of Agriculture and Forestry, Mediterranean Fisheries Research, Production and Training Institute, 07571, Demre, Antalya, Turkey

⁴ Department of Biology, Faculty of Sciences, Akdeniz University, 07058, Konyaaltı, Antalya, Turkey

⁵ Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey

ABSTRACT

In this study, the effects of replacement of fish meal by soybean meal and cottonseed meal on growth, body composition, blood and serum parameters of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) were investigated. Five experimental diets were formulated to be isonitrogenous (49 % protein) and isolipidic (20 % lipid). Diets were prepared with graded levels (20 % and 40 %) of soybean (SM) and cottonseed (CM) meals as SM20, SM40, CM20, CM40 and a control diet (FM, only fish meal with no SM and CM inclusion). Sturgeon (50.00±0.06 g) were randomly distributed into fifteen 500-L square tanks at 25 fish per tank. Fish were weighed in bulk biweekly after suspending feeding for 1 day. Fish were fed near satiation by hand at 08:00, 12:00 and 16:00 hours for 8 weeks. Sturgeon fed CM20 and CM40 diets displayed higher specific growth rate (SGR) and lower feed conversion ratio (FCR) when compared with fish fed SM40 and FM (P<0.05). There were no differences among groups for the percentage of blood cells, including lymphocytes, monocytes and granulocytes of sturgeons. Alkaline phosphatase (ALP) of SM20 and SM40 groups were significantly lower than that of FM group (P<0.05). The results of this study revealed that dietary cottonseed meal could be used for enhancement in juvenile sturgeon.

Keywords: Aquafeed, dietary replacement, sturgeon feeding, *Acipenser gueldenstaedtii*

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Geliş : 17.09.2018

Düzeltilme : 22.10.2018

Kabul : 23.10.2018

Yayın : 27.12.2018

DOI:10.17216/LimnoFish.460773



* SORUMLU YAZAR

yilmazemre@akdeniz.edu.tr

Tel : +90 533 776 14 67

Rus Mersin Balığında (*Acipenser gueldenstaedtii*) Büyüme Performansı, Vücut Kompozisyonu, Kan ve Serum Parametreleri Açısından Balık Unu Yerine Soya Unu ve Keten Tohumu Küspesi Kullanımı

Öz: Bu çalışmada, balık unu yerine soya fasulyesi unu ve keten tohumu küspesi kullanımının Rus mersin balığında (*Acipenser gueldenstaedtii*) büyüme, vücut kompozisyonu, kan ve serum parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. İzonitrojenik (% 49 protein) ve izolipidik (% 20 yağ) olmak üzere beş deneysel yem formüle edilmiştir. Yemler, kademeli seviyelerde (% 20 ve % 40) soya unu (SU) ve keten tohumu küspesi (KU) ilavesiyle SU20, SU40, KU20, KU40 ve bir de kontrol yemi (SU ve KU ilavesi olmadan sadece balık unuyla (BU)) olarak hazırlanmıştır. Deneme başlangıcında, tank başına ortalama 50,00 ± 0,06 g ağırlıktaki 25 balık, 500 L'lik 15 adet kare tanka rastgele dağıtılmıştır. Balıklar iki haftada bir, 1 gün beslemeye ara vermek suretiyle toplu olarak tartılmıştır. Balıklar 8 hafta boyunca 08:00, 12:00 ve 16:00 saatlerinde doyana kadar beslenmiştir. KU20 ve KU40 ile beslenen mersin balıkları BU ve SU40 ile beslenenlere göre daha yüksek spesifik büyüme oranı (SBO) ve daha düşük yem dönüşüm oranı (YDO) göstermiştir (P<0,05). Balıkların kan hücrelerinden lenfosit, monosit ve granülositler grupları arasında bir farklılık yoktur. SU20 ve SU40 gruplarının Alkalın fosfat (ALF) BU grubundan önemli derecede düşüktür (P<0,05) Bu çalışmanın sonuçları, yavru mersin balığı için yemsel keten tohumu küspesinin kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri yemi, yemsel ikame, mersin balığı beslemesi, *Acipenser gueldenstaedtii*

Alıntılama

Emre N, Güroy D, Yalım FB, Emre Y, Güroy B, Mantoğlu S, Karadal O, 2018. Growth Performance, Body Composition, Haematological and Serum Parameters to Fish Meal Replacement by Soybean Meal and Cottonseed Meal in Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). LimnoFish. 4(3): 169-176. doi: 10.17216/LimnoFish.460773

Introduction

Aquafeed price comprises almost 40-70 % of total fish farm construction costs and the dietary protein is both an important constituent and is the costliest in aquafeed (FAO 2014). Fish meal has been widely used animal protein source in fish diet due to its high content of protein with well-proportioned amino acids, essential fatty acids, the good source of energy, and high palatability. Recently, the rapid growth of aquaculture production in the world increases the demand for aquatic feeds that depend on fish meal (Hardy 2010). However, the global fish meal production has remained nearly stable for the last time and the increasing demand for fish meal has led to a significant growth and flux in fish meal cost (Tacon and Metian 2008; Gatlin III et al. 2007). As a result, fish nutrition research focused on searching for alternative protein sources for aquafeeds. Numerous researches have utilized plant protein sources, for instance, soybean meal (Viola et al. 1982; Webster et al. 1992; Kaushik et al. 1995; El-Saidy and Gaber 2002; Collins et al. 2012), canola meal (Drew et al. 2007; Collins et al. 2012; Luo et al. 2012), pea protein (Øverland et al. 2009; Hansen et al. 2011; Collins et al. 2012) and corn gluten meal (Tidwell et al. 2005; Li et al. 2012) to partially, totally or mixed substitute fish meal and have accomplished significant progress in different freshwater finfish species. Vegetable proteins have an adequacy of protein, sustainability, and low-priced for some fish species (Gatlin III et al. 2007; Sales 2009). However, these proteins have weaknesses as dietary ingredients in aquaculture diets, such as anti-nutritional factors and insufficient amino acids.

Soybean meal and cottonseed meal have been the most usually used plant protein sources because of high protein content, sustainability and reasonable cost-effectiveness (Lim and Lee 2011). Soybean meal is the most produced of protein ingredients in terms of total world production. Soybean as a most common plant protein of fish meal replacer has been used in a variety fish species. However, the high level of dietary soybean meal produced adverse effects on growth performance and health of fish due to it is the presence of some anti-nutritional factors in soybean meal (Pham et al. 2007). Also, low contents of lysine and methionine in soybean meal have also limited its amount of inclusion in the diets (Gatlin III et al. 2007). Cottonseed meal has been used to diets of ruminant livestock and aquatic animals and is cheaper and is a rich source of arginine than fish meal and soybean meal (Li and Robinson 2006; Gatlin III et al. 2007; Lim and Lee 2009; Li et al. 2012). The level of soybean meal and cottonseed meal that can

be incorporated in aquafeed diets mainly depends on dietary ingredients are still limited due in part to the presence of anti-nutritional features.

Russian sturgeon is one of the most widely distributed representatives of the genus of *Acipenser*. Russian sturgeon has been cultured in some countries for its flesh and caviar. Little is known about feed formulation and nutrition specific to Russian sturgeon which is becoming the sturgeon of choice for culture in the worldwide. Also, the mixed use of soybean meal and cottonseed meal has not been tested to any sturgeon species. The aim of this study was to evaluate the effects of dietary incorporation of the soybean meal and cottonseed meal on growth performance and some health parameters in diets for Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*).

Materials and Methods

Rearing systems and fish

The feeding trial was realized at the Kepez Unit of Mediterranean Fisheries Research Production and Training Institute, Antalya, Turkey. Before commencement of the experiment, the fish were acclimatized to experimental conditions for 2 weeks. During the adaption period, fish were fed a sinking extruded commercial rainbow trout diet with 50 % protein and 18 % lipid (Çamlı Yem, İzmir, Turkey). At the start of the trial, fish weighing 50.00 ± 0.06 g were randomly distributed into fifteen 500-L square tanks at 25 fish per tank. Fish were fed near satiation by hand at 08:00; 12:00 and 16:00 hours for 8 weeks. The feed was carefully administered by dropping a few pellets until the feeding activity ceased. The water was exchanged with 20 % twice a week. Water temperature was maintained at 15.01 ± 0.06 °C, dissolved oxygen at 7.86 ± 0.09 mg/L, and pH at 7.91 ± 0.02 . Fish were subjected to the natural photoperiod in an indoor system, allowing natural light to enter.

Experimental diets

Five experimental diets (Table 1) were formulated to be isonitrogenous (49 % protein) and isolipidic (20 % lipid). Experimental diets were obtained including, as fed basis, graded levels of soybean (SM) and cottonseed (CM) meals [FM (control diet, with no SM and CM inclusion, with fish meal), SM20 (20 % SM inclusion), SM40 (40 % SM inclusion), CM20 (20 % CM inclusion) and CM40 (40 % CM inclusion)]. Dietary ingredients were mixed in a food mixer (IBT-22; Dirmak Food Equipment, İzmir, Turkey) with warm water until a soft slightly moist consistency was achieved. This was then cold press extruded (PTM P6; Yalova, Turkey) to produce a 3 mm in diameter for fish. The moist pellets were then fan-dried and stored frozen at -18 °C until use.

Table 1. Formulation and proximate composition of the experimental diets.

	FM	SM20	SM40	CM20	CM40
Fish meal	55.3	44	33.1	44	33.1
Cotton seed meal	0	0	0	19.7	39.5
Soybean meal	0	18	35.3	0	0
Wheat meal	17	17	17	17	14.1
Starch	15.7	8.3	1.3	6.6	0
Fish oil	4.65	5	5.3	5	5.3
Soybean oil	4.65	5	5.3	5	5.3
Vitamin	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Mineral	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Vitamin C	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Mono ammonium phosphate	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<i>Proximate Composition(%)</i>					
Protein	49.0	49.1	49.1	49.2	49.2
Lipid	19.8	19.9	20.1	19.9	20.0
Ash	7.8	7.2	7.1	7.5	7.3

Sampling protocols

At the end of the feeding trial, all fish were starved for 48 h to ensure that the digestive tract was devoid of feed. Six fish were randomly taken from the initial pool of fish at the beginning of the experiment and two fish from each tank (six fish per treatment) were sampled at the end of the trial to determine whole body proximate analysis. Samples were kept frozen at -80°C until analysis. Three fish per tank were randomly selected, individually weighed, then dissected to obtain liver for determination of biological parameters; thereafter, the same livers were used for histology observations. Two fish per tank were randomly captured, anesthetized with clove oil, and blood samples were taken from the caudal arch using a 32-gauge needle and 2 mL heparinized syringes for determination of white blood cell (WBC) and red blood cell (RBC), packed cell volume (PCV), and haemoglobin (Hb).

Evaluation of growth performance

Growth performance was examined biweekly. Fish were weighed in bulk after suspending feeding for 1 day with an electronic balance. Growth performance, in terms of specific growth rate (SGR), feed conversion ratio (FCR), and survival rate (SR) were determined using the following formulae:

$$FCR = \text{feed intake} / \text{weight gain}$$

$$SGR = 100 \times ([\ln \text{ final fish weight}] - [\ln \text{ initial fish weight}]) / \text{experimental days}$$

$$SR = 100 \times (\text{total fish count} - \text{dead fish count}) / \text{total fish count}$$

Proximate analyses

Analysis of crude protein, moisture, fibre and ash in the whole body of fish and the diets was performed according to standard procedures (AOAC 2000). Dry matter was determined by

drying at 105 °C until a constant weight was obtained. Ash content was determined by burning in a muffle furnace at 525 °C for 12 h. Crude protein (N×6.25) was analyzed by the Kjeldahl method after acid digestion using the Gerhardt system. Dietary and whole-body lipids were extracted according to the procedure of Folch et al. (1957) with chloroform/methanol (2:1 v/v).

Serum analyses

The RBC count was obtained with a Thoma hemocytometer using Dacie's diluting fluid. Serum parameters, including calcium (*Ca*, mg/dL), glucose (*GLU*, mg/dL), total protein (*TP*, g/dL), alkaline phosphate (*ALP*, U/L), and phosphorus (*P*, mg/dL) were determined using a semi-auto chemistry analyser (BA-88A, Mindray, China).

Statistical analysis

All data were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA), when a significant difference was found among treatments, Duncan's multiple range test was performed to rank the groups using Statgraphics Centurion XVI (Statpoint Technologies Inc., The Plains, VA) statistical software (Zar 1999). All data are presented as "mean±standard error" of the mean calculated from all replicates. All percentage data were arcsine transformed before being subjected to the analysis. Differences were considered significant at 5 %.

Results

Growth performance of Russian sturgeons fed with experimental diets for 8 weeks were presented in Table 2. The cottonseed meal inclusion instead of fish meal improved the final mean weights (*FMW*) in fish and significant differences were observed ($P < 0.05$). The lowest *FMWs* were found in *SM40* and

FM groups ($P<0.05$). On the other hand, soybean meal inclusion was clearly affected to feed intake (*FI*). The highest *FIs* were observed in groups of *SM20* and *SM40*, while the *FM*, *CM20* and *CM40* were the lowest ($P<0.05$). The specific growth rate (*SGR*) was improved by the inclusion of cottonseed meal. The *SGR* values of *CM20* and *CM40* were higher than *FM* and *SM40* ($P<0.05$). The feed conversion ratios (*FCR*) of *CM20* and *CM40* were lower than *SM40* ($P<0.05$). The survival rate (*SR*)

was found as 100 % for all groups because of no fish died during the study.

The increases in mean weights (*MW*) of experimental fish week-by-week were shown in Figure 1. The lowest weight gain (*WG*) was observed in the *SM40* group during the experiment. The *MW* of *SM20* group ran lower than *FM* until the 4th week, but an increment was observed and the *MW* of *SM20* passed up the *FM* group after that week. The highest weight gains were found in *CM* groups.

Table 2. Growth performance of Russian sturgeons after 8 weeks of feeding on experimental diets

	FM	SM20	SM40	CM20	CM40
Initial mean weight (g)	50.56±0.08	50.43±0.19	50.37±0.16	50.24±0.09	50.29±0.10
Final mean weight (g)	116.67±4.37 ^a	126.79±3.04 ^{ab}	111.91±10.56 ^a	137.03±0.82 ^b	135.99±3.10 ^b
Feed intake (g)	70.57±1.74 ^a	76.70±1.30 ^b	74.62±1.35 ^b	70.70±0.39 ^a	68.59±0.65 ^a
Specific growth rate (%/day)	1.49±0.07 ^a	1.65±0.04 ^{ab}	1.41±0.17 ^a	1.79±0.03 ^b	1.78±0.04 ^b
Feed conversion ratio	1.07±0.05 ^{ab}	1.01±0.03 ^{ab}	1.29±0.22 ^b	0.82±0.01 ^a	0.80±0.03 ^a
Survival rate (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P<0.05$) among the treatments

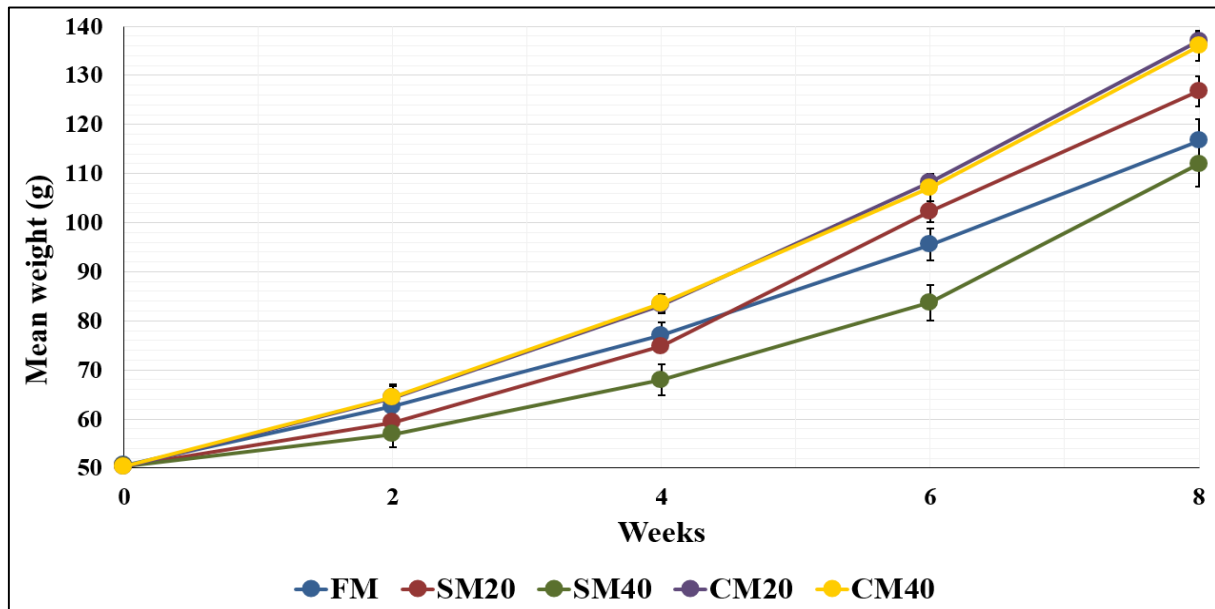


Figure 1. Mean weights of Russian sturgeons during 8 weeks of feeding on experimental diets.

The crude protein, lipid, ash, and moisture compositions of sturgeons fed with control, soybean and cottonseed meal included diets for 8 weeks were given in Table 3. The lowest moisture contents were observed in the *SM20* and *SM40* groups ($P<0.05$). Protein composition of *FM* was found as the highest among all the groups ($P<0.05$) and the protein ratio of *CM40* was significantly different from the *SM40* ($P<0.05$). Lipid content of *FM* was recorded as the lowest and *SM40* and *CM20* were the highest ($P<0.05$). The highest crude ash ratio was observed in the *FM* group among all the groups ($P<0.05$).

The percentage of blood cells, including lymphocytes, monocytes, granulocytes, and thrombocytes of sturgeons were shown in Table 4. The percentages were found between 48.8-62.8 % for

lymphocytes, 0.9-1.4 % for monocytes, 31.3-48.0 % for granulocytes and no significant differences were found in these blood cell types of the experimental groups ($P>0.05$). The thrombocyte percentage of *SM20* (1.9 %) was significantly different from the *SM40* (5.2 %) group ($P<0.05$).

Some serum parameters of sturgeons fed with experimental diets detailed in Table 5. Alkaline phosphatase (*ALP*) of *SM20* and *SM40* groups were significantly different from *FM* group ($P<0.05$). No statistical differences were found in glucose (*GLU*), total protein (*TP*), and phosphorus (*P*) of fish amongst the experimental groups ($P>0.05$). The calcium content of fish serum of *SM40* was significantly different from *FM* and *SM20* groups ($P<0.05$).

Table 3. Whole body composition of Russian sturgeons after 8 weeks of feeding on experimental diets

	FM	SM20	SM40	CM20	CM40
Moisture (%)	80.34±0.17 ^c	78.68±0.10 ^a	78.91±0.01 ^a	79.70±0.08 ^b	80.12±0.10 ^{bc}
Crude protein (%)	73.49±0.33 ^c	66.97±0.05 ^{ab}	66.16±0.44 ^a	67.02±0.25 ^{ab}	68.18±0.46 ^b
Crude lipid (%)	11.61±0.04 ^a	19.25±0.06 ^b	23.19±1.67 ^c	22.60±0.53 ^c	18.17±0.05 ^b
Crude ash (%)	13.30±0.02 ^b	11.83±0.09 ^a	11.23±0.47 ^a	11.21±0.26 ^a	10.81±0.21 ^a

In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P < 0.05$) among the treatments

Table 4. Blood cell percentage of Russian sturgeons after 8 weeks of feeding on experimental diets

	FM	SM20	SM40	CM20	CM40
Lymphocytes (%)	62.78±8.14	49.33±7.91	50.00±4.35	48.78±5.51	49.22±4.74
Monocytes (%)	1.33±0.62	0.89±0.35	0.89±0.26	1.11±0.31	1.44±0.60
Granulocytes (%)	31.33±8.44	47.89±8.20	43.89±4.38	48.00±5.16	46.56±5.07
Thrombocytes (%)	4.56±1.33 ^{ab}	1.89±0.82 ^a	5.22±1.38 ^b	2.11±0.63 ^{ab}	2.78±0.72 ^{ab}

In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P < 0.05$) among the treatments

Table 5. Serum parameters of Russian sturgeons after 8 weeks of feeding on experimental diets

	FM	SM20	SM40	CM20	CM40
ALP (U/L)	76.78±7.67 ^b	37.22±21.62 ^a	39.33±9.66 ^a	59.22±6.87 ^{ab}	66.33±5.43 ^{ab}
GLU (mg/dL)	188.05±5.39	141.78±6.32	173.93±3.45	161.22±9.84	150.33±7.10
TP (g/L)	25.72±4.75	28.93±8.39	24.28±6.05	25.97±1.86	26.80±1.73
Ca (mg/dL)	11.82±1.98 ^b	9.24±9.17 ^b	3.88±4.23 ^a	7.24±1.14 ^{ab}	5.51±0.81 ^{ab}
P (mg/dL)	16.71±2.77	13.76±5.78	15.61±1.51	14.21±4.30	10.79±2.44

ALP: Alkaline phosphatase, GLU: Glucose, TP: Total protein, Ca: Calcium, P: Phosphorus

In the same line, different letters indicate statistical significant differences ($P < 0.05$) among the treatments

Discussion

Growth parameters were clearly showed that the inclusion of cottonseed meal enhanced the *FMW* and *SGR*, while decreased the *FI* and *FCR*. Toko et al. (2008) carried out a similar experiment with the replacing of soybean and cottonseed meals instead of fish meal on 10 g African catfish (*Clarias gariepinus*). They presented that the beneficial effects of cottonseed meal inclusion on *FMW* and *SGR*. The researchers found that the *FMW* and *SGR* of the control group (117 g and 4.35 %/day) were significantly related to 30 % cottonseed meal included group (116 g and 4.32 %/day). Cai et al. (2011) investigated that the 40 % inclusion of cottonseed meal (among the 20, 40, and 56 % inclusion) instead of fish meal was upgraded the *WG* and *SGR* on 19.5 g allogynogenetic silver crucian carps (*Carassius auratus gibelio* ♀ × *Cyprinus carpio* ♂). They declared that the *FCR* was reduced with the further levels of cottonseed meal. Liu et al. (2016) determined that the best growth performance in 761 g grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) was fed with diets included 60 % cottonseed meal among the 20-100 % inclusion groups. Bu et al. (2017) conducted a study on 1.68 g Ussuri catfish (*Pelteobagrus ussuriensis*, formerly *Pseudobagrus ussuriensis*) with the partial replacement of cottonseed meal with the ratios of 10 to 60 % inclusion. The authors stated that the *FMW* and *SGR* were not improved with the increased levels of cottonseed meal. They determined the optimum inclusion level of cottonseed meal as 25.3 % for

weight gain in Ussuri catfish. Gui et al. (2010) found no significant differences in *FMW* amongst the 13 g crucian carps (*Carassius auratus gibelio*) fed with 10, 50, and 100 % cottonseed meal protein hydrolysate included diets, while there was a significant interaction between the *SGR* of control and 100 % groups. In contrast, Luo et al. (2006) recorded that the graded decline in *FMW* (101.5 to 95 g), although there were no significant differences amongst the groups of 39 g rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with 25, 50, and 75 % cottonseed meal included diets. In a study conducted on the similar fish (Jiang et al. 2018), the researchers examined the effects of fish meal replacement by soybean meal, cottonseed meal, and rapeseed meal on 8.6 g hybrid sturgeon (*Acipenser baerii* ♀ × *Acipenser schrenckii* ♂). They reported that they prepared the control diet with the inclusion of 60 % fish meal. The other experimental diets have been formed by decreasing the fish meal ratio of 15 %. The authors stated that the 50 % replacement of soybean, cottonseed, and rapeseed meals (inclusion ratios of these plant-based meals in the recommended diet are 10, 14, and 20 %, respectively) by fish meal were enhanced the growth performance, feed utilization, and body composition of hybrid sturgeon. Additionally, many authors have found the survival rates of 100 % in different studies (Gui et al. 2010; Cai et al. 2011; El-Saidy and Saad 2011; Wang et al. 2014; Bu et al. 2017).

Several studies have been carried out with the replacements of soybean and cottonseed meals with

each other. Lim and Lee (2011) reported no statistical alteration in *FMW* and *SGR* amongst the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with soybean and cottonseed meal mixed diets. El-Saidy and Saad (2011) noted that the lowest *FMW* on the same species was in the 100% cottonseed meal replacement group, while the control, 25, 50, and 75 % groups were significantly similar, and an opposite situation has been recorded in *SGR*. Yue and Zhou (2008) stated that the lowest *FMW* and *SGR* were found in the 100 % soybean meal inclusion group amongst the control, 15, 30, 45, 60, and 100 % experimental feeding groups of hybrid tilapia (*O. niloticus* × *O. aureus*). Zheng et al. (2012) conducted a study with 0, 35, 68, and 100 % inclusion levels of cottonseed meal replacing soybean meal on 7 g juvenile grass carp (*C. idellus*). The authors declared that the inclusion of higher levels of cottonseed meal instead of soybean meal reduced the *FMW* and *SR*, increased the *FCR* in grass carp. Also, they found an optimum inclusion level for cottonseed meal at 35 %.

The whole-body protein, moisture, and ash compositions were decreased with the inclusions of soybean and cottonseed meals in Russian sturgeons. Crude protein and moisture contents of crucian carps fed with 50 % cottonseed meal protein hydrolysate included diet were higher than 0, 10, and 100 % inclusion groups (Gui et al. 2010). Body lipid content increased with the inclusion of soybean meal, while reduced with the inclusion of cottonseed meal in this study. In a different study conducted with the similar method, the whole-body lipid ratio was decreased to 0.7 and 1.6 %, and increased to 2.5 and 0.8 % with the inclusions of 30 and 60 % levels of soybean and cottonseed meals than the control group, respectively. In contrast, no significant differences in whole body compositions among the treatments were reported in numerous previous studies (Luo et al. 2006; Cai et al. 2011; Liu et al. 2016; Zhou et al. 2016).

Health parameters of Russian sturgeons, including blood and serum parameters, were found in moderate levels with the inclusion of cottonseed meal as in outputs of this current study. Gui et al. (2010) declared that the 10 and 50 % inclusion of cottonseed meal protein hydrolysate were reduced the serum glucose. Bu et al. (2017) found that significant differences on plasma *ALP* carried out 0 to 60 % cottonseed meal replacement study on Ussuri catfish. They recorded that the *ALP* of inclusion ratios of 0, 10, 20, and 30 % were higher than 50 and 60 %. Different results in *ALP* were recorded by Wang et al. (2014) with the 9 to 54 % cottonseed meal inclusion with the grade levels by 9 % on common carp (*Cyprinus carpio*). The authors noted that lower levels of *ALP* in 9, 27, and 45 % inclusion groups and

higher levels of control, 18, 36, and 54 % groups. They also reported that the white blood cell count (*WBC*) was improved with the 18 and 45 % inclusion levels and red blood cell count (*RBC*) was enhanced with the 54 % inclusion ratio of cottonseed meal. There are no significant differences in *WBC*, plasma glucose, protein, and phosphorus parameters among the experimental feeding groups of Russian sturgeons in this study. No significant differences in plasma parameters among the experimental groups were informed in several previous studies (Cai et al. 2011; Lim and Lee 2011; Zhou et al. 2016).

In conclusion, the replacement of fish meal with the plant-based feed ingredients is a current subject for aquafeed industry and aquaculture sector. The inclusion of the fish meal and fish oil are the main factors that increase the feed costs. The most important situation in this point is to provide a positive feeding by eliminating adverse effects on fish growth and health parameters and animal welfare. For this reason, plant-based meals with high protein content and close to the animal nutrients are preferred. Soybean meal is a raw material that fulfills this task for many years. But now it is known that there are more beneficial plant-based meals on growth and health in fish than soybean meal, and cottonseed meal is one of them. Consequently, the inclusion of cottonseed meal replacing with fish meal is more efficient than the inclusion of soybean meal in Russian sturgeon and it is recommended that the highest amount of cottonseed meal (40 %) might be used in this finfish species. Further studies are necessary about the investigations of valuable plant-based feed ingredients / additives and use of its degraded levels with replacing the fish meal on this species and other commercial fishes.

Acknowledgements

Some parts of this study have been presented in 1st International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Isparta, Turkey as an oral presentation on October 04-06, 2017.

References

- AOAC. 2000. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 17th edt, Gaithersburg, MD, USA.
- 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.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2017.07.032
- Cai C, Li E, Ye Y, Krogdahl A, Jiang G, Wang Y, Chen L. 2011. Effect of dietary graded levels of cottonseed

- meal and gossypol on growth performance, body composition and health aspects of allogynogenetic silver crucian carp, *Carassius auratus gibelio*♀ × *Cyprinus carpio*♂. Aquacult Nutr. 17(4):353-360. doi: 10.1111/j.1365-2095.2010.00801.x
- Collins SA, Desai AR, Mansfield GS, Hill JE, van Kessel AG, Drew MD. 2012. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. Aquaculture. 344-349:90-99. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.02.018
- Drew MD, Ogunkoya AE, Janz DM, van Kessel AG. 2007. Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 267(1-4):260-268. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.002
- El- Saïdy DMSD, Gaber MMA. 2002. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L- lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. J World Aquacult Soc. 33(3):297-306. doi: 10.1111/j.1749-7345.2002.tb00506.x
- El- Saïdy DMSD, Saad AS. 2011. Effects of partial and complete replacement of soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization and haematological indexes for mono- sex male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. Aquac Res. 42(3):351-359. doi: 10.1111/j.1365-2109.2010.02629.x
- FAO. 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture, Opportunities and Challenges. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations ISSN 1020-5489.
- Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. J Biol Chem. 226(1):497-509.
- Gatlin III DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW, Herman E, Hu G, Krogdahl Å, Nelson R, Overturf K, Rust M, Sealey W, Skonberg D, Souza EJ, Stone D, Wilson R, Wurtele E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: A review. Aquac Res. 38(6):551-579. doi: 10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x
- Gui D, Liu W, Shao X, Xu W. 2010. Effects of different dietary levels of cottonseed meal protein hydrolysate on growth, digestibility, body composition and serum biochemical indices in crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). Anim Feed Sci Technol. 156(3-4):112-120. doi: 10.1016/j.anifeeds.2010.01.012
- Hansen JØ, Shearer KD, Øverland M, Penn MH, Krogdahl Å, Mydland LT, Storebakken T. 2011. Replacement of LT fish meal with a mixture of partially deshelled krill meal and pea protein concentrates in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture. 315(3-4):275-282. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.02.038
- Hardy RW. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquac Res. 41(5):770-776. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x
- Jiang HB, Chen LQ, Qin JG. 2018. Fishmeal replacement by soybean, rapeseed and cottonseed meals in hybrid sturgeon *Acipenser baerii*♀ × *Acipenser schrenckii*♂. Aquacult Nutr. 24(4):1369-1377. doi: 10.1111/anu.12674
- Kaushik SJ, Cravedi JP, Lalles JP, Sumpter J, Fauconneau B, Laroche M. 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 133(3-4):257-274. doi: 10.1016/0044-8486(94)00403-B
- Li MH, Robinson EH. 2006. Use of cottonseed meal in aquatic animal diets: a review. N Am J Aquac. 68(1):14-22. doi: 10.1577/A05-028.1
- Li MH, Robinson EH, Oberle DF, Lucas PM, Bosworth BG. 2012. Evaluation of corn gluten feed and cottonseed meal as partial replacements for soybean meal and corn in diets for pond- raised hybrid catfish, *Ictalurus punctatus* × *I. furcatus*. J World Aquacult Soc. 43(1):107-113. doi: 10.1111/j.1749-7345.2011.00542.x
- Lim SJ, Lee KJ. 2009. Partial replacement of fish meal by cottonseed meal and soybean meal with iron and phytase supplementation for parrot fish *Oplegnathus fasciatus*. Aquaculture. 290(3-4):283-289. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.02.018
- Lim SJ, Lee KJ. 2011. A microbial fermentation of soybean and cottonseed meal increases antioxidant activity and gossypol detoxification in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. J World Aquacult Soc. 42(4):494-503. doi: 10.1111/j.1749-7345.2011.00491.x
- Liu H, Yan Q, Han D, Jin J, Zhu X, Yang Y, Xie S. 2016. Effect of dietary cottonseed meal on growth performance, physiological response, and gossypol accumulation in pre-adult grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. Chin J Oceanol Lim. 34(5):992-1003. doi: 10.1007/s00343-016-4115-4
- Luo L, Xue M, Wu X, Cai X, Cao H, Liang Y. 2006. Partial or total replacement of fishmeal by solvent- extracted cottonseed meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquac Nutr. 12(6):418-424. doi: 10.1111/j.1365-2095.2006.00443.x
- Luo Z, Liu CX, Wen H. 2012. Effect of dietary fish meal replacement by canola meal on growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in fresh water. J World Aquacult Soc. 43(5):670-678. doi: 10.1111/j.1749-7345.2012.00601.x
- Øverland M, Sørensen M, Storebakken T, Penn M, Krogdahl Å, Skrede A. 2009. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for

- Atlantic salmon (*Salmo salar*)-effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*. 288(3-4):305-311.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.12.012](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.12.012)
- Pham MA., Lee KJ, Lim SJ, Park KH. 2007. Evaluation of cottonseed and soybean meal as partial replacement for fishmeal in diets for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. *Fish Sci.* 73(4):760-769.
[doi: 10.1111/j.1444-2906.2007.01394.x](https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2007.01394.x)
- Sales J. 2009. The effect of fish meal replacement by soyabean products on fish growth: a meta-analysis. *Br J Nutr.* 102(12):1709-1722.
[doi: 10.1017/S0007114509991279](https://doi.org/10.1017/S0007114509991279)
- Tacon AG, Metian M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*. 285(1-4):146-158.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.08.015](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015)
- Tidwell JH, Coyle SD, Bright LA, Yasharian D. 2005. Evaluation of plant and animal source proteins for replacement of fish meal in practical diets for the largemouth bass *Micropterus salmoides*. *J World Aquacult Soc.* 36(4):454-463.
[doi: 10.1111/j.1749-7345.2005.tb00393.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2005.tb00393.x)
- Toko II, Fiogbe ED, Kestemont P. 2008. Mineral status of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets containing graded levels of soybean or cottonseed meals. *Aquaculture*. 275(1-4):298-305.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.11.038](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.11.038)
- Viola S, Mokady S, Rappaport U, Arieli Y. 1982. Partial and complete replacement of fishmeal by soybean meal in feeds for intensive culture of carp. *Aquaculture*. 26(3-4):223-236.
[doi: 10.1016/0044-8486\(82\)90158-2](https://doi.org/10.1016/0044-8486(82)90158-2)
- Wang XF, Li XQ, Leng XJ, Shan LL, Zhao JX, Wang YT. 2014. Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*. 428:79-87.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2014.02.040](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.02.040)
- Webster CD, Tidwell JH, Goodgame LS, Yancey DH, Mackey L. 1992. Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*. 106(3-4):301-309.
[doi: 10.1016/0044-8486\(92\)90262-J](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90262-J)
- Yue YR, Zhou QC. 2008. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, feed utilization, and hematological indexes for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture*. 284(1-4):185-189.
[doi: 10.1016/j.aquaculture.2008.07.030](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.07.030)
- Zar JH. 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall 929 p.
- Zheng Q, Wen X, Han C, Li H, Xie X. 2012. Effect of replacing soybean meal with cottonseed meal on growth, hematology, antioxidant enzymes activity and expression for juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idellus*. *Fish Physiol Biochem.* 38(4):1059-1069.
[doi: 10.1007/s10695-011-9590-0](https://doi.org/10.1007/s10695-011-9590-0)
- Zhou QL, Habte- Tsion HM, Ge X, Liu B, Xie J, Ren M, Miao L, Pan L. 2016. Growth performance and TOR pathway gene expression of juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*, fed with diets replacing fish meal with cottonseed meal. *Aquac Res.* 48(7):3693-3704.
[doi: 10.1111/are.13195](https://doi.org/10.1111/are.13195)



Karanfil Yağı, Eugenol ve 2-Phenoxyethanol'ün Yağ Balığı *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925)' da, Anestetik Madde Olarak Etkinliği

İsmail ERBATOR¹  Abdulkadir YAĞCI¹  Mustafa CEYLAN¹  Meral APAYDIN YAĞCI¹ 
Kaya GÖKÇEK^{2*} 

¹ Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, 32500 Eğirdir-Isparta-Türkiye

² Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Zootehni Bölümü, Antakya-Hatay-Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada, yetiştiriciliği yapılan yağ balığı, *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925) üzerinde karanfil yağı, 2-phenoxyethanol (PE) ve eugenol'ün farklı konsantrasyonlarının etkinliği araştırılmıştır. Bayılma sürelerine göre, en uygun konsantrasyon karanfil yağı için 125 µl L⁻¹ (187,00 ± 62,33 s), PE için 1250 µl L⁻¹ (174,57 ± 28,87 s) ve eugenol için 125 µl L⁻¹ (170,00 ± 39,73 s) olarak belirlenmiştir. Anestetik maddelerin farklı konsantrasyonları, balıkların gösterdiği fiziksel tepkiler üzerinde direkt etkili olmuştur (P<0,05). PE ve eugenol'ün artan konsantrasyonlarına bağlı olarak bayılma sürelerinde düşüş ölçülse de aradaki fark istatistik açıdan önemsiz bulunmuştur (P>0,05). En kısa ayılma süreleri ise, 457,57 ± 56,38 s ile karanfil yağı (125 µl L⁻¹), 338,00 ± 20,49 s ile PE (500 µl L⁻¹) ve 510,17 ± 94,07 s ile eugenol (125 µl L⁻¹) gruplarında ölçülmüştür. Sonuç olarak, her üç anestetik madde de yağ balığı yetiştiricilik uygulamalarında verimli bir şekilde kullanılabilir.

Anahtar kelimeler: Yağ balığı, karanfil yağı, 2-phenoxyethanol, eugenol, anestezi

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 13.07.2018

Düzeltilme : 26.09.2018

Kabul : 04.10.2018

Yayın : 27.12.2018

DOI:10.17216/LimnoFish.443378

* SORUMLU YAZAR

kayagokcek@yahoo.com

Tel : +90 534 415 07 16



Efficiency of Clove Oil, Eugenol and 2-Phenoxyethanol on Giant Spring Minnow, *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925), as Anesthetic Agents

Abstract: In this study, the efficiency of different concentrations of clove oil, 2-phenoxyethanol (PE) and eugenol were investigated on captive-bred giant spring minnow, *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925). According to induction time, the most optimal concentrations were found 125 µl L⁻¹ (187.00 ± 62.33 s) for clove oil, 1250 µl L⁻¹ (174.57 ± 28.87 s) for PE, and 125 µl L⁻¹ (170.00 ± 39.73 s) for eugenol. Varying concentrations of the used anesthetic agents directly affected physical responses of fish (P<0.05). Although the induction times was decreased by increasing of doses in PE and eugenol, the difference was not statistically significant (P>0.05). The lowest recovery times and concentrations were 457.57 ± 56.38 s for clove oil (125 µl L⁻¹), 338.00 ± 20.49 s for PE (500 µl L⁻¹) and 510.17 ± 94.07 s for eugenol (125 µl L⁻¹). The results suggest that all these three anesthetics can be effectively used in culture activity of giant spring minnow.

Keywords: Giant spring minnow, clove oil, 2-phenoxyethanol, eugenol, anesthesia

Alıntılama

Erbatur İ, Yağcı A, Ceylan M, Apaydın Yağcı M, Gökçek K. 2018. Karanfil Yağı, Eugenol ve 2-Phenoxyethanol'ün Yağ Balığı *Pseudophoxinus anatolicus* (Hankó, 1925)' da, Anestetik Madde Olarak Etkinliği. LimnoFish. 4(3): 177-181. doi: 10.17216/LimnoFish.443378

Giriş

Anestetik maddeler, su ürünleri yetiştiricilik sektöründe genellikle balıkların boylanması, tartılması, sağımı, damızlık yönetimi ve hastalıklara karşı ilaç uygulamaları gibi elle temasın gerektiği durumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Balığın kısmen veya tamamen bayıltılması, bu uygulamaların özellikle balığa zarar vermeden yapılabilmesinde

büyük kolaylık sağlamaktadır (Tytler ve Hawkins 1981; Gomulka vd. 2015).

Su ürünleri yetiştiricilik uygulamalarında farklı kimyasal kompozisyona sahip birçok anestetik madde kullanılmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde sadece MS-222'nin yemeklik balıklarda kullanımına izin verilirken, karanfil yağı, 2-phenoxyethanol,

benzocaine vb. maddeler ise yukarıda bahsedilen ülkelerde sadece akvaryum balıkları üzerinde ve bilimsel araştırmalarda kullanılabilmektedir (Velisek vd. 2006, 2011). Aqui-S ve Sedanol gibi maddelerin kullanımı ise halen ABD’de yasadışı görülse de bu maddelerin kullanımı dünyanın diğer bölgelerinde, özellikle de güney yarımkürede oldukça yaygındır (Zahl vd. 2012; Gökçek vd. 2017).

Bu maddelerin yetiştiriciler tarafından tercih edilmesinde en önemli etkenler; kolayca bulunabilmeleri, uygun fiyatları ve toksik etki göstermemeleridir. Ancak, bu anestetik maddelerin balık türlerine bağlı olarak etkin konsantrasyonları farklılık arz edebilmektedir. Dolayısıyla yetiştiriciliği yapılan veya yapılması planlanan alternatif türler için her bir anestetik maddenin etkin konsantrasyonunun belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Pawar vd. 2011).

Türkiye su ürünleri yetiştiricilik sektörü ağırlıklı olarak gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*) yetiştiriciliğine odaklanmıştır. Gerek Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (TAGEM 2016 ve TAGEM 2018) gerekse Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK 2015) son yıllarda omnivor beslenme özelliğinde olan alternatif türlerin kültüre alınması ile ilgili çalışmalara öncelik vermektedir. Bu kapsamda, omnivor bir tür olan yağ balığının, *P. anatolicus*, hem soyu tükenmekte olan türler listesinde yer alması (IUCN Red List 2018) hem de Seydişehir ve Beyşehir bölgelerinde aranan bir balık türü olması nedeni ile yetiştiriciliği üzerindeki bilimsel çalışmalar hız kazanmıştır.

Bu çalışma, ileri yetiştiricilik uygulamalarında kullanıma olasılığı bulunan karanfil yağı, eugenol ve 2-Phenoxyethanol’ün yağ balığı üzerindeki etkin konsantrasyonlarını belirlemek için yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Balık temini

Çalışma Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nde doğadan elde edilen damızlıklardan üretilen, ortalama boyu $9,14 \pm 0,89$ cm ve ağırlığı $7,83 \pm 2,38$ g olan bireyler üzerinde yapılmıştır. Balıklar, kapalı devre sisteminde yer alan 1 tonluk dairesel tanklarda stoklanmıştır. Denemede kullanılacak balıkların yemlenmesi, denemeden bir gün önce kesilmiştir.

Anestetik maddeler

Denemede, anestetik madde olarak karanfil yağı (%67 saf eugenol içermektedir) (Aromax, Macaristan), eugenol (Hindistan) ve 2-Phenoxyethanol (PE) (Sigma Aldrich Chemist, Almanya) kullanılmıştır. Karanfil yağı ve eugenol’ün suda kolayca çözünmemesi nedeni ile 1:9 oranında,

yine 2-Phenoxyethanol’ün suda küçük kabarcıklar halinde çözünmeden kalmasını engellemek amacı ile 1:1 oranında %94’lük etil alkolde çözdürülmüştür ve suya bu hali ile karıştırılmıştır (Öğretmen ve Gökçek 2013).

Deneme düzeni

Denemede uygulanacak konsantrasyonlar, daha önce yapılmış olan çalışmalardan (Weber vd. 2009; Gökçek ve Öğretmen 2011; Öğretmen ve Gökçek 2013; Gökçek vd. 2017) belirlenmiştir. Karanfil yağı ve eugenol için 50, 75, 100, 125 $\mu\text{l L}^{-1}$, 2-Phenoxyethanol için ise 500, 750, 1000 ve 1250 $\mu\text{l L}^{-1}$ konsantrasyonları uygulanmıştır. Her bir konsantrasyon için deneme grupları yedi adet balıktan oluşturulmuştur.

Çalışmada, 20 litre hacme sahip plastik tanklar kullanılmıştır. Balıklar, kepçe yardımı ile içinde test edilecek anestetik maddenin olduğu tanka teker teker konulmuş ve bayılma süreleri kronometre ile ölçülmüştür. Tam anestezi aşamasına ulaşıldığında, balıklar içinde havalandırılmış temiz suyun bulunduğu ikinci bir tanka hemen nakledilmiş ve ayılma aşamalarının gözlenmesi için kronometre yeniden başlatılmıştır. Her bir konsantrasyon değişiminde tankların suları yenilenmiş ve su kalitesi parametrelerinden çözünmüş oksijen ve su sıcaklığı (Hanna HI-9146) oksijenmetre ile, pH (Hanna pH checker) ise pHmetre ile düzenli şekilde ölçülmüştür.

Bayılma ve ayılma süreçleri dört farklı aşamada incelenmiştir. Bu aşamalar, yapılan bir ön denemede balıkların farklı anestetik maddelere verdiği davranış tepkileri incelenerek ve Thenpoint ve Niemeggere (1965)’in metodu modifiye edilerek belirlenmiştir (Tablo 1). Tam anesteziye girebilmeleri için balıklara en fazla 300 saniye verilmiş, bu süre dolduğunda halen bu safhaya girmemiş balıklar ivedilikle ayılma tankına alınmıştır.

İstatistik analizler

Aynı anestetik maddenin farklı dozlarının fiziksel tepki zamanı arasındaki farkları tespit etmede One-Way Anova (ANOVA) ve ortalamaların arasındaki farkı belirlemek için ise Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Testlerde önem derecesi olarak $P < 0,05$ seviyesi kullanılmıştır. Tüm istatistik analizler SPSS 15.0 paket programı ile yapılmıştır (SPSS System for Windows, Sürüm 15.0).

Bulgular

Deneme süresince ortalama çözünmüş oksijen konsantrasyonu $8,77 \pm 0,11$ ppm, sıcaklık $15,7 \pm 0,14^\circ\text{C}$ ve pH $8,65 \pm 0,02$ olarak ölçülmüştür.

Yağ balığının, denemede kullanılan anestetik maddelere vermiş olduğu tepki süreleri Tablo 2’de verilmiştir. Deneme sonunda, balıklarada ölüm

gözlemlenmemiştir. Karanfil yağının test edilen en yüksek konsantrasyonu ($125 \mu\text{L L}^{-1}$) hariç diğer konsantrasyonları, yağ balığının tam anestezi dönemine geçmesini sağlayamamıştır. Aynı durum, eugenol'ün 50 ve $75 \mu\text{L L}^{-1}$ ve PE'nin en düşük konsantrasyonu olan $500 \mu\text{L L}^{-1}$ 'de görülmüştür. Öte yandan, PE ve eugenol'ün konsantrasyon artışına

bağlı olarak bayılmanın en son safha sürelerinde görülen kısalma, istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($P>0,05$). Yağ balığının tamamen ayıldığı süreler (A4) mukayese edildiğinde ise, Eugenol hariç karanfil yağı ve PE'nin farklı dozları arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0,05$).

Tablo 1. Yağ balığının, *P. anaticus*, anestetik maddelere verdiği davranış değişiklikleri (Thenpoint ve Niemeggere (1965)'den modifiye edilmiştir).

Bayılma aşamaları	Verilen Tepkiler
B1	Solunumda düzensizlik: Solungaç kapağı aşırı derecede hızlı açılıp kapanır
B2	Kısmi Denge kaybı: Dış uyaranlara karşı kısmi tepki kaybı görülür
B3	Denge kaybı: Balık kuvvetli dış uyaranlara tepki verebilir
B4	Tam Anestezi: Balık tankı tabanında hareketsiz yatar
Ayılma aşamaları	Verilen Tepkiler
A1	Nefes alma: Balık nefes almaya başlar
A2	Hareket etme: Balık halen tank zemininde yatar, ancak kuyruk yüzgeci hareket eder
A3	İleri doğru hareket etme: Balık halen dengesini tam kazanamamış, ancak kendini ileri doğru hareket ettirebilmektedir
A4	Dengenin yerine gelmesi: Balık dengeli ve bilinçli olarak yüzer

*B: Bayılma, A: Ayılma

Tartışma ve Sonuç

Bir anestetik maddenin etkinliğini belirleyen en önemli faktörler; balığın türü, boyutu, ağırlığı, yaşı, vücut yağ indeksi, su sıcaklığı, pH gibi biyolojik ve çevresel faktörlerdir (Iversen vd. 2003). Buna ek olarak, balığın anestetik maddeye maruz kaldığı andaki metabolizma hızı da bu duruma direk etki etmektedir (Burka vd. 1997; Ross ve Ross 1999).

Bu çalışmada, test edilen tüm anestetik maddelerin konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak, bayılma safhalarının ilk üç aşamasında (B1, B2 ve B3) balığın tepki sürelerinin düştüğü görülmektedir ($P<0,05$). Benzer durum, daha önce kemikli balıklarda yapılmış olan birçok çalışmada da görülmüştür (Hseu vd. 1998; Mylonas vd. 2005; Gullian ve Villanueva 2009; Weber vd. 2009; Heo ve Sin 2010; Gökçek ve Öğretmen 2011; Öğretmen ve Gökçek 2013; Öğretmen vd. 2014; Gökçek vd. 2017). Ayılma süreleri karşılaştırıldığında ise, PE'ün doz artışına bağlı olarak ayılma süreleri de artmıştır ($P<0,05$). Aynı durum Bagheri ve Imanpour (2011), Akbulut vd. (2011), Gökçek ve Öğretmen (2011), Öğretmen ve Gökçek (2013) ve Öğretmen vd. (2014) tarafından da bildirilmiştir. Ancak, karanfil yağının doz artışına bağlı olarak ayılma süresi ilk üç dozda artış göstermiş, en yüksek dozda ise istatistiki açıdan ciddi bir düşüş olmuştur ($P<0,05$). Bu duruma, Mylonas vd. (2005)'in çipura ve levrek balıklarında yaptığı çalışmada da karşılaşılmıştır. Benzer çalışmalarda beklenmeyen bu durum, balığın tamamen bayılması için geçen süre içinde anestetik

maddeye diğer dozlara nazaran daha kısa süre maruz kalmış olması ile açıklanmaktadır. Diğer iki anestetik maddeden farklı olarak, Eugenol'ün farklı dozlarındaki tamamen ayılma aşamasına geliş süreleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur ($P>0,05$).

Marking ve Meyer (1985) tarafından belirlenen kriterlere göre, bir anestetik maddenin etkin dozunun uygulanan balığı 180 saniye içinde bayılması ve 300 saniyeden daha kısa bir süre içinde ayılması beklenmektedir. PE ve eugenol'ün en yüksek dozları bayılma açısından bu şartı sağlamış durumdadır (sırasıyla; $174,57 \pm 28,87$ ve $170,00 \pm 39,73$ sn). Karanfil yağının en yüksek dozunda elde edilen değer ($187,00 \pm 62,33$ sn), sınırın çok az bir miktar üstünde olmasına rağmen, diğer maddeler ile arasındaki fark istatistik açıdan önemsizdir ($P>0,05$). Ancak, test edilen maddelerden hiçbirisi, Marking ve Meyer (1985)'in kriterine uygun olarak Yağ balığının 300 saniyeden daha kısa bir sürede ayılmasına imkân tanımamıştır.

Sonuç olarak, Yağ balığı ile yapılacak yetiştiricilik uygulamalarında karanfil yağı, PE ve eugenol güvenle kullanılabilir. Denemede test edilen diğer anestetik maddelerin ayılma süreleri ile her ne kadar arasında fark olmamasına rağmen, hem organik madde olması hem de su ortamını daha az kirletmesinden dolayı en uygun madde olduğu söylenebilir. Öte yandan test edilen anestetik

maddelerin, AB ülkeleri ve ABD’de genel halen yasal düzenlemelerin gerekliliği yetiştiricilik uygulamalarında kullanılabilmesi için unutulmamalıdır.

Tablo 2. Denemede kullanılan anestetik maddelere verilen tepki süreleri (saniye)

Karanfil Yağı	Konsantrasyon ($\mu\text{l L}^{-1}$)			
	50	75	100	125
B1	23,67 $\pm$ 3,88 ^a	17,29 $\pm$ 2,50 ^{ab}	16,17 $\pm$ 2,40 ^b	13,00 $\pm$ 2,77 ^b
B2	34,29 $\pm$ 6,78 ^a	28,43 $\pm$ 2,5 ^{ab}	24,83 $\pm$ 2,14 ^{bc}	20,71 $\pm$ 3,99 ^c
B3	67,14 $\pm$ 7,71 ^a	41,86 $\pm$ 5,18 ^b	42,00 $\pm$ 3,22 ^b	31,29 $\pm$ 2,69 ^c
B4	n/a	n/a	n/a	187,00 $\pm$ 62,33
A1	n/a	n/a	n/a	132,75 $\pm$ 31,98
A2	216,29 $\pm$ 31,13 ^a	419,43 $\pm$ 78,02 ^b	374,83 $\pm$ 99,79 ^b	261,86 $\pm$ 80,06 ^{ab}
A3	265,43 $\pm$ 40,82 ^a	494,71 $\pm$ 86,20 ^c	441,00 $\pm$ 101,58 ^{bc}	295,57 $\pm$ 77,71 ^{ab}
A4	588,43 $\pm$ 61,85 ^a	726,57 $\pm$ 76,02 ^a	678,33 $\pm$ 181,65 ^a	457,57 $\pm$ 56,38 ^b
2-Phenoxyethanol	Konsantrasyon ($\mu\text{l L}^{-1}$)			
	500	750	1000	1250
B1	19,57 $\pm$ 2,76 ^a	21,29 $\pm$ 2,75 ^a	11,57 $\pm$ 2,76 ^b	11,43 $\pm$ 1,13 ^b
B2	30,43 $\pm$ 6,35 ^a	32,14 $\pm$ 5,15 ^a	19,86 $\pm$ 1,77 ^b	19,86 $\pm$ 1,68 ^b
B3	83,86 $\pm$ 7,43 ^a	48,29 $\pm$ 9,30 ^b	44,29 $\pm$ 3,73 ^b	30,43 $\pm$ 2,23 ^c
B4	n/a	227,43 $\pm$ 31,44 ^a	188,77 $\pm$ 41,49 ^a	174,57 $\pm$ 28,87 ^a
A1	n/a	130,71 $\pm$ 26,81 ^a	139,00 $\pm$ 62,12 ^{ab}	277,86 $\pm$ 108,19 ^b
A2	172,71 $\pm$ 5,28 ^a	232,86 $\pm$ 22,04 ^b	226,83 $\pm$ 83,27 ^{ab}	535,33 $\pm$ 49,74 ^c
A3	219,57 $\pm$ 15,91 ^a	271,57 $\pm$ 47,86 ^a	280,60 $\pm$ 80,20 ^a	545,39 $\pm$ 19,88 ^b
A4	338,00 $\pm$ 20,49 ^a	436,43 $\pm$ 129,24 ^{ab}	472,43 $\pm$ 62,83 ^b	517,57 $\pm$ 57,64 ^b
Eugenol	Konsantrasyon ($\mu\text{l L}^{-1}$)			
	50	75	100	125
B1	23,00 $\pm$ 4,28 ^a	17,43 $\pm$ 1,90 ^{ab}	15,43 $\pm$ 3,21 ^b	10,71 $\pm$ 1,12 ^c
B2	33,29 $\pm$ 4,64 ^a	29,86 $\pm$ 3,29 ^{ab}	24,86 $\pm$ 3,13 ^b	18,14 $\pm$ 1,35 ^c
B3	49,57 $\pm$ 4,08 ^a	40,29 $\pm$ 5,82 ^{ab}	38,43 $\pm$ 3,15 ^b	34,00 $\pm$ 4,51 ^b
B4	n/a	n/a	203,40 $\pm$ 32,70 ^a	170,00 $\pm$ 39,73 ^a
A1	n/a	n/a	139,00 $\pm$ 87,82 ^a	73,57 $\pm$ 50,51 ^a
A2	186,00 $\pm$ 53,54 ^a	408,57 $\pm$ 92,22 ^b	419,57 $\pm$ 91,35 ^b	255,50 $\pm$ 72,37 ^{ab}
A3	241,17 $\pm$ 32,23 ^a	460,86 $\pm$ 93,41 ^b	440,14 $\pm$ 90,06 ^b	270,50 $\pm$ 67,61 ^{ab}
A4	573,50 $\pm$ 167,53 ^a	722,86 $\pm$ 166,61 ^a	640,86 $\pm$ 179,60 ^a	510,17 $\pm$ 94,07 ^a

*Aynı satırdaki farklı harflere sahip değerler arasındaki fark, istatistiki açıdan önemlidir ($P < 0,05$) n/a: tepki görülmemiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada, TAGEM/HAYSUD/2016/A11/P-01/1 numaralı proje kapsamında üretilen balıklar kullanılmıştır. Ayrıca laboratuvarındaki katkılarından dolayı Su Ürünleri Mühendisi Barış Çağdaş Hatipoğlu’na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Akbulut B, Çavdar Y, Çakmak E, Aksungur N. 2011. Use of clove oil to anesthetize larvae of Russian Sturgeon

(*Acipenser gueldenstadtii*). J Appl Ichthyol. 27(2):618-621.

doi: [10.1111/j.1439-0426.2010.01653.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01653.x)

Bagheri T, Imanpour M R. 2011. The efficacy, physiological responses and hematology of Persian sturgeon, *Acipenser persicus*, to clove oil as an anesthetic agent. Turk J Fish Aquat Sc. 11: 477-483. doi: [10.4194/1303-2712-v11_3_20](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v11_3_20)

Burka JF, Hammell KL, Horsberg TF, Johnson GR, Rainnie DJ, Speare DJ. 1997. Drugs in salmonid

- aquaculture. J Vet Pharmacol Ther. 20(5):333-349.
doi: 10.1046/j.1365-2885.1997.00094.x
- Gomulka E, Czerniak E, Dagowski J, Luczynski M, Szczerbowski A, Szkudlarek M. 2015. Effects of propofol and carbondioxide on acid-base balance in Siberian sturgeon. Pol J Vet Sci. 18(2):267-272.
doi: 10.1515/pjvs-2015-0035
- Gökçek K, Öğretmen F. 2011. Comparative efficacy of three anesthetic agents in Himri Barbel, *Carasobarbus luteus* (Heckel, 1843) under controlled conditions. J Anim Vet Adv. 10(25):3350-3355.
doi:10.3923/javaa.2011.3350.3355
- Gökçek K, Öğretmen F, Kanyılmaz M. 2017. Efficacy of clove oil, 2-phenoxyethanol and benzocaine on European Catfish, *Silurus glanis* Linnaeus 1758. Turk J Fish Aquat Sci. 16: 129-133.
doi: 10.4194/1303-2712-v17_1_15
- Gullian M, Villanueva J. 2009. Efficacy of tricaine methanesulphonate and clove oil as anaesthetics for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. Aquac Res. 40(7):852-860.
doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02180.x
- Heo GJ, Shin G. 2010. Efficacy of benzocaine as an anaesthetic for Crucian carp (*Carassius carassius*). Vet Anaesth Analg. 37(2):132-135.
doi: 10.1111/j.1467-2995.2009.00510.x
- Hseu JR, Yeh SL, Chu YT, Ting YY. 1998. Comparison of efficacy of five anaesthetic goldlined sea bream, *Sparus sarba*. Acta Zool Taiwan. 9: 35-41.
- IUCN 2014. Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature; [Erişim tarihi: 11.06.2018]. Erişim Adresi: <http://www.iucnredlist.org/details/60810/0>
- Iversen M, Finstad B, Mac Kinley RS, Eliassen RS. 2003. The efficacy of metomidate, clove oil, AQUI-S and Benzoak as anaesthetics in atlanti salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. Aquaculture. 221(1-4):549-566.
doi: 10.1016/S0044-8486(03)00111-x
- Marking LL, Meyer EP. 1985. Are better anesthetics needed in fisheries? Fisheries. 10(6):2-5.
doi:10.1577/15488446(1985)010<0002:ABANIF>2.0.CO;2
- Mylonas CC, Cardinali G, Sigelaki I, Polzonetti-Magni A. 2005. Comparative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anaesthetics in aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gilthead sea bream (*Sparus auratus*) at different temperatures. Aquaculture. 246(1-4):467-481.
doi:10.1016/j.aquaculture.2005.02.046
- Öğretmen F, Gökçek K. 2013. Comparative efficacy of three anesthetic agents on juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Turk J Fish Aquat Sci. 13: 51-56.
doi: 10.4194/1303-2712-v13_1_07
- Öğretmen F, Gölbaşı S, Inanan BE, Kizak V, Kayım M. 2014. Use of clove oil and eugenol to anesthetize fingerling Shabut *Barbus grypus*. N Am J Aquacult. 76(1):9-13.
doi: 10.1080/15222055.2013.824942
- Pawar HB, Sanaye SV, Sreepada RA, Harish V, Suryavanshi U, Ansari ZA. 2011. Comparative efficacy of four anaesthetic agents in the yellow seahorse, *Hippocampus kuda* (Bleeker, 1852). Aquaculture. 311(1-4):155-161.
doi:10.1016/j.aquaculture.2010.12.007
- Ross LG, Ross B. 1999. Anesthetics and sedative techniques for aquatic animals. Oxford: Blackwell Publishing Ltd 159s.
- TAGEM 2016. Tarımsal Araştırma Master Planı 2016-2020, Su Ürünleri İslah ve Yetiştiriciliği. Ankara: TAGEM.
- TAGEM 2018. Ar-Ge Destek Programı 13. Proje Çağrısı, 2018 yılı Öncelikli Arge Konuları. Ankara: TAGEM.
- Theinpoint D, Niemegeers CJE. 1965. 7464- A new potent anesthetic in fish. International Zoo. Year book 5:S 202-205.
doi:10.1111/j.1748-1090.1965.tb01646.x
- TÜBİTAK 2015. ARDEB Su Ürünleri Çağrı Programı "GD0501 – Sürdürülebilir Su Ürünleri Yetiştiriciliği" Çağrı Metni. Ankara: TÜBİTAK
- Tytler P., Hawkins. A.D. 1981. Vivisection, anesthetics and minor surgery. In: Hawkins AD (ed.) Aquarium Sys. Academic Press, New York, pp.247-278.
- Velisek J, Wlasow T, Gomulka P, Svobodava Z, Novotny L, Ziomek A. 2006. Effects of clove oil anaesthesia on european catfish (*Silurus glanis* L.). Acta Vet Brno. 75(1):99-106.
doi: 10.2754/avb200675010099
- Velisek J, Stara A, Li ZH, Silovska S, Turek J. 2011. Comparison of effects of four anaesthetics on blood chemical profiles and oxidative stress biomarkers in rainbow trout. Aquaculture. 310(3-4):369-375.
doi:10.1016/j.aquaculture.2010.11.010
- Weber RA, Peleterio JB, Garcia Martin LO, Aldegunde M. 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anaesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858). Aquaculture. 288(1-2):147-150.
doi:10.1016/j.aquaculture.2008.11.024
- Zahl IH, Samuelsen O, Kiessling A. 2012. Anesthesia of farmed fish: implications for welfare. Fish Physiol Biochem. 38(1):201-218.
doi: 10.1007/s10695-011-9565-1



Menzelet Baraj Gölü (K.Maraş) ve Küçürge Deresi'ndeki (Adana) *Capoeta erhani* Turan, Kottelat ve Ekmekçi, 2008'nin Helminth Faunası Üzerine Bir Araştırma

Nesrin EMRE^{1*}  Ayşegül KUBİLAY² 

¹Akdeniz Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Fen Bilgisi Anabilim Dalı, 07058, Antalya

²İsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Hastalıklar Anabilim Dalı, 32260, Isparta

Ö Z

Bu çalışmada, Menzelet Baraj Gölü (Kahramanmaraş) ve Küçürge Deresinde (Adana) avlanan *Capoeta erhani*, Turan, Kottelat & Ekmekçi, 2008'nin helminth faunası araştırılmıştır. Buna göre Mart 2013-Şubat 2014'deki araştırma süresince mevsimsel olarak toplam 140 balık örneği muayene edilmiştir. Çalışma sonucunda konak balıkta iki parazit tanımlanmıştır. Bu parazitler *Dactylogyrus lencorani*, Mikailov, 1974 ve *Neoechinorhynchus zabensis* Amin, Abdullah & Mhaisen, 2003 türleridir. Her mevsimde örneklenen balık örneklerinde 7653 adet olarak tespit edilen *N. zabensis*'in sadece ilkbahar mevsiminde 59 adet olarak tespit edilen *D. lencorani*'ye göre daha baskın olduğu görülmüştür. Gerek ilkbaharda elektroşokerle Küçürge Deresinde ve gerekse Menzelet Baraj Gölünden fanyalı ağlarla dört mevsimde avlanan konak balıklarda baskın parazit olan *N. zabensis* türünün mevsim, cinsiyet, yaş ve boy değişkenlerine göre; yaygınlık, ortalama yoğunluk, bolluk ve toplam parazit sayıları belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Menzelet Baraj Gölü, Küçürge Deresi, Çapar balığı, Monogenea, Acanthocephala

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 11.09.2018

Düzeltilme : 11.10.2018

Kabul : 18.10.2018

Yayın : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.459010

* SORUMLU YAZAR

nemre@akdeniz.edu.tr

Tel : +90 505 477 5446

A Research on Helminth Fauna of *Capoeta erhani* Turan, Kottelat & Ekmekçi, 2008 in Menzelet Dam Lake (K. Maraş) and Küçürge Stream (Adana)

Abstract: In this study, the helminth fauna of *Capoeta erhani* which were caught in Menzelet Dam Lake (Kahramanmaraş) and Küçürge stream (Seyhan) has been analyzed and 140 of them has been examined throughout that study during March 2013-February 2014. As a result, two distinct parasites called *Dactylogyrus lencorani* Mikailov, 1974 and *Neoechinorhynchus zabensis* Amin, Abdullah & Mhaisen, 2003 has been defined. It has been found out that *N. zabensis* 7653 of which was determined in sampled individuals in every season was more dominant than *D. lencorani* 59 of which was determined in just spring. Mean intensity, total number, abundance and prevalence of *N. zabensis* which is dominant both in individuals that was caught by electro shocker in Küçürge stream in spring and in those that was caught by trammel net in Menzelet Dam Lake in every season has been determined according to parameters of sex, age, size of host and season.

Keywords: Menzelet Dam Lake, Küçürge Stream, *Capoeta erhani*, Monogenea, Acanthocephala

Alıntılama

Emre N, Kubilay A. 2018. Menzelet Baraj Gölü (K.Maraş) ve Küçürge Deresi'ndeki (Adana) *Capoeta erhani* Turan, Kottelat ve Ekmekçi, 2008'nin Helminth Faunası Üzerine Bir Araştırma. LimnoFish. 4(3): 182-188. doi: 10.17216/LimnoFish.459010

Giriş

Ülkemiz su kaynaklarında *Capoeta* genusuna ait birçok tür yaşamaktadır. Yapılan son değerlendirmelere göre 19 türün mevcut olduğu belirlenmiştir (Kuru vd. 2014; Çiçek vd. 2015). Bunlardan biri de *Capoeta erhani*'dir. Bu tür üzerine taksonomik, büyüme ve diğer bazı biyolojik özelliklerini belirleme konusunda çalışmalar yayınlanmıştır (Turan vd. 2008; Kara vd. 2010;

Erk'akan ve Özdemir 2011; Ergüden ve Göksu 2012; Özdemir 2013; Ayyıldız vd. 2014; Emre vd. 2014; Ayyıldız vd. 2015; Mazlum vd. 2015; Ergüden 2016; Bektaş vd. 2017). Çalışmamızda Ceyhan Nehri Üzerine kurulan Menzelet Baraj Gölü ile Seyhan Nehrinin Küçürge Deresinde (Adana) yaşayan yukarıda anılan konak balıktaki parazitler detaylı olarak incelenmiş ve belirlenen parazitlerin mevsimsel olarak konak yaş, cinsiyet ve boy gibi

değişkenlere göre enfekte durumlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Fanyalı ağlarla balık materyalinin avlandığı Menzelet Baraj Gölü 37° 41' 07''K-036° 50' 03''D koordinatlarında yer alır ve Kahramanmaraş ili sınırları içinde, il merkezinin 26 km kuzey batısında Orta Ceyhan Havzası'nda bulunmaktadır (Şekil 1). Menzelet Barajı Ceyhan Havzasında peş peşe kurulan barajlardan (Adatepe, Suçatı, Menzelet, Kılavuzlu, Sır, Berke ve Aslantaş) en yukarıda bulunan üç barajdan birisidir. Bu baraj gölünde yaşayan en önemli balık türleri *Siluris glanis*, *C. erhani* (Şekil 2), *Capoeta angorea* ve *Cyprinus carpio*'dır (Kara vd. 2010).



Şekil 1. Menzelet Baraj Gölü

Küçürge Deresi ise Seyhan'a dökülen (37° 11' 10''N 035° 06' 03''E) bir kaynak olup, buradan konaklar sadece bir kez elektroşokerle avlanmıştır.

Çalışma için Menzelet Baraj Gölü ve

Küçürge Deresinden ilkbaharda toplam 28, sadece Menzelet Baraj Gölünden ise yazın 35, sonbaharda 37 ve kış mevsiminde ise 40 adet olmak üzere avlanan toplam 140 birey parazit için incelenmiştir.

Mevsimsel olarak çalışma alanından Mart-2013-Şubat-2014 tarihleri arasında avlanan balık örneklerinin total boy ve ağırlıkları ölçülmüştür. Daha sonra diseksiyon işlemine geçilmiştir. Diseksiyon işlemine ilk önce incelenen her bir balığın solungaçları çıkarılarak binoküler mikroskop altında parazitler aranmıştır. Tespit edilen parazitlerin tür, yerleşim ve sayıları kaydedilip, türlerine göre petri kaplarına konulmuştur. Monogenean'ler solungaç lamellerinden iğne veya fırçayla alındıktan sonra, sabit preparat haline getirilmiştir. Acanthocephala örneklerinden canlı olanların bir kısmı -gevşemeleri için- su içerisinde buzdolabında bir gece bekletilmişlerdir. Daha sonra %5'lik formalinde fikse edilmişlerdir. Diğer bir kısım örnek ise buzlu suda bekletilerek, gevşemeleri sağlanmış ve %70 etanolde fikse edildikten sonra, iron-carminle boyanarak daimi preparatları yapılmıştır (Fernando vd. 1972). Parazitlerin teşhisinde; Bychovskaya - Pavlovskaya 1962; Gussev 1985; Gussev vd. 1987; Markevic 1951; Amin vd. 2003, Amin 2013'in düzenlediği anahtarlardan yararlanılmıştır. Yaş için değerlendirilen otolitler gliserinde bekletilerek mikroskop altında doğrudan okuma yöntemi uygulanmıştır (Murray 1994; Campana vd. 2003; Walsh ve Maloy 2008). Ayrıca, *C. erhani*'de bulunan bir tür parazitin SEM görüntüleri alınmıştır. Görüntüleme işlemler Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Elektron Mikroskop Görüntü Analiz Ünitesi (TEMGA)'nde yapılmıştır.



Şekil 2. *Capoeta erhani*

Bulgular

Çalışma alanımızı oluşturan Menzelet Baraj Gölünden ve Küçürge Deresinden mevsimsel olarak yakalanan *C. erhani* türüne ait toplam 140 adet balık örneği incelenmiştir. Mevsimlere göre ilkbaharda 28 adet (iki kaynaktaki toplam balık sayısı), yazda 35, sonbaharda 37 ve kış mevsiminde ise 40 adet olmak üzere toplam 140 birey parazit için incelenmiştir. Buna göre, Monogenean grubundan *Dactylogyrus lencorani* Mikailov, 1974 ve Acanthocephale grubundan ise *Neoechinorhynchus zabensis* Amin, Abdullah & Mhaisen, 2003 türleri tespit edilmiştir.

D. lencorani sadece ilkbahar numunelerinde tespit edilirken, *N. zabensis* türü ise her mevsimde incelenen bireylerde saptanmıştır. Her mevsimde örneklenen bireylerden toplam 7653 adet tespit edilen *N. zabensis* sadece ilkbahar örneklerinde 59 adet olarak tespit edilen *D. lencorani*'e göre daha baskın olduğu belirlenmiştir. En fazla örnek kış mevsiminde avlanılmıştır. Aynı şekilde en fazla enfekte balık da bu mevsimde görülmüştür. Buna karşılık her mevsimde saptanan *N. zabensis* paraziti baz alındığında yaygınlık oran (% 100), ortalama yoğunluk (68,36) ve ortalama bolluk

(68,36) değerleri ile ilkbahardaki örneklemelerde yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). *C. erhani* türünde karşılaşılan her iki parazit türlerine ait mevsimsel

incelenen balık sayısı, enfekte balık sayısı, yaygınlık (%), ortalama yoğunluk, ortalama bolluk ve toplam parazit sayıları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. *Capoeta erhani*’de mevsimlere göre kaydedilen helmint türleri, parazitli balık sayıları, enfeksiyon oranları (%), ortalama yoğunluk-bolluk değeri ve toplam parazit sayılar.

Mevsimler	Türler	İncelenen balık sayısı	Enfekte balık sayısı	Yaygınlık (%)	Ortalama Yoğunluk	Ortalama Bolluk	Toplam Parazit Sayısı
İlkbahar	<i>D.lencorani</i>	28	6	21,4	9,83	2,11	59
	<i>N.zabensis</i>	28	28	100	68,36	68,36	1914
Yaz	<i>D.lencorani</i>	35	0	0	0	0	0
	<i>N.zabensis</i>	35	35	100	68,31	68,31	2391
Sonbahar	<i>D.lencorani</i>	37	0	0	0	0	0
	<i>N.zabensis</i>	37	28	75,7	34,82	26,35	975
Kış	<i>D.lencorani</i>	40	0	0	0	0	0
	<i>N.zabensis</i>	40	39	97,5	61,36	59,83	2393

Dört mevsim boyunca yapılan parazitik incelemelerde *D. lencorani*, konak balığın hiçbir dişi bireyinde gözlenmemiştir. Buna karşılık ilkbahar örneklerinin erkek bireylerinde bu monogenean parazit %33,30 yaygınlık oranında, 9,89 ortalama yoğunlukta, 3,28 ortalama bollukta ve toplam parazit sayısı 59 olarak bulunmuştur. Öte yandan dişi eşey gruplarında en yüksek yaygınlık (%100), ortalama yoğunluk (85,3) ve ortalama bolluk (85,3) ilkbahar örneklerinde saptanmıştır. Erkek eşey gruplarında

ise; en yüksek yaygınlık (%100), ortalama yoğunluk (67,45) ve ortalama bolluk (67,45) değerler ile yaz mevsimindeki örneklemelerde tespit edilmiştir. Buna karşılık tüm dişilerde dört mevsim boyunca toplam 7673 adet *N. zabensis* paraziti saptanmıştır. Ayrıca, *N. zabensis* parazit türü de her mevsimde toplam parazit sayısı açısından erkek bireylerde daha fazla saptanmıştır. Monogenean ve Acanthocephala türlerine ait iki parazitin cinsiyetlere göre mevsimsel dağılımlarına ait veriler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. *Capoeta erhani*’de mevsimlere göre kaydedilen helmint türleri, parazitli balık sayıları, enfeksiyon oranları (%), ortalama yoğunluk-bolluk değeri ve toplam parazit sayılarının konak balık eşey gruplarına göre dağılımı.

Mevsimler	Cinsiyet	Türler	İncelenen Balık Sayısı	Parazitli Balık Sayısı	Yaygınlık (%)	Ortalama Yoğunluk	Ortalama Bolluk	Toplam Parazit Sayısı
İlkbahar	Dişi	<i>D. lencorani</i>	(n:10)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:10)	10	100	85,3	85,3	853
	Erkek	<i>D. lencorani</i>	(n:18)	6	33,3	9,89	3,28	59
		<i>N. zabensis</i>	(n:18)	18	100	58,94	58,94	1061
Yaz	Dişi	<i>D. lencorani</i>	(n:13)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:13)	13	100	69,77	69,77	907
	Erkek	<i>D. lencorani</i>	(n:22)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:22)	22	100	67,45	67,45	1484
Sonbahar	Dişi	<i>D. lencorani</i>	(n:14)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:14)	9	64,3	22,67	14,57	204
	Erkek	<i>D. lencorani</i>	(n:23)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:23)	19	82,6	40,58	33,52	771
Kış	Dişi	<i>D. lencorani</i>	(n:24)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:24)	24	100	65,54	65,54	1573
	Erkek	<i>D. lencorani</i>	(n:16)	0	0	0	0	0
		<i>N. zabensis</i>	(n:16)	15	93,8	54,67	51,25	820

Yukarıda belirtildiği gibi; Seyhan Nehri’nin bir kolu olan ve Karaisalı/Adana yakınından geçen Küçürge akarsuyundan yakalanan *C. erhani* örneklerinde *N. zabensis*’e ilaveten solungaçlarda Monogenea’dan *D. lencorani* türüne ilkbaharda rastlanmıştır (Şekil 3). Çizelge 3 ve 4’den anlaşılacağı gibi, en fazla parazit sayısına “0” yaş

grubu ve en küçük boy (15-17 cm) grubuna sahip balık bireylerinde bulunmuştur.

Öte yandan, yakalanan balıkların tüm bireylerinin bağırsaklarında Acanthocephala’ye ait *N. zabensis* türü Menzelet Baraj Gölü’nde dört mevsim boyunca (fanyalı ağlarla) ve Küçürge Deresinde (elektroşokerle) sadece ilkbaharda tespit

edilmiştir (Şekil 4a, 4b ve 5). Çizelge 5 ve 6'dan anlaşılacağı gibi; söz konusu parazitin yaş ve boy skalalarına göre mevsimsel değerlendirmeleri ortaya konmuştur. En fazla parazit kış mevsiminde 3 yaş

grubundaki balıklarda bulunmuştur. Buna karşılık, yine ilkbahar mevsimindeki boy eksenli yapılan değerlendirmelerde en fazla *N. zabensis* IX (29,1-47,0) boy grubunda saptanmıştır.



Şekil 3. *Dactylogyrus lencorani*'nin haptor kısmı

Çizelge 3. *Capoeta erhani*'de bulunan *Dactylogyrus lencorani*'nin yaş gruplarına göre değerlendirilmesi.

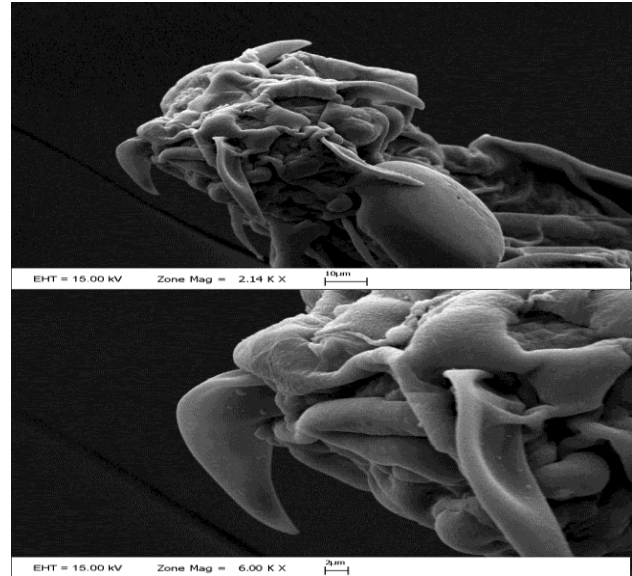
Yaş Grubu	O	I	II	III	IV	V	VI	VII
İlkbahar								
İncelenen Balık Sayısı	5	1	0	12	7	2	3	0
Enfekte Balık Sayısı	5	1	0	0	0	0	0	0
Yaygınlık (%)	100	100	0	0	0	0	0	0
Ortalama Yoğunluk	9,2	13	0	0	0	0	0	0
Ortalama Bolluk	9,2	13	0	0	0	0	0	0
Toplam Parazit Sayısı	46	13	0	0	0	0	0	0

Çizelge 4. *Capoeta erhani*'de bulunan *Dactylogyrus lencorani*'nin boy gruplarına göre değerlendirilmesi.

Boy Grubu	I (15,0- 17,0)	II (17,1- 18,0)	III (18,1- 22,0)	IV (22,1- 24,0)	V (24,1- 25,0)	VI (25,1- 26,0)	VII (26,1- 27,0)	VIII (27,1- 29,0)	IX (29,1- 47,0)
İlkbahar									
İncelenen Balık Sayısı	4	1	1	0	0	4	5	5	8
Yaygınlık (%)	100	100	100	0	0	0	0	0	0
Ortalama Yoğunluk	9,75	7	13	0	0	0	0	0	0
Ortalama Bolluk	9,75	7	13	0	0	0	0	0	0
Toplam Parazit Sayısı	39	7	13	0	0	0	0	0	0



Şekil 4.a) *Capoeta erhani* 'de bulunan *Neoechinorhynchus zabensis* b) *Neoechinorhynchus zabensis* 'un erkek posteriyör kısmı



Şekil 5. *Neoechinorhynchus zabensis*'in kancalarının SEM'da görüntülenmesi

Çizelge 5. *Capoeta erhani*'de bulunan *Neoechinorhynchus zabensis*'nin yaş gruplarına göre değerlendirilmesi.

Yaş Grubu		O	I	II	III	IV	V	VI	VII
İlkbahar	İncelenen Balık Sayısı	5	1	0	12	7	2	1	0
	Enfekte Balık Sayısı	5	1	0	12	7	2	1	0
	Yaygınlık (%)	100	100	0	100	100	100	100	0
	Ortalama Yoğunluk	20,6	42	0	73,1	61,4	142	178	0
	Ortalama Bolluk	20,6	42	0	73,1	61,4	142	178	0
	Toplam Parazit Sayısı	103	42	0	877	430	284	178	0
Yaz	İncelenen Balık Sayısı	0	2	10	15	5	3	0	0
	Enfekte Balık Sayısı	0	2	10	15	5	2	0	0
	Yaygınlık (%)	0	100	100	100	100	66,7	0	0
	Ortalama Yoğunluk	0	84	40,2	72,4	93,2	134,5	0	0
	Ortalama Bolluk	0	84	40,2	72,4	93,2	89,67	0	0
	Toplam Parazit Sayısı	0	168	402	1086	466	269	0	0
Sonbahar	İncelenen Balık Sayısı	12	17	2	4	0	0	3	1
	Enfekte Balık Sayısı	9	11	2	4	0	0	3	1
	Yaygınlık (%)	75	64,7	100	100	0	0	100	100
	Ortalama Yoğunluk	16,1	34,6	33	63,3	0	0	45	85
	Ortalama Bolluk	12,1	22,4	33	63,3	0	0	45	85
	Toplam Parazit Sayısı	145	381	66	253	0	0	45	85
Kış	İncelenen Balık Sayısı	6	4	3	22	5	0	0	0
	Enfekte Balık Sayısı	6	3	3	22	5	0	0	0
	Yaygınlık (%)	100	75	100	100	100	0	0	0
	Ortalama Yoğunluk	12,3	22,3	53,3	77,9	76	0	0	0
	Ortalama Bolluk	12,3	16,8	53,3	77,9	76	0	0	0
	Toplam Parazit Sayısı	74	67	160	1713	379	0	0	0

Çizelge 6. *Capoeta erhani*'de bulunan *Neoechinorhynchus zabensis*'nin boy gruplarına göre değerlendirilmesi.

Yaş Grubu		I (15,0- 17,0)	II (17,1- 18,0)	III (18,1- 22,0)	IV (22,1- 24,0)	V (24,1- 25,0)	VI (25,1- 26,0)	VII (26,1- 27,0)	VIII (27,1- 29,0)	IX (29,1- 47,0)
İlkbahar	İncelenen Balık Sayısı	4	1	1	0	0	4	5	5	8
	Enfekte Balık Sayısı	4	1	1	0	0	4	5	5	8
	Yaygınlık (%)	100	100	100	0	0	100	100	100	100
	Ortalama Yoğunluk	19,5	25	42	0	0	69,5	80	53,6	102,8
	Ortalama Bolluk	19,5	25	42	0	0	69,5	80	53,6	102,8
	Toplam Parazit Sayısı	78	25	42	0	0	278	400	223	823
Yaz	İncelenen Balık Sayısı	0	0	2	8	3	5	4	8	5
	Enfekte Balık Sayısı	0	0	2	8	3	5	4	8	5
	Yaygınlık (%)	0	0	100	100	100	100	100	100	100
	Ortalama Yoğunluk	0	0	32	51,5	46,3	73,6	68,7	88,2	85,4
	Ortalama Bolluk	0	0	32	51,5	46,3	73,6	68,7	88,2	85,4
	Toplam Parazit Sayısı	0	0	64	412	139	368	275	706	427
Sonbahar	İncelenen Balık Sayısı	13	11	5	2	1	1	2	0	2
	Enfekte Balık Sayısı	11	8	1	2	1	1	2	0	2
	Yaygınlık (%)	84,6	72,7	20	100	100	100	100	0	100
	Ortalama Yoğunluk	15,64	37	58	33	72	38	71,5	0	65
	Ortalama Bolluk	13,23	26,9	11,6	33	72	38	71,5	0	65
	Toplam Parazit Sayısı	172	296	58	66	72	38	143	0	130
Kış	İncelenen Balık Sayısı	6	3	1	2	5	7	8	8	0
	Enfekte Balık Sayısı	6	3	0	2	5	7	8	8	0
	Yaygınlık (%)	100	100	0	100	100	100	100	100	0
	Ortalama Yoğunluk	12,3	22,3	0	38,5	71,6	66	88,3	81,1	0
	Ortalama Bolluk	12,3	22,3	0	38,5	71,6	66	88,3	81,1	0
	Toplam Parazit Sayısı	74	67	0	77	358	462	706	649	0

Tartışma

Ülkemizdeki endemik balıklardan *Capoeta erhani*'de bulunan helmint biyoçeşitliliğinin incelendiği bu çalışmada,

C. erhani'nin % 92,9'unun en az iki tür parazitlerle enfekte olduğu saptanmıştır.

Dactylogyrus genusu oldukça yüksek sayıda tür içermektedir. Bunun 900 türün üzerinde olduğu

bilinmektedir (Gibson vd. 1996). Bu türler içinde yer alan *D. lencorani* sadece Seyhan'a dökülen Küçürge suyundan ilkbaharda yapılan örneklemede *C. erhani*'de bulunmuştur. Menzelet Baraj Gölünde yapılan dört mevsim örneklemelemlerde ise bu türe rastlanılmamıştır. Özellikle erkek, küçük yaş ve boya sahip bireylerde yaygınlık oranı % 33,3, ortalama yoğunluk % 9,89 ve ortalama bolluk % 3,28 olarak bulunmuştur. Buna karşın, Koyun (2012)'nin Murat Nehiri'nde yaşayan *Capoeta umbla*'da bulduğu *D. lencorani*'nin ortalama yaygınlık oranı mevsimsel olarak %58-100 arasında değişmiştir. En yüksek yaygınlık oranı yaz mevsiminde kaydedilmiştir. Ortalama yoğunluk en az kış mevsiminde (% 14,66), en yüksek ise ilkbaharda (% 40,89) belirlenmiştir. Yaş gruplarına göre, ortalama yaygınlık I yaşındakilerde % 17, V yaşlarındakilerde ise %100 oranında saptanmıştır. Yine ortalama yoğunluk ise, I. yaşlarda % 1, V. yaşlarda ise % 28,9 olarak belirlenmiştir. Cinsiyetlere göre sonbahar istisna edilirse, en yüksek parazitlenme ilkbaharda erkeklerde kayıt edilmiştir. Raissy vd. (2010) Gondoman Lagün Gölü'nde yaptıkları çalışmada *Capoeta damascina* konağından kayıt vermişlerdir. Abdullah ve Abdullah (2013) Irak'ta Darbandikhan Gölü'nde yaptıkları çalışmada *C.trutta*'da (ortalama yaygınlık oranı % 2,89 ve ortalama yoğunluk oranı % 5) *D. lencorani* kaydı yapmışlardır. Ayrıca *C. umbla*'da ise ortalama yaygınlık oranını % 83,3 ve ortalama yoğunluk ise % 12 düzeyinde belirlemişlerdir.

D. lencorani çoğunlukla *Capoeta* türlerinde bulunmasına karşın diğer bazı konaklarda da rapor edilmiştir. Pazooki ve Masoumian (2012) İran iç sularında paraziti şu konaklarda tespit etmişlerdir: *Abramis brama*, *Albornoides bipunctatus*, *C. aculeata*, *C. capoeta*, *C. damascina*, *C. trutta*, *Carassius carassius*, *C. carpio*. Al Saadi (2013) Irak'ta Dicle Nehirinde *Barbus xanthopterus* konağında türün kaydını vermiştir. Koyun vd. (2015) da Doğu Anadolu Bölgesindeki Murat Nehirinde *Barbus lecerta*'da parazite düşük düzeyde sonbahar ve kış mevsimlerinde rastlamıştır.

26 familya, 157 genus ve 1298 türle temsil edilen Acanthocephala grubundan (Amin 2013) da bir tür *N. zabensis* bu çalışmamızda tespit edilmiştir. *N. zabensis* ilk kez Kuzey Irak'ta Küçük ve Büyük Zap akarsularında yaşayan *C. damascina* (Valenciennes,1842) ve *C. trutta* (Heckel,1843)'dan rapor edilmiştir (Amin vd. 2003). Türkiye'deki yedi tatlı su balığındaki Acanthocephala'nın rapor edildiği çalışmada ise, *C. erhani*'de bu türe işaret edilmektedir (Smales vd. 2015).

Oğuz vd. (2012) Türkiye'de Murat Nehirinden *Capoeta barroisi* ve İran'da Dez Nehirinden *C. trutta*'da bulunan *N. Zabensis*'in daha önce kuzey

Irak *C. damascina* ve *Capoeta trutta*'ta bulunan aynı parazitin kıyaslamalarının yapıldığı çalışmada SEM kullanarak bazı değerlendirmelerde bulunmuştur. Bu çalışmada *C. barroisi* 'de parazitin yaygınlık oranı % 100, *C.trutta*'da ise % 64,6 şeklinde bulunmuştur. Gerek Menzelet Baraj Gölünde mevsimsel ve gerekse Küçürge suyundan alınan ilkbahar örneklerinde *N. zabensis* konağın bağırsaklarında tespit edilmiştir. En fazla yaygınlık oranı ilkbahar ve yaz mevsimlerinde olmuştur (%100). Bunu kış mevsimi izlemiştir. Çalışmamızda en fazla parazit miktarı kış mevsiminde III yaş grubunda belirlenmiştir. Koyun (2012) Murat Nehiri'ndeki *C. umbla*'da yaptığı çalışmada en yüksek yaygınlık oranını yaz ve kış örneklemelemlerinde tespit etmiştir (% 4). Yine en yüksek yaygınlık oranını V yaş grubunda saptamıştır (% 8). Bu çalışmamızda konak olan *C. erhani* için *D. lencorani* (Monogenean)'nin yeni kayıt olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan *N. zabensis*'in bu konakta yoğun bir şekilde bulunduğu, özellikle ilkbahar mevsiminde konak boyundaki artışla birlikte bu parazitin yoğunluğunun da arttığı saptanmıştır.

Teşekkür

Bu makale “Akdeniz Bölgesi'ndeki *Capoeta erhani*, *Capoeta pestai*, *Capoeta mauricii* Türlerinin Helminth Parazitlerinin Biyoçeşitliliğinin Araştırılması” (Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü) başlıklı tezden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Abdullah YS, Abdullah SMA. 2013. Monogenean infections on fishes from Darbandikhan Lake in North Iraq. Region, Iraq. Basrah J. Agric. Sc. 26 (Special Issue 1):117-131.
- Al-Saadi AAJ. 2013. Some parasites from gills of five fish species and the first record of the Monogenean *Ligophorus Imitans* Euzet Et Suriano, 1977 in Iraq. İbn. Al- Haitham Jour. for pure and Appl. Sci. 26: (1), 56-63.
- Amin OM. 2013. Classification of the Acanthocephala. Folia Parasit. 60:(4), 273–305.
doi: 10.14411/fp.2013.031
- Amin OA, Abdullah SMA, Furhan T, Mhaisen FT. 2003. *Neoechinorhynchus zabensis* sp.n. (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) from freshwater fish in Northern Iraq, Folia Parasit. 50: (4), 293–297.
doi: 10.14411/fp.2003.048.
- Ayyıldız H, Emre Y, Ozen O, Yağcı A. 2014. Age and growth of *Capoeta erhani* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) from the Menzelet Reservoir, Turkey. Acta Ichthyol Piscat. 44: (2), 105-110.
doi: 10.3750/AIP2014.44.2.03
- Ayyıldız H, Emre Y, A. Yagci A, Altin A. 2015. Length–weight relationships of eight freshwater (Cypriniformes) fish species from Turkey. J Appl Ichthyol. 31: (5), 1–2.

- doi: [10.1111/jai.12828](https://doi.org/10.1111/jai.12828)
- Bektaş Y, Turan D, Aksu İ, Ciftçi Y, Eroğlu O, Kalaycı G, Belduz AO. 2017. Molecular phylogeny of the genus *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) in Anatolia, Turkey, Biochem Syst and Ecol. 70: 80-94.
doi: [10.1016/j.bse.2016.11.005](https://doi.org/10.1016/j.bse.2016.11.005)
- Bychovskaya-Pavlovskaya IE. 1962. Key to parasites of freshwater fishes of the U.S.S.R. Moskova – Leningrad: Izdatel'stvo Akademi Nauk SSR. (In Russian: English Translation – Israel Program for Scientific Translation), Jerusalem, 919p.
- Campana SE, Stanley RD, Wischniowski S. 2003. Suitability of glycerin-preserved otoliths for age validation using bomb radiocarbon. J Fish Biol. 63: 848-854.
doi: [10.1046/j.1095-8649.2003.00174.x](https://doi.org/10.1046/j.1095-8649.2003.00174.x)
- Çiçek E, Birecikligil ESS, Fricke R. 2015. Freshwater fishes of Turkey: a Revised and Updated Annotated Checklist, Biharean Biologist, 9: (2), 141-157. Article No.: 151306.
- Emre Y, Uysal K, Pak F, Emre N, Kavasoğlu M. 2014. Seasonal and Sexual Variations of Fatty Acid Composition in Fillet of *Capoeta erhani*, International Journal of Aquatic Biology 2: (6), 313-318.
- Erk'akan F, Özdemir F. 2011. Revision of the Fish Fauna of the Seyhan and Ceyhan River Basins in Turkey, Research Journal of Biological Sciences 6: (1), 1-8.
doi: [10.3923/rjbsci.2011.1.8](https://doi.org/10.3923/rjbsci.2011.1.8)
- Ergüden, S.A. 2016. Length- weight relationships for six freshwater fish species from the Seyhan Reservoir (south- eastern Anatolia, Turkey), Journal of Applied Ichthyology, Technical Contribution, 32: 1, 141-143.
doi: [10.1111/Jai.12905](https://doi.org/10.1111/Jai.12905)
- Ergüden SA, Göksu MZL. 2012. The Fish Fauna of The Seyhan Dam Lake (Adana), Journal of Fisheries Sciences. 6: (1), 39-52.
doi: [10.3153/jfscm.2012006](https://doi.org/10.3153/jfscm.2012006)
- Fernando CH, Furtado JI, Gussev AV, Hanek G - Kakonge S. A. 1972. Methods for the Study of Freshwater Fish Parasites. Department of Biology, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada. p.76.
- Gibson DI, Timofaeva, TA, Gerashev PI. 1996. A Catalogue of the Nominal Species of the n Genus *Dactylogyrus* Diesing, 1850 and Their Host Genera. Systematic Parasitology, 35: 3-48.
doi: [10.1007/BF00012180](https://doi.org/10.1007/BF00012180)
- Gushev AV. 1985. In: Key to Parasites of the Freshwater Fishes of the USSR. Fauna, vol. 2. (ed. By ON Bauer) Publ. House Nauka. Leningrad, 1 - 418 p.
- Gushev AV, Poddubnaya AV, Abdeeva VV. 1987. Key to Parasites of the Freshwater Fishes of the USSR. Fauna, vol. 3 (ed. By ON Bauer) Publ. House Nauka. Leningrad, 1 - 532 p.
- Kara C, Alp A, Şimşekli M. 2010. Distribution of Fish Fauna on the Upper and Middle Basin of Ceyhan River, Turkey, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 10: 111-122.
doi: [10.4194/trjfas.2010.0116](https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0116)
- Koyun M. 2012. The Occurrence of Parasitic Helminths of *Capoeta Umbla* in Relation to Seasons, Host Size, Age and Gender of The Host in Murat River, Turkey. Journal of Animal and Vet. Advance, 11: (5), 609-614.
doi: [10.3923/javaa.2012.609.614](https://doi.org/10.3923/javaa.2012.609.614)
- Koyun M, Ulupınar M, Gül A. 2015. Seasonal Distribution of Metazoan parasites on Kura Barbell (*Barbus lacerta*) İn Eastern Aotolia, Turkey, Pakistan J. Zool, 47: (5), 1253-1261.
- Kuru M, Yerli S, Mangit F, Ünlü E, Alp A. 2014. Fish Biodiversity in İnland Waters of Turkey, Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture, 3, 93-120
- Markevic A.P. 1951. Parasitic Fauna of Freshwater Fish of the Ukrainian SSR.İsrail Program Scientific Translations, Jarusalem, 10–11.
- Mazlum RE, Turan D, Bilgin DS. 2015. Length-Weight Relationships of Nine Cyprinid Species from İnland Waters of Turkey, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15, 381-384.
doi: [10.4194/1303-2712-v15_2_22](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_2_22)
- Murray CB. 1994. A Method For Preparing Chinook Salmon Otoliths For Age-Determination, and Evidence of Its Validity. Transactions of the American Fisheries Society. 123, 358-367.
- Oğuz MC, Amin OM, Heckmann RA, Tepe Y, Johargholizadeh G, Aslan B, Malek M. 2012. The Discovery of *Neoechinorhynchus Zabensis* (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae) From Cyprinid Fishes İn Turkey and Iran, With Special Reference To New Morphological Features Revealed By Scanning Electron Microscopy, Turk J Zool, 36: (6), 759-766.
doi: [10.3906/zoo-1106-8](https://doi.org/10.3906/zoo-1106-8)
- Özdemir F. 2013. Türkiye'deki *Capoeta* (Teleostei: Cyprinidae) Cinsine Ait Tür ve Alttürlerin Klasik ve Moleküler Sistematik Yöntemler Kullanılarak Revizyonu, H.Ü Biyoloji Bölümü (157 Sayfa).
- Pazooki J, Masoumian M. 2012. Synopsis of The Parasites in Iranian Freshwater Fishes., Iranian Journal of Fisheries Sciences, 11: (3), 570-589.
- Raissy M, Ansari M, Lashkari A, Jalali B. 2010. Occurrence of Parasites in Selected Fish Species in Gandoman Lagoon, Iran. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 9: (3), 464-471.
- Smales LR, Aydogdu A, Emre Y. 2015. Acanthocephala From Seven Species of Freshwater Fish (Cyprinidae and Cyprinodontidae) From Turkey with the Description of a New Species of *Paralongicollum* (Pomphorhynchidae), Comparative Parasitology, 82: (1), 94-100.
doi: [10.1654/4709.1](https://doi.org/10.1654/4709.1)
- Turan D, Kottelat M, Ekmekçi FG. 2008. *Capoeta erhani*, a new species of cyprinid fish from Ceyhan River, Turkey (Teleostei: Cyprinidae), Ichthyol. Explor. Freshwaters, 19, 3, 263-270.
- Walsh MG, Maloy AP. 2008. Comparison of Rainbow Smelt Age Estimates from Fin Rays and Otoliths. N Am J Fish Manag, 28, 42-49.
doi: [10.1577/M06-292.1](https://doi.org/10.1577/M06-292.1)



First Confirmed Record for the *Lepomis gibbosus* (L., 1758) in The Lower Sakarya River Basin (Turkey)

İsmail REİS*  Hasan CERİM  Celal ATEŞ 

Department of Fishing Technology, Faculty of Fisheries, Mugla Sıtkı Kocman University, Kotecli-Mentese 48000 Mugla, Turkey

ABSTRACT

This paper is the first reference of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) in the lower Sakarya River basin (Turkey). The data were obtained from samplings carried out between April 2017 and July 2017. *L. gibbosus* is currently found in only two regions of Turkey, its introduced range is expanding rapidly, and for this reason it is important to monitor the impacts of this introduced species on natural ecosystems.

Keywords: Pumpkinseed, non-native species, Sakarya River.

ARTICLE INFO

SHORT COMMUNICATION

Geliş : 12.03.2018

Düzeltilme : 12.07.2018

Kabul : 16.07.2018

Yayım : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.404510

* CORRESPONDING AUTHOR

ismailreis@mu.edu.tr

Tel : +90 252 211 31 69

Aşağı Sakarya Nehri Havzası'nda (Türkiye) *Lepomis gibbosus* (L., 1758) İçin İlk Kayıt

Öz: Bu çalışma, aşağı Sakarya Nehri havzasında (Türkiye) yakalanan güneş levreğinin (*Lepomis gibbosus*) ilk referansıdır. Veriler, Nisan 2017 ve Temmuz 2017 tarihleri arasında yapılan örneklemelerden elde edilmiştir. *L. gibbosus*, Türkiye'nin sadece iki bölgesinde bulunmakta olup, hızla yayılım göstermektedir ve bu nedenle, bu türün doğal ekosistemler üzerindeki etkilerini izlemek önemlidir.

Anahtar kelimeler: Güneş levreği, egzotik tür, Sakarya Nehri.

Alıntılama

Reis İ, Cerim H, Ateş C. 2018. First Confirmed Record for the *Lepomis gibbosus* (L., 1758) in The Lower Sakarya River Basin (Turkey). LimnoFish. 4(3): 189-191. doi: 10.17216/LimnoFish.404510

Introduction

Lepomis gibbosus has a high and laterally compressed body shape. The maximum size is up to 40 cm of total length (TL) in its native area (Page and Burr 1991), but is smaller in European water bodies (Copp et al. 2004). Unique colouration helps *L. gibbosus* stand out from other members of the sunfish family. The breast and underside of pumpkinseeds are orange to red-orange, while the back and sides are brown to olive. On some individuals, speckles of orange, yellow, blue and emerald may be found on the sides, back, anal and caudal fins. *L. gibbosus* have seven to eight irregular vertical bands on their sides. Radiating back from the snout and over the opercula are several wavy stripes (Jordan et al. 2009).

The native range of *L. gibbosus* is restricted to North America. The species was originally found

from New Brunswick down the Atlantic seaboard as far as northeastern Georgia. The species also occurred west of the Appalachian Mountains from southern Quebec to southern Ohio, west to northern Missouri, and north through eastern South Dakota to eastern Manitoba, including western Ontario (Scott and Crossman 1973).

L. gibbosus was first seen in Ipsala canal in Turkey (Erk'akan 1983). Afterwards, in Gala Lake (Baran and Ongan 1988). The species were also found in two water courses (Saricay, Milas Mugla and Dipsiz-Cine, Aydin) of the Aegean region presumably moved there by humans (Barlas et al. 2001) and subsequently in Dipsiz- Cine Stream Mugla-Aydin (Barlas and Dirican 2004; Dirican and Barlas 2005), Topcam Reservoir Cine-Aydin (Sasi and Balik 2003), Geyik Reservoir Mugla (Yilmaz et

al. 2006), Kemer Reservoir and Akçay Stream (Ozcan 2007) and Uşak province reservoirs (Yeğen et al. 2013).

Material and Methods

The Sakarya River Basin is Turkey's third largest river basin, with a total area of 58.160 km². It is 824 km long and its drainage basin covers 7.5% of Turkey's acreage. Its average flow rate is about 190 m³ per second. The water temperature changes between 7 to 24 °C throughout the year. The river basin is divided into three regions named Lower, Mid and Upper Basin (Sengorur and Isa 2001).

This study was conducted in three separate regions of Lower Sakarya Basin (Figure 1). Pamukova (latitude 40° 29' 40'' N and longitude 30° 13' 16'' E), Adapazari (latitude 40° 46' 55'' N and longitude 30° 26' 21'' E) and Karasu (latitude 41° 03' 59'' N and longitude 30° 36' 12'' E).

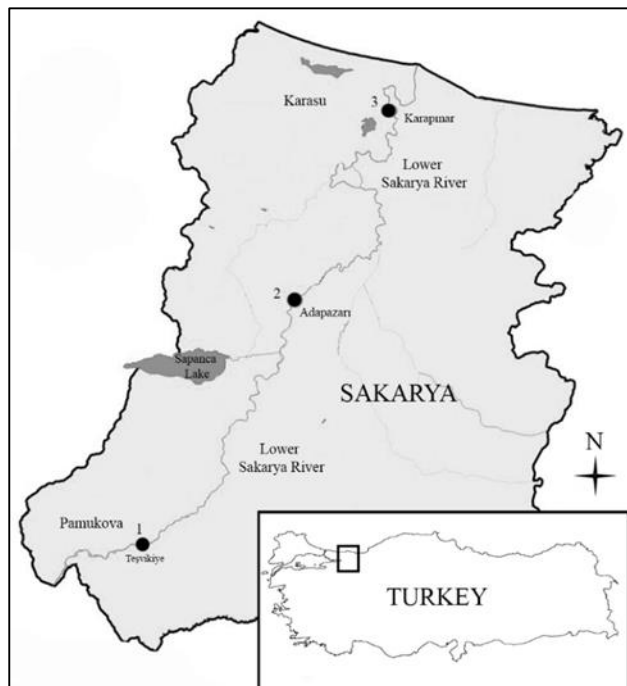


Figure 1. Study area (Scale: 1/500000).

Samples of *L. gibbosus* (Figure 2) were collected with gill-nets (22-36 mm mesh size) and electroshock (SAMUS1000) in Lower Sakarya River between April 2017 and July 2017.

Overall, 26 samples from *L. gibbosus* was examined in the lower Sakarya River

in Turkey. Samples brought to laboratory and were measured by boards. Total length (TL) was recorded to the nearest centimetre (0.1 cm), and bodyweight (W) was recorded to the nearest gram (0.01 g).



Figure 2. *L. gibbosus* (Linnaeus, 1758), Sakarya river, (Turkey). Lateral view (photo by Ismail Reis).

Result and Discussion

In this study, total length and weights were found that 8.7 (min) - 14.7 (max) cm and 13.53 (min) - 75.74 (max) g respectively for *L. gibbosus* (Table 1).

According to local fisherman, this fish started to be seen in the Sakarya river since 2016. *L. gibbosus* has been reported mainly for Mediterranean countries, where their diet has included endemic mollusc subspecies (García-Berthou and Moreno-Amich 2000) and fish eggs (García de Jalón et al. 1993). Although *L. gibbosus* is currently found in only two geographic regions of Turkey (Ozcan 2007), its introduced range is expanding rapidly. The severe ecological and economic damage by *L. gibbosus* in the Sakarya river must alert the authorities to monitor the effects of this introduced species on natural ecosystems. Contact and communication with local stakeholders (citizen scientists, fisherman, local authorities) may provide an effective mechanism for the early detection of invasive species in a new area. Efforts should also be made to build coherent databases to track progress in the region.

Acknowledgements

This project was supported by Mugla Sitki Kocman University (Project no: 17/073).

Table 1. Minimum-maximum and mean length and weight of the *L. gibbosus* collected in Sakarya River, Turkey.

Species	Sexuality	n	Total Length (cm)			Weight (g)		
			Min	Max	Mean±SD	Min	Max	Mean±SD
<i>L. gibbosus</i>	Male	12	8.7	14	12.12±2.15	13.53	61.20	44.40±20.26
	Female	14	8.9	14.7	12.06±2.39	14.87	75.74	44.99±24.78
	Total	26	8.7	14.7	12.08±2.24	13.53	75.74	44.72±22.36

References

- Baran İ, Ongan T. 1988. Gala Gölü'nün limnolojik özellikleri, balıkçılık sorunları ve öneriler. Gala Gölü ve Sorunları Sempozyumu;İstanbul, [in Turkish]
- Barlas M, Yılmaz F, Dirican S. 2001. Sarıçay (Milas) ve Dipsiz-Çine çaylarında yaşayan yeni bir egzotik tür: *Lepomis gibbosus* (Perciformes-Centrarchidae). IV. Ulusal Çevre ve Ekoloji Kongresi, 307-312 [in Turkish]
- Barlas M, Dirican S. 2004. The fish fauna of the Dipsiz Çine (Muğla-Aydın) Stream. Gazi University Journal of Science. 17(3): 35-48.
- Copp GH, Fox MG, Przybylski M, Godinho FN, Vila-Gispert A. 2004. Life-time growth patterns of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* introduced to Europe, relative to native American populations. Folia Zool. 53(3): 237-254.
- Dirican S, Barlas M. 2005. Physico-chemical characteristics and fish of Dipsiz and Çine (Mugla-Aydın) Stream. Ecology. 14(54): 25-30. [in Turkish]
- Erk'akan F. 1983. The fishes of the Thrace Region. Hacettepe Bulletin Natural Sciences and Engineering, 12: 39-48.
- García-berthou E, Moreno-Amich R. 2000. Food of introduced pumpkinseed sunfish: ontogenetic diet shift and seasonal variation. J Fish Biol 57(1): 29-40. doi:10.1111/j.1095-8649.2000.tb00773.x
- Garcia de Jalón D, Mayo Rustarazo M, Gallego B, Hervella F. 1993. Las comunidades piscícolas de los embalses de Madrid. Directrices para su gestión. Ecología. 7: 467-485.
- Jordan C, Backe N, Wright M.C, Tovey C.P. 2009. Biological synopsis of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). Can Manuscr Rep Fish Aquat Sci 2886: iv + 16 p.
- Ozcan G. 2007. Distribution of the non-native fish species, pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), in Turkey. Aquat Invasions. 2(2): 146-148. doi:10.3391/ai.2007.2.2.10
- Page LM, Burr BM. 1991. A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Boston: Houghton Mifflin Company 432 p.
- Sasi H, Balik S. 2003. The Distribution of three exotic fishes in Anatolia. Turk J Zool. 27(4): 319-322.
- Scott WB, Crossman EJ. 1973. Freshwater fishes of Canada. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada. 184: 966p.
- Sengorur B, Isa D. 2001. Factor analysis of water quality observations in the Sakarya River. Turk J Engin Environ Sci. 25: 415-425.
- Yeğen V, Yağcı A, Uysal R, Cesur, M, Yağcı (Apaydın) M. 2013. Uşak İli baraj ve göletlerinin balık faunası. FABA 2013 Fisheries and Aquatic Sciences Symposium; Erzurum, Turkey. [in Turkish]
- Yılmaz F, Barlas M, Yorulmaz B, Ozdemir N. 2006. A taxonomical study on the inland water fishes of Muğla. Ege J Fish Aqua Sci. 23(1-2): 27-30.



Biyoteknolojinin Güncel Uygulamalarının Su Ürünleri Genetik Alanında Kullanılması: Yeni Nesil Dizileme Teknolojileri

Münevver ORAL* 

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Rize, 53100, Türkiye

Ö Z

Geride bıraktığımız elli yıllık süreçte DNA dizi bilgisinin belirlenmesine yönelik muazzam çaba gösterilmiştir. Geliştirilen teknikler sayesinde kısa oligonukleotidlerden milyonlarca nükleotidlik tüm genom dizilemelerini tek reaksiyonda okuyabilen platformlara geçilmiştir. Bu ilerlemeler, Yeni Nesil Dizileme (YND) teknolojilerinin piyasaya sürülmesi ile gerçekleşmiştir. Kullanılan yöntemler, temelde bir genomun indirgenmiş temsiliyi oluşturan rastgele kütüphaneler (RADseq, ddRADseq, 2bRADseq, CROPS ve RRL) ile belli bir bölgeyi hedef alan kütüphaneler (RNAseq) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Örneklerin hazırlanma süreci kısaca, DNA dizisi çıkarılması hedeflenen türün genomunun restriksiyon ya da sonikasyon yöntemi ile parçalara ayrılması bir DNA kütüphanesinin oluşturulması ve ardından yüksek üretim hacmine sahip dizileme ekipmanları ile yeni sentezlenen DNA parçalarının yüksek kapasitede (paralel olarak) dizilenmesi, takiben de tüm bu dizilerin bir araya getirilmesi (*assembly making*) şeklinde özetlenebilir. Bu derlemede, literatürde en fazla kullanılan ve restriksiyon temelli yöntemlerden olan RADseq ve ddRADseq yöntemleri odaklı örneklerin hazırlanması ve biyoinformatik analizleri ele alınmıştır. Ülkemizde potansiyeli henüz keşfedilmemiş olan YND teknolojilerinin su ürünleri genetik literatüründeki kullanım alanları: (i) referans genom haritaları oluşturma (fiziksel), (ii) genetik bağlantı haritalamaları (QTL haritalama), (iii) popülasyon genetiği ve filogeni, (iv) TNP chip dizaynında, (v) verifikasyon ve validasyon çalışmalarında, (vi) ıslah amaçlı genotipleme ile (vii) sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği ve çevresel etkinin en aza indirilmesi noktasında bilgilendirici genetik izlenebilirlik alt başlıklarında derlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık genetiği, yeni nesil dizileme teknolojileri, biyoteknoloji

MAKALE BİLGİSİ

DERLEME

Geliş : 28.02.2018
Düzeltilme : 01.08.2018
Kabul : 15.08.2018
Yayın : 27.12.2018



DOI:10.17216/LimnoFish.399545

* SORUMLU YAZAR

munevver.oral@erdogan.edu.tr
Tel : +90 464 223 1425

Using current applications of biotechnology in aquaculture genetics: Next Generation Sequencing Technologies

Abstract: There have been enormous attempts for determining DNA sequences within the last fifty years. Advances in technology have enabled the shift from the sequencing of short oligonucleotides to whole genome sequencing of millions of bases within a single reaction. Such advances have been attained with the launch of Next Generation Sequencing platforms. Techniques used involve two fundamental sections as generating a reduced representation of the genome of interest through random fragmentation based libraries (RADseq, ddRADseq, 2bRADseq, CROPS ve RRL) and target specific libraries (RNA seq). Briefly, library preparation involves fragmentation of the genomic DNA to be sequenced by using restriction digestion or sonication and then sequence massively in parallel via high-throughput sequencers and make assembly of short fragments. In the present review, RADseq and ddRADseq, the most commonly used techniques of NGS in the literature, have been focused on an explanation of library preparation and bioinformatics analyses. The potential that NGS technologies hold has not been fully understood in our country yet, the applications in aquaculture genetics are: (i) reference genome projects (physical), (ii) genetic linkage mapping (i.e. QTL mapping), (iii) population genetics and phylogeny, (iv) SNP chip design, (v) verification and validation studies, (vi) genotyping for selective breeding as well as (vii) genetic traceability studies for sustainable aquaculture and minimize environmental impacts.

Keywords: Fish genetics, next generation sequencing technologies, biotechnology

Alıntılama

Oral M. 2018. Biyoteknolojinin Güncel Uygulamalarının Su Ürünleri Genetik Alanında Kullanılması: Yeni Nesil Dizileme Teknolojileri LimnoFish. 4(3): 192-204. doi: 10.17216/LimnoFish.399545

Giriş

On dokuzuncu yüzyılın son çeyreğinde Gregor Mendel'in kalıtımın temel ilkelerini ortaya koymasını takiben 20.yy ortalarında DNA'nın keşfi ile başlayan süreçlerden bu yana bilim adamlarının başlıca merakı, gezegende bulunan tüm biyolojik yaşamın kodu olarak adlandırılan DNA molekülünün sırrını ortaya çıkarmak olmuştur. Şayet bu kodun şifreleri çözülebilirse yaşamın ilkelerine dair önemli bilgilerin elde edileceği şüphesizdir. 1990 yılında başlatılan İnsan Genom Projesi (İGP, Human Genome Project-HGP) tam da bu amaçla tasarlanmış ve hedeflenen proje teslim tarihinden 4 yıl önce 2003'te ilk taslağı erişime açılmıştır (IHGSC 2001; Venter vd. 2001). Bu sürpriz başarının mimarı, şüphesiz İGP ile ivme kazanan DNA dizileme sektörüne Yeni Nesil Dizileme (YND, Next Generation Sequencing-NGS) teknolojilerinin giriş yapması ve kısa zamanda yüksek çıktı hacmine sahip (high-throughput sequencing) veri setleri oluşturabilmesi ile sağlanmıştır.

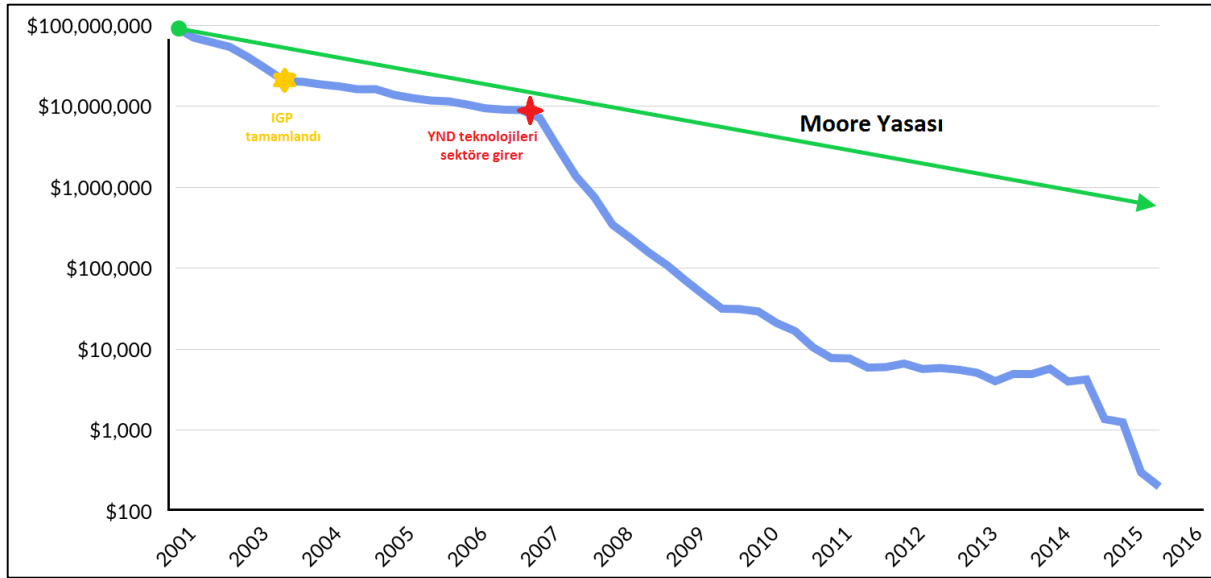
DNA dizileme teknolojilerinin gelişimine bakıldığında 1977 yılı milat olarak alınır. Farklı yöntemleri temel alan ilk nesil dizileme teknolojilerinden olan (i) Maxam-Gilbert ve (ii) Sanger ve Coulson yöntemi aynı dönemlerde literatürdeki yerini almıştır. Maxam-Gilbert, 1977 yöntemi kimyasal temelli radyoaktif işaretlemeyi esas alır. Bu yöntemde dizilenecek DNA fragmanı denatüre edilerek tek zincirli hale getirilir ve fragmanlar 5' uçlarından ³²P radyoaktif bileşeni ile işaretlenerek restriksiyon enzimleri ile muamele edilir. Reaksiyon karışımında bulunan özellikli kimyasallar (dimetil sülfat ve hidrazin) DNA'yı istenilen bölgelerden keser. Örneğin pürin grubu bazlar için DNA fragmanında A ve G bulunan her noktada kesim yapılır. Aynı işlem bu kez pirimidin grubu bazları olan C ve T için de tekrarlandıktan sonra bu reaksiyonlar yüksek konsantrasyonlu poliakrilamit jelde yürütülmek suretiyle fragman büyüklükleri belirlenerek radyoaktif işaretleri görüntülenir. DNA dizisinin okunmasına jelin sonundan başlanır (elektroforez esnasında en küçük DNA fragmanı en hızlı ilerler prensibi dolayısıyla) ve üste doğru daha büyük DNA parçalarının dizilimleri yapılır. Ancak bu yöntem insan sağlığına zararlı yüksek oranda radyoaktif ve nörotoksik (hidrazin) kimyasallar içermesi ve de nispeten düşük çıktı hacmi ile (200-300 baz/reaksiyon) zaman içerisinde yerini Sanger ve Coulson dizilemeye bırakmıştır. Zincir sonlandırma ya da enzimatik yöntem olarak da adlandırılan (ii) Sanger ve Coulson yönteminde dizileme yapılacak DNA fragmanı önce restriksiyon endonukleazlar ile muamele edilerek küçük parçalara ayrılır ve her bir bazı temsil edecek şekilde dört tüp içerisinde denatürasyonu takiben oluşan tek zincirli

kalıp DNA fragmanları, bu fragmanlara komplementer oligonükleoit diziler ile bu dizilerin uzamasını sağlayacak DNA polimeraz enzimi ve dideoksinükleotid karışımları kullanılır (Sanger ve Coulson 1975) – bu işlem günümüzde polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) olarak bildiğimiz deney tüpü içerisinde hedef DNA'nın çoğaltılmasını sağlayan reaksiyonun öncül formu ve fikir babasıdır. Bu yöntemin esası, kullanılan dideoksinükleotidlerin standart deoksinükleotidlere kıyasla DNA molekülünün uzamasını sağlayan fosfodiester bağı yapamamasından ileri gelir. Böylelikle merdiven basamağını andırır şekilde yeni sentezlenen DNA molekülleri kalıp DNA'dan ayrılarak elektroforeze tabi tutulur ve aynı Maxam-Gilbert (1977) yönteminde olduğu gibi büyüklüklerine göre ayrılır. Sanger ve Coulson yönteminde standart çıktı hacmi (200-500 baz/reaksiyon ile başlar ve sistem geliştirildikçe 1500 baz/reaksiyona kadar ulaşır) kimyasal yöntemle kıyasla daha yüksektir ve zaman içerisinde yapılan düzenlemeler ile önceleri kullanılan radyoaktif işaretleyici zincir sonlandırıcı dideoksinükleotidler yerine daha güvenli floresan işaretçilerin kullanılmasıyla Sanger ve Coulson yöntemi hızla yaygınlaşmıştır. Geçmişten günümüze kullanılan DNA dizileme teknolojileri platformlarının tarihsel ve metodolojik gelişimi üzerine kapsamlı derlemeler yapılmış ve her platformun avantaj ve dezavantajları karşılaştırılmalı olarak rapor edilmiştir (Mertzker 2010; Mardis 2011, 2017; Guzvici 2013; Morey vd. 2013; Barba vd. 2014; Heather ve Chain 2016).

Geride bıraktığımız kırk sene içerisinde DNA dizileme teknolojileri çok farklı aşamalardan geçerek geliştirilmiştir ve daimi olarak kapasitesi artırılarak ilerletilmiştir. Tüm bu süreçleri kontrol eden ana motivasyon ise çok daha kısa zaman içerisinde yaşamsal fonksiyonlar üzerinde karar alma noktasında önemli olan DNA dizi bilgisinin daha fazlasının çok daha ucuza, hızlıca sağlanabilir olması düşüncesi hakimdir. Bu emeklerin sonucu, geliştirilen hemen her platformda ürün (dizi bilgisi) artarken, fiyatlar her geçen gün hızla azalmıştır (Şekil 1). Öyle ki *Moore yasası** öngörüsünün bile ötesine geçmiştir (Muir vd. 2016). 2007-2008 yıllarında YND teknolojilerinin piyasaya sürülmesiyle (Illumina HiSeq X10, kısa fragman dizileme) az zamanda büyük ölçekli veri setleri üretilmiş ve bunun karşı konulmaz bir sonucu olarak gen bankasına gönderilen dizi bilgilerinde (özellikle tüm genom dizileme bilgilerinde) gözle görülür bir artışa sebep olmuştur (URL 1). Ortaya çıkan potansiyelin farkına erken varan biyoinformatik şirketleri, dizileme platformu tedarikçi firmaları ile iş birliği sağlayarak hızla gelişen bu alandaki eksiği gidermek ve sektörde marka olmak amacıyla yatırımlar yapmışlardır.

Bunlardan en dikkat çeken Avrupa’da yer alan Edinburgh Genomics (URL 2)’tir. Sahip oldukları dizileme altyapısıyla NERC, BBSRC, MRC, Wellcome Trust gibi kuruluşlarında direk ARGE desteği almakla birlikte; başta tıp (NHS – Ulusal Sağlık Sistemi; 100K genom projesi) olmak üzere ziraat, su ürünleri ve biyoloji alanlarında ulusal ve uluslararası organizasyonlar ile proje partnerlikleri yürütmektedir.

**:Moore yasası – bir kanun olmaktan ziyade – 1965 yılında dünyanın en büyük teknoloji şirketlerinden olan Intel’in kurucusu Gordon Moore’un şirket ve piyasa gözlemleri doğrultusunda ortaya attığı deneysel bir bakış açıdır. Mesajı ise gelişen piyasa ekonomisi ve teknolojisinde işletme gücünün her geçen yıl aynı maliyetler doğrultusunda en az ikiye katlanması gerektiği yaklaşımıdır.*



*Bu süreçte iki önemli kilometre taşı: (i) İnsan Genom projesinin ilk taslağının erişime açılması ve (ii) Yeni Nesil Dizileme teknolojilerinin piyasaya sürülmesi ile ivme kazanan ve hızla azalan maliyetin şematik gösterimi. Moore yasası beklenen azalma oranını temsil eder.

Şekil 1. DNA dizileme maliyetlerinin zamana bağlı değişim grafiği

Yeni Nesil Dizileme teknolojilerini diğer platformlardan ayıran en temel nokta aynı anda, çok büyük ölçekte ve paralel dizi bilgisinin eldesine imkân sağlamak üzere tasarlanmış olmalarıdır. Bu platformların yüksek-çıkı hacmi birkaç başlık altında toplanabilir: (1) Tek bir kütüphanede daha fazla birey genotiplenir (popülasyon ya da aile bazında), (2) birey başına daha fazla belirteç tanımlanır ve (3) her bir belirteç daha düşük hata oranı ve daha yüksek doğruluk oranları ile tespit edilirken paralel okuma derinliği (depth of coverage) de artar. Bu derinlik, genoma ait spesifik bir bölgenin kütüphane içerisinde kaç kez temsil edildiğinin bir göstergesidir. Proje amacına bağlı olarak çeşitlilik göstermekle birlikte standart bir YND kütüphanesinde en az 30 ve üstü birbirinden bağımsız fragman ile aynı bölgenin temsili, yüksek doğrulukta bir dizileme için gereklidir ve dizileme sonucu kalite kriterlerinden biri olarak kullanılır. YND teknolojilerinde tanımlanan belirteçler, hemen her genomda en yoğun bulunan özellikteki Tek Nükleotid Polimorfizmleridir (Single Nucleotide Polymorphism, SNP). Bu belirteçler, (i) yüksek çıktı hacimli veri setlerinin biyoinformatik analizinde

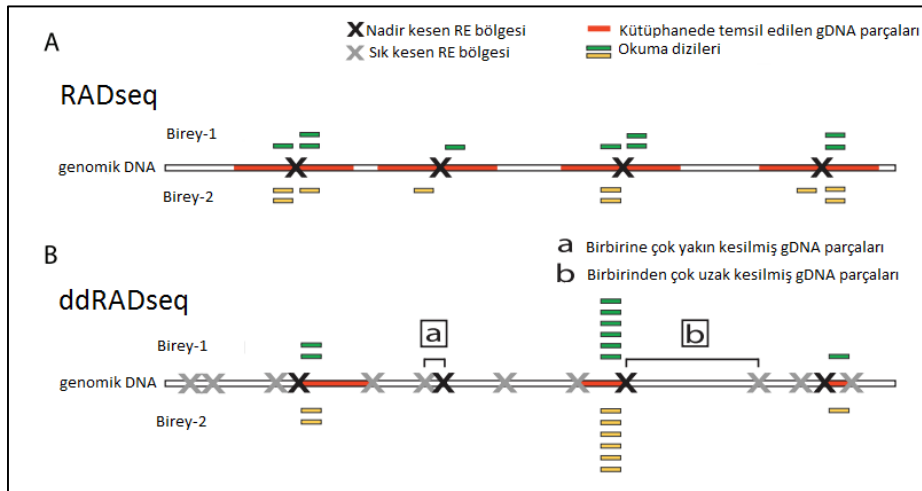
kullanılan bir dizi yazılımının otomasyonuna maksimum uygunluk göstermeleri ve (ii) YND teknolojilerinin de yaygın kullanımına bağlı olarak büyük ölçekli genom analizleri (genome-wide analysis) ve haritalama (mapping) çalışmalarında geleceğin belirteci olarak gösterilmektedir (Liu 2011).

YND teknolojileri platformları çok çeşitli olmakla birlikte; yöntem farklılıkları, kütüphane oluşturma basamakları ve çıktı hacimleri yönünden temelde iki ana başlıkta toplanabilirler: (i) genomların indirgenmiş temsili oluşturulan ve DNA dizilemeyi içeren restriksiyon temelli kütüphaneler [RADseq (Baird vd. 2008; Etter vd. 2011), ddRADseq (Peterson vd. 2012), 2b-RADseq (Wang vd. 2012), CROPS (Van Orsouw vd. 2007), RRL (Van Tassel vd. 2008)] ve (ii) genomun belli bir bölgesini hedef alan (genelde transkripsiyon ve RNAseq temelli) yöntemlerdir. Bu derlemede literatürde en çok kullanılan yöntem olan RADseq (tek restriksiyon enzimi içerir) ve yine aynı yöntemden türetilmiş olan ddRADseq (çift restriksiyon enzimi içerir) tekniğine odaklanılmıştır.

RADseq yöntemini ddRADseq'den ayıran temel farklılık restriksiyon enzimi sayısı ve mekanik fragmentasyon (sonikasyon) kullanımındır. Bu, aynı zamanda maliyeti de arttıran bir basamaktır. RADseq yönteminde tek restriksiyon enzimi ile muamele edilen örneklerin P1 ucundan adaptörlerin bağlanmasının ardından sonikasyona tabi tutularak istenilen boyuttaki DNA fragmanlarının seçilmesiyle P2 adaptörleri de bağlanarak dizilemeye hazır kütüphaneler oluşturulur. Dizileme sonucu yüksek çözünürlük ve derinlikte restriksiyon enzimi tanıma bölgesine komşu ve de çalışılan genom boyunca dağılım gösteren fragmanlar elde edilir (Davey vd. 2011). Restriksiyon enzimi kesim bölgesine komşu ve dizilemesi yapılan her bir fragman RAD gen bölgesi anlamına gelen, RAD lokus ya da (RAD-tag) olarak adlandırılır (Şekil 2). Bu tanımlanan RAD lokuslarının derinliği gerek TNP'lerinin belirlenmesi gerekse de genotiplemenin yüksek doğrulukla yapılmasına olanak sağlar (Robledo vd. 2017).

ddRADseq yönteminde ise (sözlüğe bakınız), metoda aynı zamanda adını da veren çift restriksiyon enzimi kullanılır (Şekil 2). Bu enzimlerden biri genom üzerinde *sık kesim* yapabilen (örneğin: *SphI*; GCATG[^]C) daha kısa tanıma bölgesi içerirken ikinci enzim ise daha *nadir kesim* yapabilen (*SbfI*; CCTGCA[^]GG) ve nispeten uzun tanıma bölgeleri içerir (Şekil 3). Gerek RADseq gerekse de ddRADseq protokollerinde kullanılan restriksiyon enzimleri ve dolayısıyla elde edilmesi planlanan TNP

belirteçleri kullanılan enzimin daha sık ya da nadir kesmesi seçilimi ile ayarlanabilir. Proje bütçesi, planlanan hedefler ve (şayet varsa) çalışılan türün genomuna ait veriler ışığında çalışma amaçları için en uygun enzim(ler)i bulabilmek için online programlar mevcuttur (Lepais ve Weir 2014). Burada kullanılan restriksiyon enzimlerini seçerken dikkat edilecek hususlar: (i) çalışılacak genomda kullanılacak dizileme teknolojisine gereksinimlerine uygun fragmentasyon yapabilmesi ve (ii) birbirlerinin kesim noktalarını içermemesi, (iii) adaptörlere bağlantıyı sağlayacak 3' yapışkan uçlar vermesi ve (iv) her iki enzimin de aynı tampon çözelti içerisinde %100 aktivite gösterebilmeleri gereklidir (ddRADseq protokolünde tek bir reaksiyonda iki enzimli restriksiyon kesimi gerçekleştirileceği için bu basamak oldukça önemlidir). Örneğin, bilgisayar ortamında (*in silico*) gerçekleştirilen bir araştırmaya göre Gen Bankası'nda bulunan balık genomları üzerinde yapılan incelemeyle, yukarıda örneği verilen enzim kombinasyonu (*SbfI*&*SphI*) Illumina dizileme stratejisine optimum uyumlu nitelik ve nicelikte 300-600 nükleotidlik dilimde 2,500-4,000 arası fragman verdiği bildirilmiştir (Taggart ve Bekaert, kişisel iletişim). Yeni nesil dizileme teknolojilerinin su ürünleri ve balıkçılık alanında uygulamaları üzerine derlemeler literatürdeki yerlerini hızla almaktadır (Li ve Wang 2017; Kumar ve Kocour 2017; Robledo vd. 2017).



*(A) RADseq yöntemi tek bir restriksiyon enzimi ile kesimi rastgele fragmentasyon ile birleştirerek daha geniş ölçekte ve de bireyler arası daha dağınık örneklemeler yaparken (kırmızı ile işaretlenen DNA bölgeleri) (B) ddRADseq yönteminde kullanılan iki enzim her zaman aynı bölgelerden kesim yapacağından bireyler arası örneklenen gen bölgelerinin daha fazla birey arasında paylaşılmasına olanak sağlar ve böylelikle verimliliği artırır. Şekil Peterson vd. 2012'den uyarlanmıştır.

Şekil 2. RADseq ve ddRADseq kütüphaneleri şematik gösterimi.

1. Restriksiyon temelli kütüphane oluşturma (ddRADseq odaklı)

YND laboratuvarında örneklerin hazırlanması süreci *kütüphane oluşturma* olarak adlandırılır ve kullanılan model organizmanın adı ve metodu

özetleyecek şekilde isimlendirilirler. (Örneğin: Ssalar_RADtags, NileTilapia_sexQTL_ddRADtags). Kütüphane başına dizilenecek bireyleri arttırmak multipleksleme adı verilen ve dizilenecek DNA fragmanların önüne (P1) ve sonuna eklenen (P2)

kullanılır ve hazırlanan mastermix mümkün olduğunca fazla reaksiyona bölünerek PCR esnasında oluşabilecek sapmalar (*bias*; G ve C nükleotidlerce zengin gDNA bölgeleri ve kısa fragmanlar daha fazla çoğaltılma eğilimindedir) minimize edilir. Hazırlanan kütüphanenin PCR ile zenginleştirilmesinin ardından agaroz jelde kontrolü yapılarak seçilen fragman büyüklüğü ve miktarı tayin edilir. PCR esnasında kullanılan mastermix fazlasını da ortamdan uzaklaştırmak adına bir dizi pürifikasyonu takiben nihai kütüphane için seyreltmeler yapılır. Kütüphane son olarak ısı şoku (98°C, 2dk inkübasyon) ya da kimyasal denatürasyona (NaOH ile oda sıcaklığında 5dk inkübasyon) tabi tutularak YND cihazına yüklenir. Kullanılacak platforma göre farklılık göstermekle birlikte YND teknolojileri DNA dizileme işlemi yaklaşık 16-48 saat arasında sürer (örn: Illumina MiSeq platformu v2 kiti: 300 nükleotidlik çift yönlü okuma [paired-end read] sonucu 15 milyon fragmana eşdeğer yaklaşık 5Gb boyutunda veri seti üretirken, DNA dizileme işlemi 24 saat sürer).

2. Ham dizileme verilerinin kalite kontrol aşamaları

YND cihazlarının hemen hepsi dizileme sürecinde cihazda oluşmuş olan sorunlara yönelik rapor verirler; bu, kalite kontrolün ilk aşamasını oluşturur. Ancak söz konusu bilgiler daha teknik konuları kapsamakla birlikte genetik materyalde (yani kütüphanede) oluşan sorunlarla ilgili bilgilendirici değildir. Bu amaçla bağımsız bir yazılım olan FastQC (Babraham Bioinformatics) YND platformlarının hemen her çeşidinin veri çıktısını kullanarak hızlı ve basit bir dizi* kalite kontrol analizleri gerçekleştirir. Bu aşama veri analizlerine geçmeden önceki en temel ve önemli basamaktır. Zira yüksek hata oranı tespit edilen kütüphanelerden sağlıklı bir genotip bilgisi elde edilemeyeceği için proje amacından sapmalar gözlemlenebilir.

YND teknolojilerinin gelişimine paralel oluşan bu verilerin analizini yapacak birçok farklı yazılım ve platformu da beraberinde getirmiştir. Bu derlemenin amacı, var olan tüm platformlara ilişkin kapsamlı bir anlatımı tercih etmektense, verilerin biyoinformatik analizini içeren genel bir taslak sağlamak ve en çok kullanılan; aynı zamanda düzenli olarak güncellenen platformlara ilişkin değerlendirme yapmaktır. Konu ile ilgili detaylı okuma yapmak isteyenler için Mandoiu ve Zelikovsky (2016) ve Liu (2017) kaynakları yön verici olacaktır.

*:FastQC temel istatistik verilerden kütüphanede yer alan spesifik kontaminasyonların içeriğine kadar toplam 12 analiz modülünden oluşur. Program yazılımı gereği

dizileme verisinin normal dağılım gösteren formatta olmasını bekler ve her analiz için basit bir kaldı/geçti testi uygular. Ancak dizilenen YND kütüphanelerin amaçları ve kuruluş şekilleri göz önüne alındığında bazı analizlerde sapmalar gözlemlenmek olasıdır. Örneğin, RADseq kütüphanelerinin baş kısımlarında adaptörlerin bulunduğu bölgelerde nükleotid kullanım sıklıklarında gözlenen sapmalar normaldir ve beklenir. Dolayısıyla bu raporun sonucunun kütüphane yapılış biçimi ve verilerin doğası göz önüne alınarak dikkatli bir şekilde değerlendirilmesi gerekir.

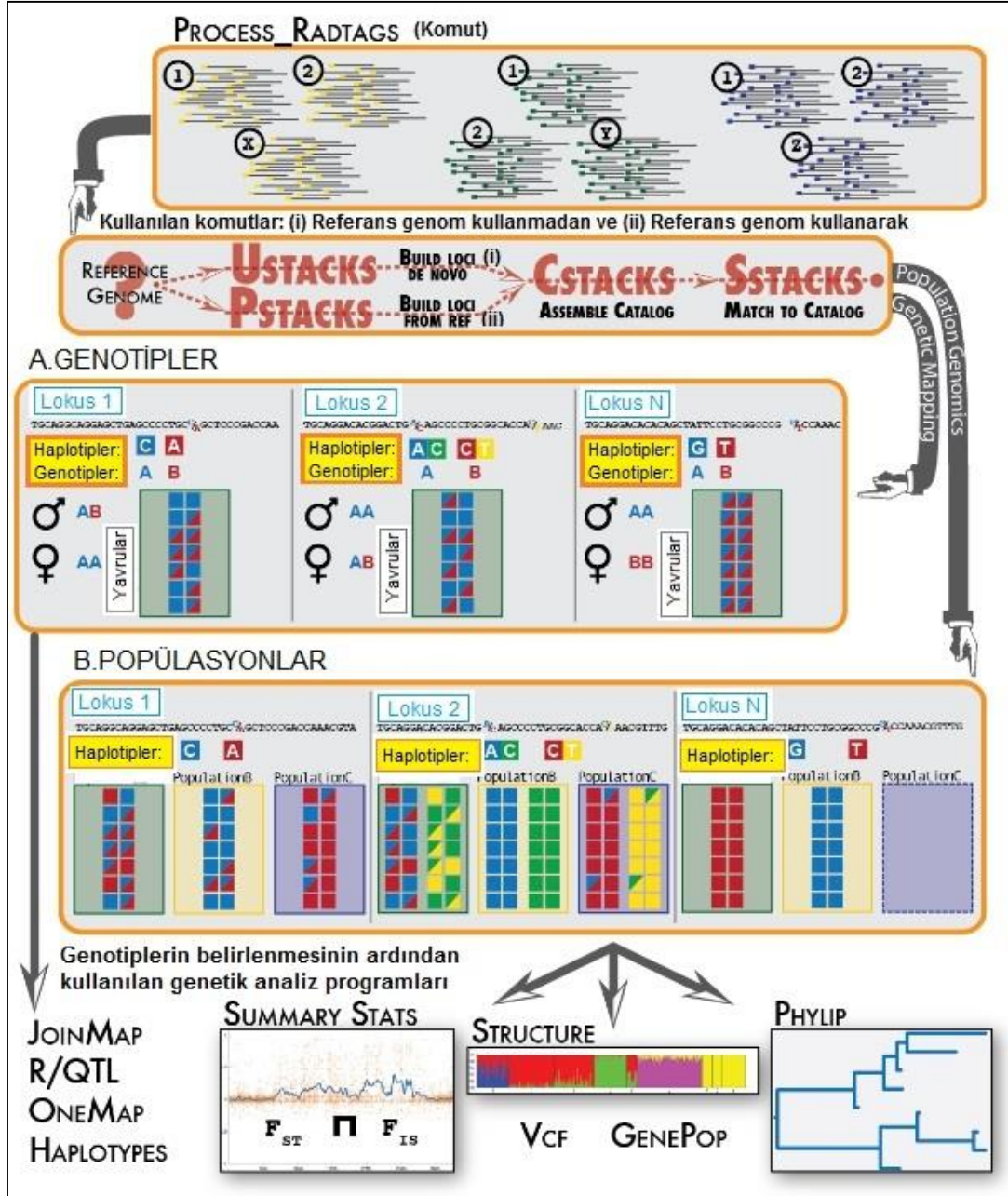
3. Verilerin biyoinformatik işlenmesi

3.1. Küçük parçalardan büyük resme (dizilerin birleştirilmesi-making assembly)

YND teknolojilerinin büyük ölçekli verilerinin bir araya getirilerek anlamlı bütünler oluşturulması işlemi dizilerin birleştirilmesi anlamına gelen parçaları birleştirme (*making assembly*) olarak adlandırılır. Bu süreç özellikle Illumina teknolojisi gibi kısa okumalar yapan platformlarda büyük önem arz etmektedir. Dizilerin birleştirilmesi iki şekilde yapılır: (1) *de novo* assembly ve (2) *referans genom tabanlı* birleştirme işlemleridir. *De novo* birleştirme çalışılan türe ait hiçbir genetik bilginin olmadığı koşullarda ilk basamak olarak kullanılır. Latince kökenli bir kelime öbeği olup, *en başından* anlamındadır. Bu durum özellikle model tür statüsünde olmayan ve birçoğunun genetiğine dair henüz bilgi kazanılmamış sucul türler için YND teknolojilerinin en önemli avantajıdır. Referans genom tabanlı dizi birleştirme işleminde ise dizileme cihazından elde edilen veriler öncelikle çalışılan türün genomuna (gen bankasında bulunması durumunda) hizalanmasının ardından genotipler belirlenir. Dizilerin birleştirilmesi esnasında en sık kullanılan yazılımların başında Stacks (Catchen 2011, 2013) ve daha yakın zamanda geliştirilmiş olan PyRAD (Eaton 2014) ve dDocent (Puritz vd. 2014) yer alır. Maksimum benzerlik istatistik yöntemi tabanlı çalışan Stacks; dizi varyantları ve polimorfizmi dizileme hatalarından ayırır. Gerek aile (QTL haritalama genetik kroslarında) gerekse de popülasyon analizlerinde güvenle kullanılır. İki ana modülde çalışan Stacks yazılımında ilk aşama: (i) Temizleme ve de-multipleksleme (*process_radtags*) olarak adlandırılırken ikinci aşama (ii) lokusların oluşturulması ve genotiplerin belirlenmesidir (*ustacks/pstacks, cstacks, sstacks*) (Şekil 4). İlk kez dikence balığında (üç dikenli balık, *Gasterosteus aculeatus*; Hohenlohe vd. 2010) RADseq tabanlı popülasyon genetiği çalışmasında kullanılan Stacks yazılımı o tarihten bu yana 48.versiyonuna yükseltilmiştir (URL 3). Sonrasında geliştirilen

ddocent yazılımının (Puritz vd. 2014) üç ayrı deniz balığı türünde (*Sciaenops ocellatus*, *Lutjanus campechanus* ve *Lutjanus vivanus*) aynı verileri kullanarak yaptığı karşılaştırmalı analizler sonucu dDocent'in Stacks'a kıyasla daha fazla TNP

tanımladığını rapor etmesine rağmen Stacks (Catchen, 2013; URL 4) bugün hala restriksiyon tabanlı kütüphanelerden RADseq ve ddRADseq verilerinin biyoinformatik analizlerinde literatürde en fazla kullanılan yazılım olarak karşımıza çıkar.



Şekil 4: Stacks yazılımının iki ana aşamada yürütülen biyoinformatik analizlerinin şematik gösterimi: (1 aşama) process_radtags modülü ile temizleme ve de-multipleksleme işlemleri ve ardından (2. aşama) küçük parçaların bir araya getirilerek (making assembly) dizilerin birleştirilmesi ve genotiplerin belirlenmesi işlemleri. Stacks klavuzundan alınmıştır (URL 4).

4. YND teknolojilerinin su ürünleri genetik çalışmalarında kullanım alanları

Çok değil birkaç yıl öncesine kadar fazla sayıda genetik belirteç ile çalışmak pahalı olduğundan sadece ekonomik değeri olan ve en çok çalışılan birkaç tür için moleküler belirteç bilgileri erişilebilir konumdaydı. Ancak, gelişen dizileme teknolojileri ve hemen her geçen gün azalan maliyetler birçok

sucul tür (gerek ekonomik gerekse de ekolojik ya da evrimsel önemi olan) için de yeni bir çalışma ortamı yaratmıştır. Hızlı bir şekilde binlerce hatta on binlerce belirtecin çalışılan türün genomunu kapsayıcı nitelikte veri setleri oluşturması daha önce denenmemiş birçok biyolojik hipotezin de araştırılmasına olanak sağlamıştır. Su ürünleri genetik çalışmalarında YND teknolojilerinin başlıca

kullanım alanları: (i) referans genom haritaları oluşturma (fiziksel), (ii) genetik bağlantı haritalamaları (kalitatif karakter lokuslarının belirlenmesine yönelik haritalama çalışmaları, QTL haritalama), (iii) popülasyon genetiği ve filogeni, (iv) TNP chip dizaynında, (v) verifikasyon & validasyon çalışmalarında, (vi) ıslah amaçlı genotipleme, (vii) sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği ve çevresel etkinin en aza indirilmesi noktasında bilgilendirici genetik izlenebilirlik çalışmaları olarak listelenebilir. (i) Referans balık genomları oluşturulan sucul türler: Morina balığı, *Gadus morhua* (Star vd. 2011); Pasifik istiridyesi, *Crassostrea gigas* (Zhang vd. 2012); zebra balığı, *Danio rerio* (Howe vd. 2013); gökkuşağı alabalığı, *Oncorhynchus mykiss* (Berthelot vd. 2014); Avrupa deniz levreği, *Dicentrarchus labrax* (Tine vd. 2014); Japon yılanbalığı, *Anguilla japonica* (Kai vd. 2014); sazan balığı, *Cyprinus carpio* (Xu vd. 2014b); turna balığı, *Esox lucius* (Rondeau vd. 2014); Nil tilapyası, *Oreochromis niloticus* (Brawand vd. 2014); Asya levreği, *Lates calcarifer* (Vij vd. 2016); Akdeniz midyesi, *Mytilus galloprovincialis* (Murgarella vd. 2016); kalkan balığı, *Scophthalmus maximus* (Figueras vd. 2016); Atlantik somonu, *Salmo salar* (Lien vd. 2016); kanal kedi balığı, *Ictalurus punctatus* (Chen vd. 2016) olarak sıralanabilir. (ii) Ekonomik karakterlerin tanımlanması amacıyla yürütülen QTL haritalama çalışmaları kapsamında Campbell vd. (2014) gökkuşağı alabalığında bakteriyel soğuk su hastalığı yapıcı ajan olarak bilinen *Flavobacterium psychrophilum* ve enfeksiyöz hematopoetik nekrozis virus (IHNV) hastalık direnci ile bağlantılı genetik belirteçler tanımlamak ve bu belirteçleri kullanarak (marker assisted selection) bahsi geçen hastalıklara dirençli üretim popülasyonları oluşturmuşlardır. (ii) Palaiookostas vd. (2013) cinsiyet belirleme üzerine yaptıkları çalışmalarda fonksiyonel erkeklerin belirlenmesi ve böylelikle sektörün ihtiyacına yönelik tamamı dişi üretim popülasyonları oluşturmaya katkı sağlamak amacıyla Atlantik halibutunda cinsiyet belirleme bölgesiyle yakından ilişkili belirteçler tanımlamıştır. Aynı araştırmacılar, Avrupa deniz levreğinde çok daha karmaşık ve sıcaklık ile etkileşim içerisinde olan bir cinsiyet belirleme mekanizmasıyla karşılaşmışlardır (Palaiookostas vd. 2015). Larson vd. (2016) oluşturdukları yüksek sayıda belirteç içeren genetik bağlantı haritası ile Sockeye somonunda (*Oncorhynchus nerca*) sıcaklık toleransı ve büyüme üzerine birden fazla QTL tanımlamışlardır. (iii) Hohenlohe vd. (2010) RADseq tekniği ile diken balığı (üç dikenli balık, *Gasterosteus aculeatus*) doğal popülasyonlarında türün iç sulara adaptasyonunda rol oynaması muhtemel bir dizi aday gen belirlemiş ve popülasyon

yapısını tanımlamışlardır. Deniz anemonu (şakayık) *Nematostella vectensis*'in genetik çeşitlilik ve popülasyon yapısının tanımlamaya yönelik yürüttükleri bir çalışmada Reitzel vd. (2013) geleneksel belirteçlerin yapamadığını YND teknolojileri (RADseq) yardımıyla gerçekleştirmiştir. YND teknolojilerinin popülasyon genetiği ve filogeni alanında kullanımına ilişkin detaylar çeşitli derlemelerde derinlemesine tartışılmıştır (Davey ve Blaxter 2010; McCormack vd. 2013; Andrews ve Luikart 2014). (iv) Popülasyon içi polimorfizm seviyesinin belirlenmesi amacıyla belirteç sayısına göre adlandırılan (örneğin: 10K=10,000 TNP) çipleri ise yoğun genotiplemenin rutin olarak kullanıldığı ıslah programlarında görmek mümkündür. Atlantik somonu (Houston vd. 2014; Yanez vd. 2016), kanal kedi balığı (Liu vd. 2014), sazan (Xu vd. 2014a) ve gökkuşağı alabalığı (Palti vd. 2015) gibi türlerde geliştirilmiştir. Çiplerin dizaynı ile ilgili çok daha fazla çalışma yürütülmesine rağmen validasyonları tamamlanmadan yayınlanmadıkları sucul organizmalar için tanımlanmış sınırlı sayıdaki TNP çipi hâlihazırda literatürdeki yerini almıştır. (v) Su ürünleri araştırmalarında önemli yer tutan izogenik balık hatlarının üretiminde uniparental (tek ebeveynli kalıtım) bireylerin validasyon & verifikasyonunda ve yeni nesillere genetik materyali inaktive edilen ebeveynlerden kalıtımın gerçekleşmediğinin kanıtlanması amacıyla YND teknolojileri kullanılmıştır (Oral 2016). Benzer bir çalışmada Hou vd. (2016) ürettikleri izogenik Japon pisi balığında (*Paralichthys olivaceus*) birinci ve ikinci nesil klonların verifikasyonunda YND teknolojilerinden faydalanmışlardır. (vi) Çipurada genom kompleksitesini restriksiyon temelli yöntemlerden 2b-RADseq ile azaltarak ıslah için genotipleme amacıyla gram negatif bir bakteri olan *Pasteurella* hastalık direncini genomik öngörüye dayalı hesaplama yoluyla araştırmış ve genomik öngörü modeli geleneksel BLUP (en iyi doğrusal sapmasız tahminleme) modelinden çok daha başarılı sonuç vermiştir ($r = 0.38-0.46$). (Palaiookostas vd. 2016). (vii) Balıkçılık yönetimi ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı noktasında doğru politikalar oluşturmak üzere mersin balıklarında (*Acipenser gueldenstaedtii*, *A. persicus*, *A. baerii* ve *A. naccarii*) yapılan bir çalışmada RADseq ile tanımlanan TNP belirteçleri kullanılarak izlenebilirlik ve koruma çalışması yürütülmüş; gerek su ürünleri gerekse de balıkçılık yönetmeliklerinin uygulanmaya konulmasına yönelik öneriler sıralanmıştır (Ogden vd. 2013). Yukarıda listelenen çalışma alanlarından bağımsız olarak, YND teknolojileri genotip bilgisinin çıktıya dönüştürülebildiği hemen her çalışma ve amaca hizmet eder.

Referans balık genom projelerinin sayıları hızla artmaya devam etse de, yüksek belirteç sayısına sahip genetik bağlantı haritaları ve bu haritaların sahip olduğu rekombinasyon bilgileri olmaksızın büyük balık genomlarını tamamlamak neredeyse imkânsızdır (Davey ve Blaxter 2010). *De novo* referans genom çalışmaları parçalar (scaffold) seviyesinde başlatılarak bu parçalar bir araya getirildikçe kromozomal seviyelere ulaştırılır (Atlantik salmonu genomu üzerinde yürütülen bir çalışmada gen bankasında erişime açılan genomun scaffold seviyesindeki ilk [Ssalar_v1; ASM23337v1]) ve kromozomal seviyedeki dördüncü [Ssalar_v4; AGKD00000000.4] versiyonları arasında büyük çapta iyileşme olduğunu tespit etmişlerdir (Oral 2016, 5.kısım). *Ssalar_v1* Atlantik somon genomunun 1/6'lık versiyonunu içerirken, DNA dizileme bilgilerine genetik bağlantı, transkripsiyon ve RNA bilgilerinin eklenmesi ve dizileme derinliğinin de artırılmasıyla türün genom büyüklüğü olan $3,4 \times 10^9$ nükleotide en yakın versiyona ulaşılmıştır.) Tüm çabalara rağmen geliştirilen algoritmalar özellikle dizilerin birleştirilmesi noktasında oluşan boşluklarda ve ökaryotik genomlarda sıklıkla yer alan tekrar dizilerinin olduğu bölgelerde salt dizileme bilgisi ile doğru hizalama yapamaz. Bu süreçlerde sahip olduğu yüksek belirteç sayısı ile çalışılan genom boyunca dağılım gösteren ve belirteçlerin birbirlerine olan bağlantı ve rekombinasyon bilgilerine sahip genetik bağlantı haritaları; bu sebeple, referans balık genomlarının geliştirilmesinde kilit rol oynar. RAD temelli genetik haritalar ve tanımlanan binlerce belirteç kullanılarak yakın zamanda Avrupa deniz levreği, gökkuşağı alabalığı, Nil tilapyası ve kalkan balığında referans balık genomları güncellendi. Bir diğer önemli haritalama yöntemi olan ve sentromerlerin lokasyonu ile kromozomların rekombinasyonca aktif (telomerik) ve pasif (sentomerik) bölgelerinin belirlenmesini sağlayan gen-sentromer haritalamaları (G-C mapping) da referans genom projelerinin iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Oral vd. 2017). Bu uygulama verifikasyon amaçlı belirteç dizaynı için kritik öneme sahiptir. Sayılar hızla artarken, yeni veri setleri var olan referans balık genomlarının da kalitesinin artırılmasına ve fonksiyonel gen bölgelerinin belirlenmesine olanak sağlayacaktır.

Sonuç

DNA dizileme teknolojilerinde inanılmaz bir dönüşüm ve gelişim yaşadığımız son on yıllık süreç incelediğinde, gelecekte yapılabilecek çalışmalar üzerine tahminlerde bulunmak oldukça zordur. Ancak şüphesiz ki bu teknolojiler, çok daha fazla veriye ulaşma noktasında daha hızlı ve azalan

bütçelerde hizmet vermeye devam ettiği müddetçe, önümüzdeki süreçlerde genetik bilimci tüm araştırmacıların bu teknolojileri içeren çalışmalar yapması kaçınılmazdır. Özellikle restriksiyon temelli kütüphanelerden RADseq ve türevi ddRADseq yöntemlerinin; farklı restriksiyon enzimlerinin tekli ya da kombine kullanımlarının sağladığı çok yönlülük, hemen her organizma için uygun çalışma şartları yaratmaktadır.

Gelişen teknolojilere modern genetik uygulamalarını adapte etme noktasında en büyük zorluk üretilen büyük veri setlerinin analizi ve biyoinformatik işlenmesi sürecidir. Kuşkusuz var olan yazılımların düzenli aralıklarla güncellenmesi önemli bir faktördür, ancak yeni geliştirilen programların da araştırmacılara kullanım kolaylığı sağlaması ve çalışılan aile(ler) ya da popülasyonlarda benzer filtreler uygulayarak farklı laboratuvarlarca da tekrarlanabilir sonuçlar üretmesi gerekir. En nihayetinde gelişen teknolojilere ayak uydurma noktasında multidisipliner çalışma ile çalışılan türün biyolojik özelliklerine hakim uzmanların, biyoinformatik analizlerde tecrübeli ekiplerle bir araya getirilmesi başarının da anahtarı niteliğindedir. Ülkemiz 2023 hedefleri dahilinde *teknolojideki gelişmelerin yakından takibi ve ARGE ile dışa bağımlılığın en aza indirilmesi ve ileri teknoloji katma değeri yüksek ürünler ya da bilimsel çalışmaları geliştiren, teknoloji transferine olanak sağlayan ve uluslararası standartların oluşumunda etkili küresel bir oyuncu olmanın gerekliliği* vurgulanmıştır (URL 5).

Bu derlemede bilimde yeni bir çıkış açan YND teknolojilerinin gelişimi incelenmiş ve su ürünleri genetiğindeki başlıca kullanım alanları tanıtılmıştır. Bu bilgiler ekseninde hedefimiz yüksek kesinlik ve çıktı (dizi bilgisi) hacim potansiyellerini bünyesinde barındıran YND teknolojilerini ülkemize kazandırmak ve söz konusu alanda multidisipliner çalışabilen akredite laboratuvarlar oluşturmak olmalıdır. Kullanılan metotların optimizasyonunu takiben sektörün ihtiyaçlarına cevap oluşturacak popülasyonların üretimi sağlanabilir. Bu sayede, uzun vadede moleküler biyoloji ve genetik temelli bilimler başta olmak üzere, tıp, tarım, ziraat ve hayvancılık gibi birçok alanı kapsayıcı projeler üretilebilir ve rutin genotiplemenin kullanıldığı ulusal ölçekli ıslah projeleri yürütülebilir.

Sözlük

Adaptör: *Adapter* – Dizilenecek DNA fragmanlarına bağlanmış ve sentezleme yoluyla dizilemenin gerçekleştirileceği okuma plakalarına hibridizasyonu sağlayacak primer bölgesini içeren kısa oligonükleotid dizileridir.

Barkod: Barcode – Her bir birey için farklı olacak şekilde moleküler düzeyde birey ayrımı yapmak üzere tasarlanmış 5 ila 7 nükleotidlik dizilerdir.

Parçalar: Scaffold – *De novo* referans genom haritalamanın ilk basamağında küçük fragmaların arka arkaya sıralı bir şekilde eklenmesiyle oluşturulan parçalardır. Bir sonraki basamakta dizileme bilgisinin artırılması ve parçalar arasındaki boşlukların mümkün olduğunca kapatılmasıyla oluşturulan scaffoldlar kromozomalara yükseltilir.

Yüksek Çıktı Hacimli Dizileme: High-Throughput Sequencing – Yeni Nesil Dizileme teknolojilerinin gelişimiyle paralel dizileme sonucu tek seferde binlerce, milyonlarca fragman veri setinin üretilmesine olanak sağlayan dizileme yöntemi ve çıktısıdır.

Örnek Kütüphanesi: Sample Library – Tercihen her iki ucundan adaptör bağlı DNA fragmanları koleksiyonu bir diğer deyişle, YND öncesi örneklerin hazırlanması sürecidir.

Belirteç: Marker – Genom üzerinde yeri bilinen DNA dizilerine denir (genom işaretçileridir). Belirteçler, bir türü tanımlamada kullanılabileceği gibi kromozom üzerindeki yeri ya da sorumlu geni henüz tespit edilmemiş gen bölge(lerini) tanımlamada da kullanılabilirler.

gDNA: Genomic DNA – Bir organizmanın hücrelerinde (çekirdek) sahip olduğu DNA içeriğinin tamamını kapsar.

Tek Nükleotid Polimorfizmi: Single Nucleotide Polymorphism – Genom üzerindeki bir bölgede tek bir nükleotid pozisyonunda meydana gelen polimorfizmi tanımlar.

RADseq: Restriction Site Associated DNA Sequencing – Restriksiyon bölgesi ile ilişkili DNA dizileme yöntemidir.

ddRADseq: Double-Digest Restriction Site DNA Sequencing – Çift enzimli restriksiyon bölgesi ilişkili DNA dizileme yöntemidir.

2b-RADseq: Type IIb Restriction Enzyme Based RADseq – Restriksiyon endonükleazlardan yalnızca Tip II enzimlerinin kullanıldığı restriksiyon bölgesi ile ilişkili DNA dizileme yöntemidir.

Polimorfik dizilerin kompleksitesinin azaltılması: Complexity reduction of polymorphic sequences (CROPS) – AFLP temelli bir YND teknolojisi kütüphane oluşturma yöntemidir.

RRL: Reduced Representation Library – Restriksiyon temelli YND teknolojisi kütüphane hazırlama yöntemlerinden biridir.

Çift yönlü okuma/dizileme: Paired-end read: – Aynı DNA fragmanının iki yönlü dizilenmesi işlemidir.

Referans genom olmaksızın dizi birleştirme işlemi: De novo Assembly – Çalışılan türde genom seviyesinde hiçbir bilginin olmadığı durumlarda sadece DNA dizileme bilgisi kullanılarak dizilenen parçaların bir araya getirilmesi işlemidir. Herhangi bir organizmada referans genom oluşturma sürecinin öncelikli basamağıdır.

Referans genom temelli dizi birleştirme işlemi: Reference based assembly – DNA dizi bilgilerinin çalışılan organizmanın referans genomuna hizalanmasıyla dizilerin birleştirilmesi işlemidir.

QTL: Quantitative Trait Loci – Kantitatif karakter lokusları, ilgilenilen ekonomik karakterler (örn: hastalık direnç genleri, büyüme geni, cinsiyet belirleme geni vb.) ile yakın bölgelerde bulunan ve bu sebeple önemli ilgilenilen gen bölgesi ile yüksek istatistiki bağlantı (örn: birlikte rekombine olma) gösteren gen bölgeleridir. Çoğunlukla poligenik (çok genli) kalıtım özelliği gösterirler.

Gen-Sentromer haritalama: Gene-Centromere mapping – Kromozomlar üzerinde bulunan ve hücre bölünmesinde kritik rol oynayan sentromer pozisyonlarının belirlenmesini sağlayan haritalama yöntemidir. Çalışma prensibi genetik bağlantı haritalarına benzerlik gösterir ancak sadece özel kroslardan (mayoz yoluyla üretilmiş ginogenetik aileler) üretilmiş ailelerde uygulanabilir.

BLUP: Best Linear Unbiased Predictor – En iyi doğrusal sapmasız tahminleme anlamına gelen bu terim ıslah çalışmalarında popülasyonda istenilen özelliklerin gelecek nesillerde ortaya çıkarılmasını ya da hâlihazırdaki ekspresyonunu arttıracak damızlık adaylarının seçiminde kullanılır.

Kaynaklar

- Andrews KR, Luikart G. 2014. Recent novel approaches for population genomics data analysis. *Mol Ecol*. 23(7):1661-1667.
[doi: 10.1111/mec.12686](https://doi.org/10.1111/mec.12686)
- Andrews KR, Good JM, Miller MR, Luikart G, Hohenlohe PA. 2016. Harnessing the power of RADseq for ecological and evolutionary genomics. *Nat Rev Genet*. 17(2):81-92.
[doi: 10.1038/nrg.2015.28](https://doi.org/10.1038/nrg.2015.28)
- Baird N, Etter PD, Atwood TS, Currey MC, Shiver AL, Lewis ZA, Selker EU, Cresco WA, Johnson E. 2008. Rapid SNP discovery and genetic mapping using sequenced RAD markers. *PLoS One*. 3(10), e3376.
[doi:10.1371/journal.pone.0003376](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003376)
- Barba M, Czosnek H, Hadidi A. 2014. Historic perspective, development and applications of next-generation sequencing in plant virology. *Viruses*. 6(1):106–36.
[doi: 10.3390/v6010106](https://doi.org/10.3390/v6010106)
- Berthelot C, Brunet F, Chalopin D, Juanchich A, Bernard M, Noël B, vd. 2014. The rainbow trout genome provides novel insights into evolution after whole-

- genome duplication in vertebrates. *Nat Commun*, 5, 3657.
doi: [10.1038/ncomms4657](https://doi.org/10.1038/ncomms4657)
- Brawand D, Wagner CE, Li YI, Malinsky M, Keller I, Fan S vd. 2014 The genomic substrate for adaptive radiation in African cichlid fish. *Nature* 513: 375–381.
doi: [10.1038/nature13726](https://doi.org/10.1038/nature13726)
- Campbell NR, LaPatra SE, Overturf K, Towner R, Narum SR. 2014. Association mapping of disease resistance traits in rainbow trout using restriction site associated DNA sequencing. *G3 (Bethesda)*. 4(12):2473–2481.
doi: [10.1534/g3.114.014621](https://doi.org/10.1534/g3.114.014621)
- Catchen JM, Amores A, Hohenlohe P, Cresko W, Postlethwait JH. 2011. Stacks: building and genotyping loci de novo from short-read sequences. *G3 (Genes, Genomes, Genetics)*, 1(3):171–82.
doi: [10.1534/g3.111.000240](https://doi.org/10.1534/g3.111.000240)
- Catchen J, Bassham S, Wilson T, Currey M, O'Brien C, Yeates Q, Cresko WA. 2013. The population structure and recent colonization history of Oregon threespine stickleback determined using restriction-site associated DNA-sequencing. *Mol Ecol*. 22(11):2864–83.
doi: [10.1111/mec.12330](https://doi.org/10.1111/mec.12330)
- Chen X, Zhong L, Bian C, Xu P, Qiu Y, You X vd. 2016. High-quality genome assembly of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Gigascience*. 5:39.
doi: [10.1186/s13742-016-0142-5](https://doi.org/10.1186/s13742-016-0142-5)
- Davey JW, Blaxter ML. 2010. RADseq: next generation population genomics. *Brief Funct Genomics*. 9(5-6):416–23.
doi: [10.1093/bfpg/elq031](https://doi.org/10.1093/bfpg/elq031)
- Davey JW, Hohenlohe PA, Etter PD, Boone JQ, Catchen JM, Blaxter ML. 2011. Genome-wide genetic marker discovery and genotyping using next-generation sequencing. *Nat Rev Genet*. 12(7):499–510.
doi: [10.1038/nrg3012](https://doi.org/10.1038/nrg3012)
- Eaton DAR. 2014. PyRAD: assembly of denovo RADseq loci for phylogenetic analysis. *Bioinformatics*. 30(13):1844–1849.
doi: [10.1093/bioinformatics/btu121](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btu121)
- Etter PD, Preston JL, Bassham S, Cresko WA, Johnson EA. 2011. Local de novo assembly of RAD paired-end contigs using short sequencing reads. *PLoS One* 6(4):e18561.
doi: [10.1371/journal.pone.0018561](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018561)
- Figueras A, Robledo D, Corvelo A, Hermida M, Pereiro P, Rubiolo JA vd. 2016. Whole genome sequencing of turbot (*Scophthalmus maximus*; Pleuronectiformes): a fish adapted to demersal life. *DNA Res*. 23(3):181–192.
doi: [10.1093/dnares/dsw007](https://doi.org/10.1093/dnares/dsw007)
- Guzvic M. 2013. The history of DNA sequencing. *J Med Biochem*. 32(4):301–12.
doi: [10.2478/jomb-2014-0004](https://doi.org/10.2478/jomb-2014-0004)
- Heather JM, Chain B. 2016. The sequence of sequencers: The history of sequencing DNA. *Genomics*. 107(1):(1-8).
doi: [10.1016/j.ygeno.2015.11.003](https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2015.11.003)
- Hohenlohe PA, Bassham S, Etter PD, Stiffler N, Johnson EA, Cresko WA. 2010. Population genomics of parallel adaptation in threespine stickleback using sequenced RAD tags. *PLoS Genet*. 6(2):e1000862.
doi: [10.1371/journal.pgen.1000862](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1000862)
- Hou J, Wang G, Zhang X, Sun Z, Si F, Jiang X, Liu H. 2016. Production and verification of a 2nd generation clonal group of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Scientific Reports*. 6, 35776.
doi: [10.1038/srep35776](https://doi.org/10.1038/srep35776)
- Houston RD, Taggart JB, Cezard T, Bekaert M, Lowe NR, Downing A. 2014. Development and validation of a high density SNP genotyping array for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *BMC Genomics*. 15: 90.
doi: [10.1186/1471-2164-15-90](https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-90)
- Howe K, Clark MD, Torroja CF, Torrance J, Berthelot C, Muffato M, vd. 2013. The zebrafish reference genome sequence and its relationship to the human genome. *Nature*. 496:498–503.
doi: [10.1038/nature12111](https://doi.org/10.1038/nature12111)
- IHGSC, International Human Genome Sequencing Consortium: Initial sequencing and analysis of the human genome. 2001. *Nature*. 409:860–921. PMID: 1123701.
doi: [10.1038/35057062](https://doi.org/10.1038/35057062)
- Kai W, Nomura K, Fujiwara A, Nakamura Y, Yasuike M, Ojima N. 2014. A ddRAD-based genetic map and its integration with the genome assembly of Japanese eel (*Anguilla japonica*) provides insights into genome evolution after the teleost-specific genome duplication. *BMC Genomics*. 15:233.
doi: [10.1186/1471-2164-15-233](https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-233)
- Kumar G, Kocour M. 2017. Applications of next-generation sequencing in fisheries research: a review. *Fish Res*. 186:11–22.
doi: [10.1016/j.fishres.2016.07.021](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.07.021)
- Larson WA, McKinney GJ, Limborg MT, Everett MV, Seeb LW, Seeb JE. 2016. Identification of multiple QTL hotspots in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) using genotyping by-sequencing and a dense linkage map. *J Hered*. 107(2):122–133.
doi: [10.1093/jhered/esv099](https://doi.org/10.1093/jhered/esv099)
- Lepais O, Weir JT. 2014. SimRAD: an R package for simulation-based prediction of the number of loci expected in RADseq and similar genotyping by sequencing approaches. *Mol Ecol Resour*. 14(6):1314–1321.
doi: [10.1111/1755-0998.12273](https://doi.org/10.1111/1755-0998.12273)
- Li YH, Wang HP. 2017. Advances of genotyping-by-sequencing in fisheries and aquaculture. *Rev Fish Biol Fisheries*. 27(3):535–559.
doi: [10.1007/s11160-017-9473-2](https://doi.org/10.1007/s11160-017-9473-2)
- Lien S, Koop BF, Sandve SR, Miller JR, Kent MP, Nome T. vd. 2016. The Atlantic salmon genome provides insights into rediploidization. *Nature*. 533:200–205.
doi: [10.1038/nature17164](https://doi.org/10.1038/nature17164)
- Liu S, Sun L, Li Y, Sun F, Jiang Y, Zhang Y. vd. 2014. Development of the catfish 250K SNP array for genome-wide association studies. *BMC Research Notes*. 7:135.
doi: [10.1186/1756-0500-7-135](https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-135)
- Liu ZJ. 2011. Next Generation Sequencing and Whole Genome Selection in Aquaculture. Iowa, USA: Wiley-Blackwell 237 s.

- Liu ZJ. 2017. Bioinformatics in Aquaculture. Oxford, UK: Wiley-Blackwell 591 s..
- Mandou I, Zelikovsky A. 2016. Computational Methods For Next Generation Sequencing Data Analysis. New Jersey, USA: John Wiley & Sons. 464 s.
- Mardis ER. 2011. A decade's perspective on DNA sequencing technology. *Nature*. 470:198–203.
[doi: 10.1038/nature09796](https://doi.org/10.1038/nature09796)
- Mardis ER. 2017. DNA sequencing technologies: 2006–2016. *Nat Protoc*. 12(2):213–218.
[doi: 10.1038/nprot.2016.182](https://doi.org/10.1038/nprot.2016.182)
- Maxam AM, Gilbert W. 1977. A new method for sequencing DNA, *Proc Natl Acad Sci. U.S.A.* 74, 560–564.
- McCormack JE, Hird SM, Zellmer AJ, Carstens BC, Brumfield RT. 2013. Applications of next-generation sequencing to phylogeography and phylogenetics. *Mol Phylogenet Evol* 66(2):526–538.
[doi: 10.1016/j.ympev.2011.12.007](https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.12.007)
- Mertzer ML. 2010. Sequencing technologies - The next generation. *Nat Rev Genet* 11:31–46.
[doi: 10.1038/nrg2626](https://doi.org/10.1038/nrg2626)
- Morey M, Fernandez AM, Castineiras D, Fraga JM, Couce ML, Cocho JA. 2013. A glimpse into past, present, and future DNA sequencing. *Mol Genet Metab*. 110 (1-2):3–24.
[doi: 10.1016/j.ymgme.2013.04.024](https://doi.org/10.1016/j.ymgme.2013.04.024)
- Muir P, Li S, Lou S. vd. 2016. The real cost of sequencing: scaling computation to keep pace with data generation. *Genome Biology*, 17(53).
[doi: 10.1186/s13059-016-0917-0](https://doi.org/10.1186/s13059-016-0917-0)
- Murgarella M, Puiu D, Novoa B, Figueras A, Posada D, Canchaya C. 2016. A first insight into the genome of the filter-feeder mussel *Mytilus galloprovincialis*. *PLoS One* 11: e0151561.
[doi: 10.1371/journal.pone.0151561](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151561)
- Ogden R, Gharbi K, Mugue N, Martinsohn J, Senn H, Davey JW. vd. 2013. Sturgeon conservation genomics: SNP discovery and validation using RAD sequencing. *Mol Ecol*. 22:3112–3123.
[doi: 10.1111/mec.12234](https://doi.org/10.1111/mec.12234)
- Oral M. 2016. Insights into isogenic clonal fish line development using high-throughput sequencing technologies. [PhD thesis] University of Stirling, Scotland, UK, available online.
- Oral M, Coll  ter J, Bekaert M, Taggart JB, Palaiokostas C, McAndrew BJ, Van deputte M, Chatain B, Kuhl H, Reinhardt R, Peruzzi S, Penman DJ. 2017. Gene-centromere mapping in meiotic gynogenetic European seabass. *BMC Genomics*, 18:449.
[doi: 10.1186/s12864-017-3826-z](https://doi.org/10.1186/s12864-017-3826-z)
- Palaiokostas C, Bekaert M, Davie A, Cowan ME, Oral M, Taggart JB. vd. 2013. Mapping the sex determination locus in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) using RAD sequencing. *BMC Genomics* 14:566.
[doi: 10.1186/1471-2164-14-566](https://doi.org/10.1186/1471-2164-14-566)
- Palaiokostas C, Bekaert M, Taggart JB, Gharbi K, McAndrew BJ, Chatain B. vd. 2015. A new SNP-based vision of the genetics of sex determination in European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Genet Sel Evol* 47: 68.
[doi: 10.1186/s12711-015-0148-y](https://doi.org/10.1186/s12711-015-0148-y)
- Palaiokostas C, Ferrareso S, Franch R, Houston RD, Bargelloni L. 2016. Genomic prediction of resistance to pasteurellosis in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using 2b-RAD sequencing. *G3 (Bethesda)* 6: 3693–3700.
[doi: 10.1534/g3.116.035220](https://doi.org/10.1534/g3.116.035220)
- Palti Y, Gao G, Liu S, Kent MP, Lien S, Miller MR. vd. 2015. The development and characterization of a 57K single nucleotide polymorphism array for rainbow trout. *Mol Ecol Resour*. 15: 662–672.
[doi: 10.1111/1755-0998.12337](https://doi.org/10.1111/1755-0998.12337)
- Peterson BK, Weber J, Kay EH, Fisher HS, Hoekstra HE. 2012. Double Digest RADseq: An Inexpensive Method for De Novo SNP Discovery and Genotyping in Model and Non-Model Species. *Plos One*, 7:(5), e37135.
[doi:10.1371/journal.pone.0037135](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0037135)
- Puritz JB, Hollenbeck CM, Gold JR. 2014. dDocent: a RADseq, variant-calling pipeline designed for population genomics of non-model organisms. *Peer J* 2: e431.
[doi: 10.7717/peerj.431](https://doi.org/10.7717/peerj.431)
- Reitzel AM, Herrera S, Layden MJ, Martindale MQ, Shank TM. 2013. Going where traditional markers have not gone before: utility of and promise for RAD sequencing in marine invertebrate phylogeography and population genomics. *Mol Ecol*. (11): 2953–2970.
[doi: 10.1111/mec.12228](https://doi.org/10.1111/mec.12228)
- Robledo D, Palaiokostas C, Bargelloni L, Martinez P, Houston R. 2017. Applications of genotyping by sequencing in aquaculture breeding and genetics. *Rev in Aquacult*. 1–13.
[doi: 10.1111/raq.12193](https://doi.org/10.1111/raq.12193)
- Rondeau EB, Minkley DR, Leong JS, Messmer AM, Jantzen JR, Von Schalburg KR. vd. 2014. The genome and linkage map of the Northern pike (*Esox lucius*): conserved synteny revealed between the salmonid sister group and the Neoteleostei. *PLoS One* 9: e102089.
[doi: 10.1371/journal.pone.0102089](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102089)
- Sanger F, Coulson AR. 1975. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase. *J Mol Biol*. 94, 441–448.
- Star B, Nederbragt AJ, Jentoft S, Grimholt U, Malmström M, Gregers TF vd. 2011. The genome sequence of Atlantic cod reveals a unique immune system. *Nature* 477: 207–210.
[doi: 10.1038/nature10342](https://doi.org/10.1038/nature10342)
- Tine M, Kuhl H, Gagnaire PA, Louro B, Desmarais E, Martins RS. vd. 2014. European sea bass genome and its variation provide insights into adaptation to euryhalinity and speciation. *Nat Commun*. 5: 5770.
[doi: 10.1038/ncomms6770](https://doi.org/10.1038/ncomms6770)
- Van Orsouw NJ, Hogers RCJ, Janssen A, Yalcin F, Snoeijers S, Verstege E, vd. 2007. Complexity Reduction of Polymorphic Sequences (CRoPSTM): A Novel Approach for Large-Scale Polymorphism Discovery in Complex Genomes. *PLoS ONE* 2(11): e1172.
[doi:10.1371/journal.pone.0001172](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001172)

- Van Tassel CP, Smith TPL, Matukumalli LK, Taylor JF, Schnabel RD, Lawley CT, Haudenschild CD, Moore SS, Warren WC, Sonstegard TS. 2008. SNP discovery and allele frequency estimation by deep sequencing of reduced representation libraries. *Nat Methods*, 5, 247-252.
[doi: 10.1038/nmeth.1185](https://doi.org/10.1038/nmeth.1185)
- Venter JC, Adams MD, Myers EW, Li PW, Mural RJ, Sutton GG. vd. 2001. The sequence of the human genome. *Science* 291, 1304-1351.
[doi: 10.1126/science.1058040](https://doi.org/10.1126/science.1058040)
- Vij S, Kuhl H, Kuznetsova IS, Komissarov A, Yurchenko AA, Van Heusden P. vd. 2016. Chromosomal-level assembly of the Asian seabass genome using long sequence reads and multi-layered scaffolding. *PLoS Genet*. 12: e1005954.
[doi: 10.1371/journal.pgen.1005954](https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1005954)
- Wang S, Meyer E, McKay JK, Matz MV. 2012. 2b-RAD: a simple and flexible method for genome-wide genotyping. *Nat Methods*. 9: 808-810.
[doi:10.1038/nmeth.2023](https://doi.org/10.1038/nmeth.2023)
- Xu J, Zhao Z, Zhang X, Zheng X, Li J, Jiang Y. vd. 2014a. Development and evaluation of the first high-throughput SNP array for common carp (*Cyprinus carpio*). *BMC Genomics*.15: 307.
[doi: 10.1186/1471-2164-15-307](https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-307)
- Xu P, Zhang X, Wang X, Li J, Liu G, Kuang Y. vd. 2014b. Genome sequence and genetic diversity of the common carp, *Cyprinus carpio*. *Nat Genet*. 46: 1212-1219.
[doi: 10.1038/ng.3098](https://doi.org/10.1038/ng.3098)
- Yanez JM, Naswa S, Lopez ME, Bassini L, Correa K, Gilbey J. vd. 2016. Genome-wide single nucleotide polymorphism discovery in Atlantic salmon (*Salmo salar*): validation in wild and farmed American and European populations. *Mol Ecol Resour*. 16: 1002-1011.
[doi: 10.1111/1755-0998.12503](https://doi.org/10.1111/1755-0998.12503)
- Zhang G, Fang X, Guo X, Li L, Luo R, Xu F. vd. 2012. The oyster genome reveals stress adaptation and complexity of shell formation. *Nature* 490: 49-54.
[doi: 10.1038/nature11413](https://doi.org/10.1038/nature11413)
- URL 1. 2018. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/statistics/> (Erişim tarihi: 16.01.2018).
- URL 2. 2018. <https://genomics.ed.ac.uk/> (Erişim tarihi: 17.01.2018).
- URL 3. 2018. <http://catchenlab.life.illinois.edu/stacks/> tarihi (Erişim tarihi: 16.01.2018), son güncelleme tarihi: 29 Aralık 2017.
- URL 4. 2018. <http://catchenlab.life.illinois.edu/stacks/manual/> (Erişim tarihi: 16.01.2018).
- URL5. 2018. https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/Vizyon2023_Strateji_Belgesi.pdf (Erişim tarihi:24.01.2018), sayfa 36.