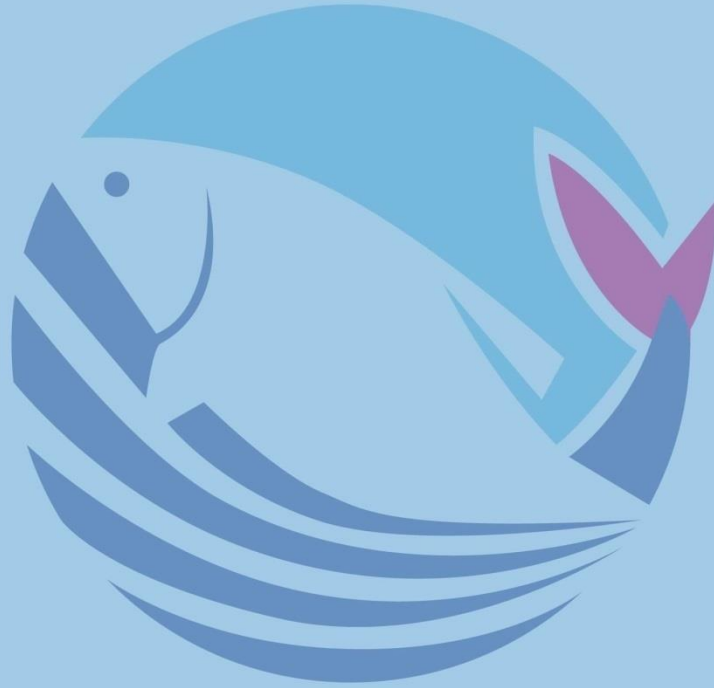


Acta Aquatica Turcica

**Türk Su Bilimleri
Dergisi**



2021

Vol:17

Number:4 | Cilt:17

Sayı:4

e-ISSN: 2651-5474

Yayın Tarihi: Aralık - 2021

ACTA AQUATICA TURCICA

TÜRK SU BİLİMLERİ DERGİSİ

E-ISSN: 2651-5474

(YIL 2021 – CİLT: 17 – SAYI 4)

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

Adına Sahibi /

Owner of Behalf of Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty

Ayşegül KUBİLAY

Baş Editör / Editor in Chief

Yunus Ömer BOYACI

Editörler / Editors

Şengül BİLGİN

Nalan Özgür YİĞİT

Seçil METİN

Mustafa CEYLAN

Viktoras LIORANČAS

Tom WIKLUND

Aynur LÖK

Ercüment GENÇ

Selda TEKİN ÖZAN

Hüseyin SEVGİLİ

Mehmet CİLBİZ

Mehmet Arif ZORAL

Yayın Tarihi: Aralık - 2021

Mizanpaj Editörleri / Layout Editors

Ergi BAHRIÖĞLU

Deniz KARA

İngilizce Editörü / English Editor

Arda ÖZEN

İletişim / Contact

Acta Aquatica Turcica

Yayın Komisyonu Başkanlığı,

32260 Doğu Yerleşkesi-İSPARTA

Tel: 0 246 2146401 Faks: 0 246 2146445

<http://dergipark.gov.tr/actaquatr>

E-Posta: actaquatr@isparta.edu.tr

E-ISSN: 2651-5474

Yayın Tarihi: Aralık - 2021

ACTA AQUATICA TURCICA
E-ISSN: 2651-5474
(YIL 2021 – CİLT: 17– SAYI: 4)

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD*

Altan LÖK	Ege University, TÜRKİYE
Doru Stelian BĂNĂDUC	Lucian Blaga” University of Sibiu, ROMANIA
Ercüment GENÇ	Ankara University, TÜRKİYE
Erdoğan ÇİÇEK	Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, TÜRKİYE
Erik JEPPESEN	Aarhus University, DENMARK
Eugenia BEZİRTZOGLU	Democritus University of Thrace, GREECE
Hamid Reza ESMAEILI	Shiraz University IRAN
Karim ERZINI	University of Algarve, PORTUGAL
Magdolna Müllerne TRENOVSZKI	Szent Istvan University, HUNGARY
Özkan ÖZDEN	İstanbul University, TÜRKİYE
Pavel KOZAK	University of South Bohemia, CZECHIA
Stamatis ZOGARİS	Hellenic Centre for Marine Reseaech, GREECE
Stefan BERGLEITER	Naturland, GERMANY
Süheyla KARATAŞ STEINUM	İstanbul University, TÜRKİYE
Tom WİKLUND	Åbo Akademi University, FINLAND
Viladimir PESIC	University of Montenegro, MONTENEGRO
Yazdan KEIVANY	Isfahan University of Technology, IRAN

* Liste akademik unvan ve isme göre alfabetik sırayla hazırlanmıştır.

ACTA AQUATICA TURCICA
E-ISSN: 2651-5474
(YIL 2021 – CİLT: 17– SAYI: 4)

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH PAPERS:

Doğu Karadeniz’de Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i> , Nordmann, 1840) balığının yaş, büyüme ve ilk eşeyssel olgunluk boyunun belirlenmesi Cemalettin ŞAHİN, Erhan ÖZTÜRK, Muhammet EMANET, Yusuf CEYLAN.....	450-462
Fisheries and biological aspects of Dusky Shark <i>Carcharhinus obscurus</i> (Lesueur, 1818) in Muncar Fishing Port, Banyuwangi, Indonesia Ahmad IRSAN, Fahma WIJAYANTI, Yayan Mardiansyah ASSUYUTI, Ranny Ramadhani YUNENI	463-473
Fajların Balık Hastalıklarının Kontrolünde Kullanımı Süheyla KARATAŞ, Fatma KARAOBAN	474-488
Yeniçağa gölü (Bolu, Türkiye) balıkçılık yönetimi üzerine bir değerlendirme Mustafa ZENGİN, Salih İLHAN, Mukadder GÜLER, Çağatay OKTAY, Ramazan KÜÇÜKKARA.....	489-504
First record of <i>Trachipterus trachipterus</i> (Gmelin, 1789) in the Gulf of Antalya (Turkey) Mehmet GÖKOĞLU, Mehmet Rüştü ÖZEN.....	505-507
The usage of Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>) larvae meal as alternative protein source in carp diets (<i>Cyprinus carpio</i>) Hasan DOĞAN, Funda TURAN.....	508-514
Kültür deniz balıkları işleme artıklarından elde edilen balık yağı ve silajının bazı kalite özellikleri Fatma YAMUÇ, Ali GÜNLÜ.....	515-524
Checklist of the marine Brachyura of the northwestern Persian-Arabian Gulf, with the new record of <i>Phalangipus persicus</i> Griffin, 1973 (Crustacea: Brachyura: Epialtidae MacLeay, 1838) from the Iraqi coast Amaal Gh. YASSER, Murtada D. NASER, Khaled Kh S. AL-KHAFAJI.....	525-531
Effect of biotic and abiotic factors on the epidemiological index of <i>Dactylogyrus heteromorphus</i> El Gharbi, 1994 (Monogenea) parasitizing the algerian barbel <i>Luciobarbus callensis</i> (Cyprinidae) inhabiting Fom-El-Khanga dam (Souk-Ahras, Algeria) Amel ALLALGUA, Amel MENASRIA, Wahiba MOUAISSIA, Mourad BENSOUILAH, Nouha KAOUACHI.....	532-540
Antimicrobial susceptibility of <i>Flavobacterium psychrophilum</i> isolated from Rainbow Trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) Gülşen ULUKÖY, Ayşegül KUBİLAY, Pınar YILDIRIM, Ahmet DURU, Tom WIKLUND.....	541-547
Effect of some biotic and abiotic factors on hard and soft-shell of crayfish (<i>Pontastacus leptodactylus</i> Eschscholtz, 1823): A case study from Hirfanlı Dam Lake Mehmet CİLBİZ.....	548-555
The state of water management in Ethiopia: Problems and solution approaches Awol Kedir JEWARO, İbrahim DİLER	556-568

Evaluation of biofloc technology for <i>Astacus leptodactylus</i> : Effect of different stocking densities on production performance and physiological responses Doğukan KAYA, Ercument GENÇ, Derya GÜROY, Serhat DİNÇER, Bilgenur HARMANŞA YILMAZ, Hijran YAVUZCAN YILDIZ.....	569-579
Growth and reproduction properties of the Doctor Fish, <i>Garra rufa</i> (Cyprinidae) infested with <i>Paradiplozoon bingolensis</i> Civanova et al. 2013 (Monogenea: Diplozoidae) in the Göynük Stream (Bingöl, Turkey) Mustafa KOYUN, Ataman Altuğ ATICI.....	580-595
Oymapınar baraj gölü (Antalya)'nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (<i>Cyprinus carpio</i> L.1758) Bazı Dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi Selda TEKİN ÖZAN.....	596-609

Doğu Karadeniz’de Mezgit (*Merlangius merlangus*, Nordmann, 1840) Balığının Yaş, Büyüme ve İlk Eşeyssel Olgunluk Boyunun Belirlenmesi

Cemalettin ŞAHİN^{1*}, Erhan ÖZTÜRK¹, Muhammet EMANET¹, Yusuf CEYLAN¹

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Rize

Sorumlu Yazar: cemalettin.sahin@erdogan.edu.tr

Araştırma Makalesi

Geliş 12 Ekim 2020; Kabul 10 Aralık 2020; Basım 01 Aralık 2021.

Alıntılama: Şahin, C., Öztürk, E., Emanet, M. & Ceylan, Y. (2021). Doğu Karadeniz’de Mezgit (*Merlangius merlangus*, Nordmann, 1840) balığının yaş, büyüme ve ilk eşeyssel olgunluk boyunun belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 450-462. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.809314>

Özet

Çalışmada, Doğu Karadeniz’deki Mezgit (*Merlangius merlangus*) popülasyonunun bazı temel parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Mart 2017- Şubat 2018 tarihleri arasında yapılan 12 aylık örneklemede elde edilen ve incelenen 1579 adet mezgit balığının boylarının 7,5 cm ile 32,6 cm arasında dağılım gösterdiği ve ortalama boyun 14,49±2,85 cm olduğu, ağırlıklarının ise 2,68 g ile 279,58 g arasında dağılım gösterdiği ve ortalama ağırlığın 26,05±20,95 g olduğu bulunmuştur. Boy-ağırlık ilişkisi $W=0,0046*L^{3,173}$ olarak saptanmıştır. Cinsiyet oranı (dişi/erkek) 1,31:1 ve yapılan χ^2 testi sonucu farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Yaş dağılımı 0-VIII arasında, büyüme parametreleri $L_{\infty}=31,87$ cm, $K=0,130$, $t_0=-3,071$, $W_{\infty}=271,01$ g ve $\phi'=2,123$ olarak belirlenmiştir. Toplam örneklerde ilk eşeyssel olgunluk boyu ($L_{50}=13,19$ cm) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ışığında Doğu Karadeniz mezgit stoklarının sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyen bir avcılık söz konusu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Merlangius merlangus*, Doğu Karadeniz, büyüme parametreleri, ilk eşeyssel olgunluk boyu

Determination of Age, Growth and First Maturity Length of Whiting (*Merlangius merlangus*, Nordmann, 1840) in the Eastern Black Sea

Abstract

In this study, it is aimed to determine some basic parameters of the whiting (*Merlangius merlangus*) population in the Eastern Black Sea. As a result of 12 months sampling conducted between March 2017 and February 2018, a total of 1579 whiting were examined and their lengths ranged between 7.5 cm and 32.6 cm and the mean length was 14.49 ± 2.85 cm and their weights ranged between 2.68 g and 279.58 g, the mean weight was 26.05 ± 20.95 g. Length-weight relationship was found $W=0,0046*L^{3,173}$. While the sex ratio (female/male) was found to be 1,31: 1, because of the chi-square test the difference was found to be significant. Age distribution was between 0 and VIII, growth parameters were determined as $L_{\infty}=31,87$ cm, $K=0,130$, $t_0=-3,071$, $W_{\infty}=271,01$ g and $\phi'=2,123$, respectively. The first sexual maturity length of total samples (L_{50}) was calculated as 13.19 cm. In the light of the data obtained, it has been observed that there is a catch that negatively affects the sustainability of Eastern Black Sea whiting stocks.

Keywords: *Merlangius merlangus*, Eastern Black Sea, growth parameters, first sexual maturity length

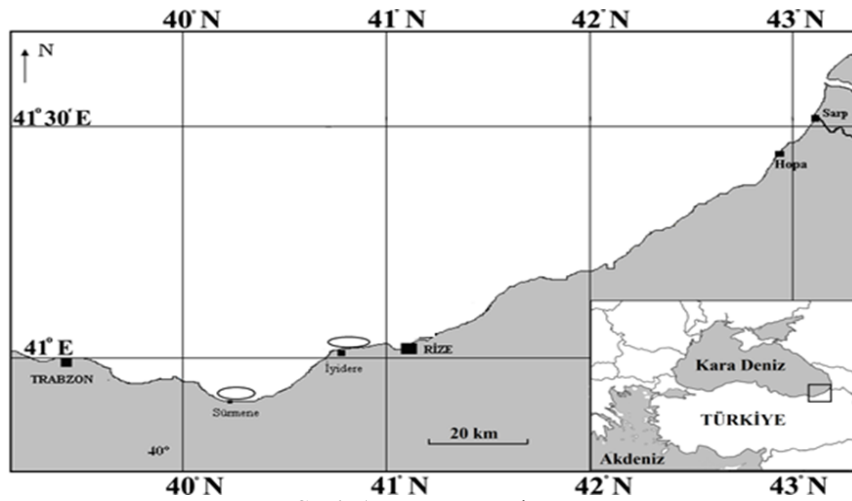
GİRİŞ

Mezgit (*Merlangius merlangus*) balığı, Karadeniz demersal balıkçılığının en önemli türlerinden biridir. Özellikle küçük ölçekli balıkçılık açısından büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de 1988 yılındaki mezgit üretimi 30488 ton iken 2019’da ise 8941 tona düşmüştür (TUİK 2020). Yıllar içerisinde mezgit stokları üzerindeki av baskısı ve Karadeniz’deki ekolojik değişimler stokların verimliliğini azaltırken, sürdürülebilirlikleri kaygı verici duruma düşmüştür (Bat vd., 2005; Oğuz vd., 2006; Akoğlu vd., 2014, Gücü vd., 2018). Bir semipelajik balık olan mezgit balığının dip trolü ile avcılığı Orta ve Batı Karadeniz’de daha yoğunken, dip trolü avcılığına yasak olan Doğu Karadeniz’de ise uzatma ağları ve oltalar ile avlanmaktadır (Bat vd., 2005; Erdem vd., 2007; Kalaycı ve Yeşilçiçek 2014; Aydın ve Hacıoğlu 2017). Dolayısıyla Doğu Karadeniz’deki küçük ölçekli balıkçılığın ana hedef türlerinden biridir. Geniş bir dağılım alanı gösteren bu tür üzerinde pek çok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların genellikle, türün büyümesi, yaş kompozisyonu, üremesi, avcılığı, av araçlarının seçiciliği ve stoklar üzerindeki av baskısının etkileri üzerine olduğu tespit edilmiştir (İşmen, 1995;

Polat ve Gümüş 1996; Çiloğlu vd., 2001; Hehir vd., 2003; Bradova ve Prodanov 2003; Prodanov ve Bradova 2003; Samsun, 2005; Atasoy, 2006; Sağlam ve Sağlam 2012; Bilgin vd., 2012; Mazlum ve Bilgin 2014; Kalaycı ve Yeşilçiçek 2014; Zengin, vd., 2019). Sürekli av baskısı altında olan stokların biyolojik parametrelerinde değişim söz konusudur. Dolayısıyla stokların ve balıkçılığın sürdürülebilirliğinde biyolojik parametrelerin izlenmesi, mevcut stok yönetimindeki uygulamaların yeniden değerlendirilmesi veya ihtiyaç durumunda yeni bir yönetim planının oluşturulması açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada stokların yönetimi açısından önem taşıyan büyüme parametreleri ve ilk eşeyssel olgunluk boyu tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın örnekleri, Mart 2017-Şubat 2018 tarihleri arasında aylık olarak Güney Doğu Karadeniz'de Sürmene ve İyidere kıyılarında 5 m ile 60 m arasındaki derinliklerden elde edilmiştir (Şekil 1). Örnekler, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesine ait Karadeniz Araştırma gemisi kullanılarak gerçekleştirilen dip trolü (torba göz açıklığı 12 mm) operasyonlarından sağlanmıştır.



Şekil 1. Araştırma sahası.

Toplam 1579 adet örnek toplanmış, bireylerin toplam boyları 0,1 cm ve ağırlıkları 0,01 gr hassasiyetle ölçülmüştür. Gonadlardan yararlanarak dişi ve erkek bireyler belirlenmiştir (Avşar, 2005; Samsun, 2005; Peterson, 2011). Yaş tayini için 404 adet balığın (her bir boy grubunu temsil edecek şekilde) otolitleri çıkarılarak kan ve dokudan arındırılmış sonrasında ependorf tüplerine %70'lik alkol ile muhafaza edilmiştir. Yaşları belirlemek için otolitler binoküler mikroskopta (Nikon SMZ 1000) alttan aydınlatma ile incelenmiştir. Otolitlerin üzerinde bulunan yaz (opak) ve kış (hyalin) halkaları sayılarak yaşlar belirlenmiştir (Chilton ve Beamish 1982).

Örneklerin boy-ağırlık ilişkisi aşağıdaki formülden yararlanarak belirlenmiştir (Ricker, 1973). $W = a * L^b$ Burada W: balığın toplam ağırlığı, L: balığın toplam boyu, a ve b en küçük kareler yöntemine göre tespit edilen denklemin parametreleridir. Dişi, erkek ve tüm örnek bireyler için elde edilen "b" değerleri, izometrik büyümeyi gösteren $b = 3$ değeri ile Pauly'nin t testi uygulanarak izometrik büyüme gösterip göstermedikleri tespit edilmiştir (Pauly, 1984).

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

L_∞ ; asimtotik boy, K; büyüme sabiti, t_0 ; teorik olarak boyun sıfır olduğu yaş olarak tanımlanmıştır.

Asimtotik ağırlık;

$W_\infty = a * L_\infty^b$ formülünden yararlanarak hesaplanmıştır (Ricker, 1979; King, 1995).

Aylık olarak kondisyon faktörü;

$K = \left(\frac{W}{L^b}\right) * 100$ formülünden belirlenmiştir (Avşar, 2005; King, 1995).

Büyüme performansı;

$\emptyset' = \text{Log } K + 2\text{Log } L_\infty$ formülünden yararlanarak hesaplanmıştır (Munro ve Pauly 1983; Pauly ve Munro 1984).

İlk eşeyssel olgunluk boyu (L_{50}), üremenin gerçekleştiği dönemlerde her boy sınıfındaki olgun bireylerin toplam bireylere oranlamasından yararlanarak belirlenmiştir. Eşeyssel olgunluk eğrisi ve L_{50} , King (1995)'e göre aşağıdaki bağıntılardan yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$P = 1/(1 + \exp(a - b) * L \text{ ve}$$

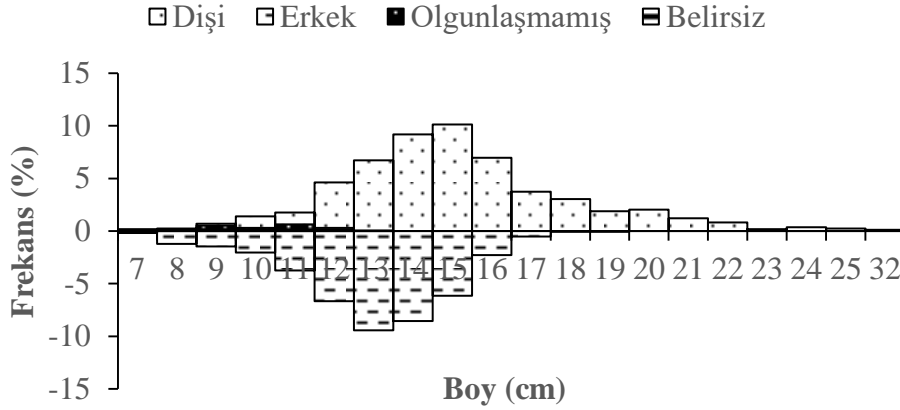
$$L_{50} = -\left(\frac{a}{b}\right)$$

P: olgunlaşma oranı, a ve b: regresyon sabitleri, L: boy grubudur.

Dişi ve erkek frekans dağılımları arasında farklılığın önemli olup olmadığı χ^2 testi ile belirlenmiştir. Büyüme sabitlerinde Munro'nun Ø'üssü testi (Avşar, 2005) ve kondisyon faktörleri arasında t testi uygulanarak farklılıklar belirlenmiştir. İstatistiki analizler SPSS12.0 programıyla yapılmıştır.

BULGULAR

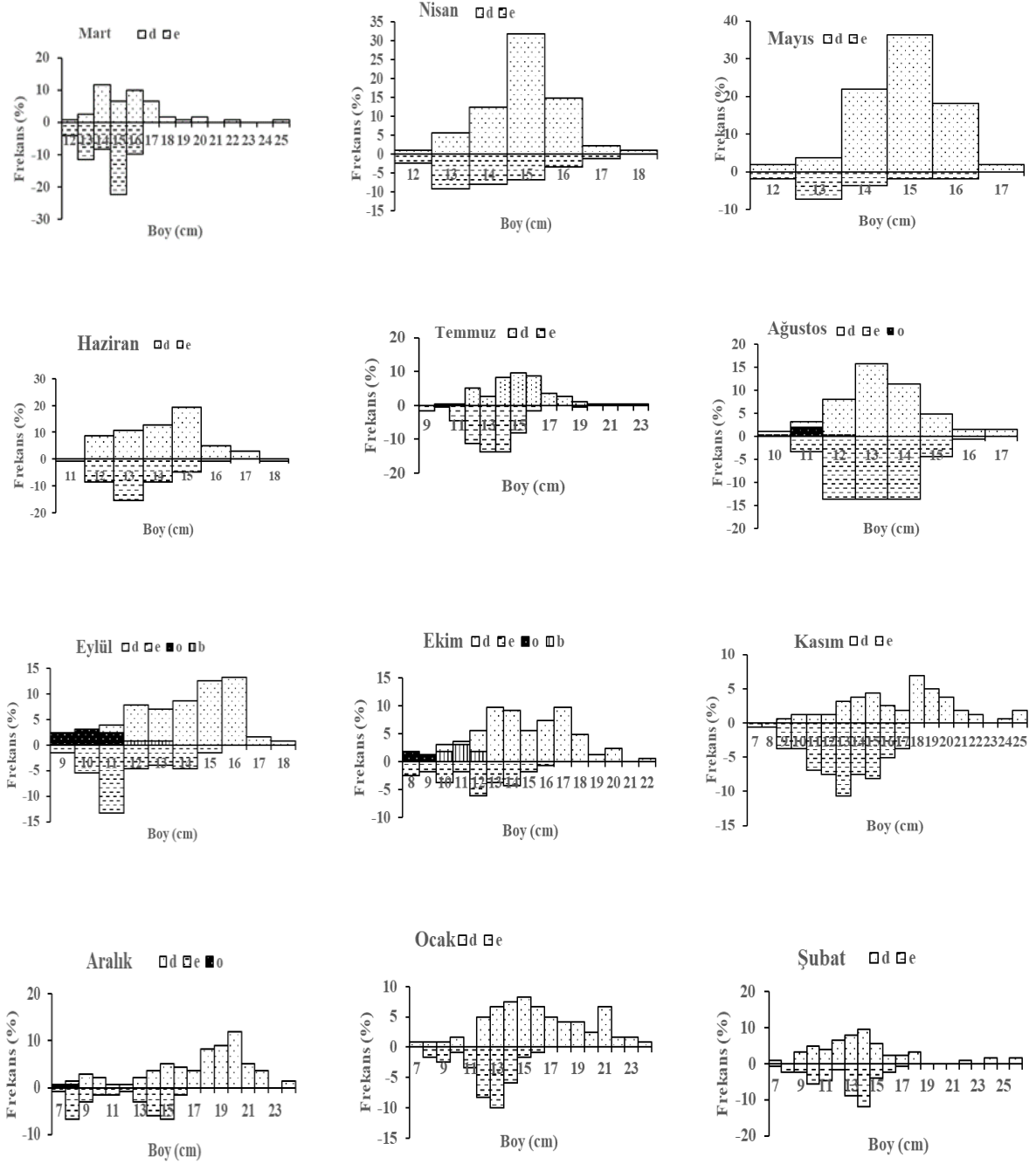
Araştırmada incelenen toplam 1579 mezigit balığının aylık ve toplam boy frekansları Şekil 2'de verilmiştir. Toplam örneklerde boy 7,5-32,6 cm, ağırlık 2,68-279,58 g arasında iken ortalama boy ve ağırlık sırasıyla $14,49 \pm 2,85$ cm ve $26,05 \pm 20,95$ g olarak hesaplanmıştır. Dişilerde boy 7,5-32,6 cm, ağırlık 2,86-279,58 g arasında değişirken ortalama boy $15,53 \pm 3$ cm, ortalama ağırlık $32,85 \pm 25,32$ g olarak belirlenmiştir. Erkeklerde ise boy 7,5-19,6 cm, ağırlık 2,68-46,40 g arasında, ortalama boy $13,34 \pm 1,97$ cm ve ortalama ağırlık $17,99 \pm 7,49$ g olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Toplam bireylerin boy frekans dağılımı.

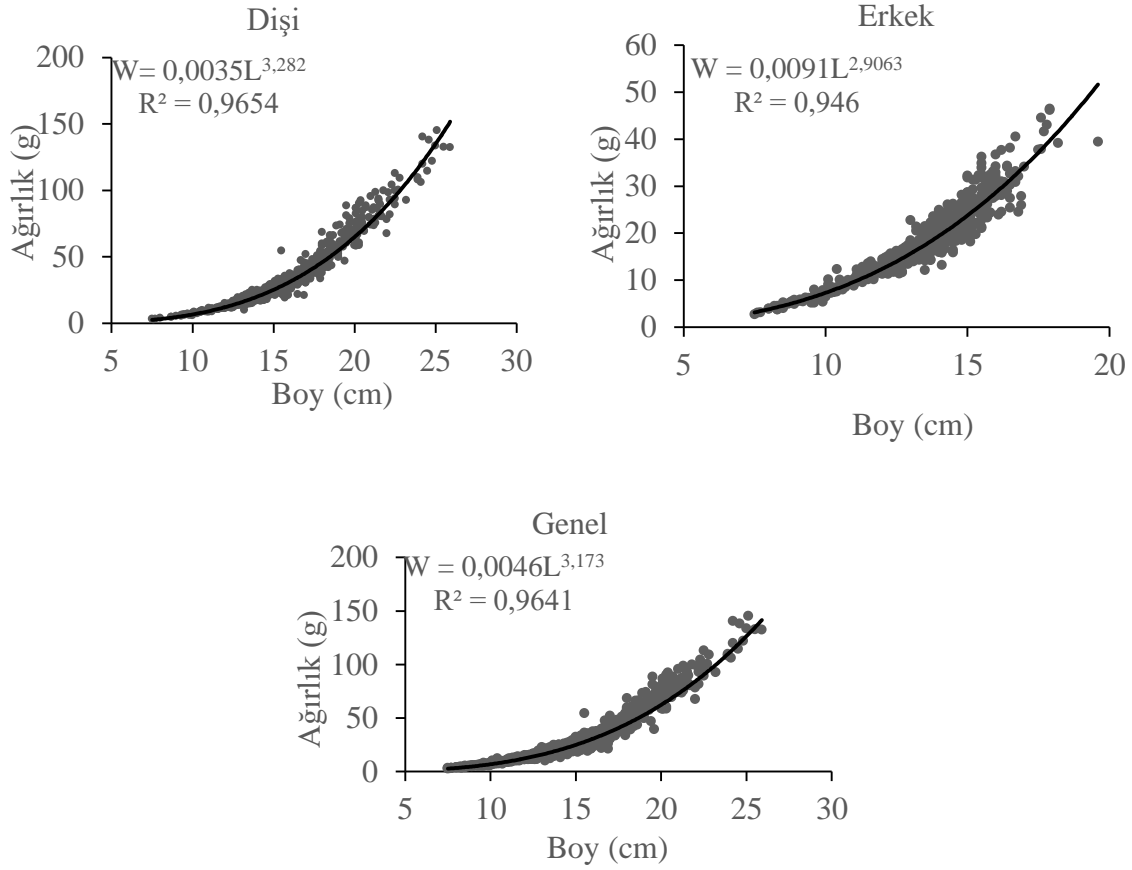
Alınan tüm örneklerin cinsiyet durumu değerlendirildiğinde, 668'i erkek (%42,30), 877'si dişi (%55,54), 28'i olgunlaşmamış (%1,77), 6'sı ise cinsiyeti belirlenememiş (%0,37) bireyler olarak tespit edilmiştir. Dişi/erkek cinsiyet oranı 1,31:1 olarak hesaplanmış ve yapılan Ki-kare testi sonucu bu oranın istatistiki olarak 1:1 oranından farklı olduğu bulunmuştur ($\chi^2_{df:1} = 28,72$; $p < 0,05$). Ayrıca, boy gruplarındaki dişi ve erkek frekansları arasında yapılan Kolomogorow-Smirnov (K-S) testi sonucu önemli farklılığın olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Alınan örneklerin aylık frekans dağılımları Şekil 3'de verilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığının belirlemiş olduğu avlanabilir boyun (13 cm) altındakilerin oranı aylara göre % 3,3-% 47 arasında değişmiş, dişilerde %16, erkeklerde %36 ve toplam örneklerde % 26,2 olarak bulunmuştur.



Şekil 3. Cinsiyetlere göre aylık boy frekans dağılımları (B: Belirlenememiş, O: olgunlaşmamış, D: dişi, E: erkek).

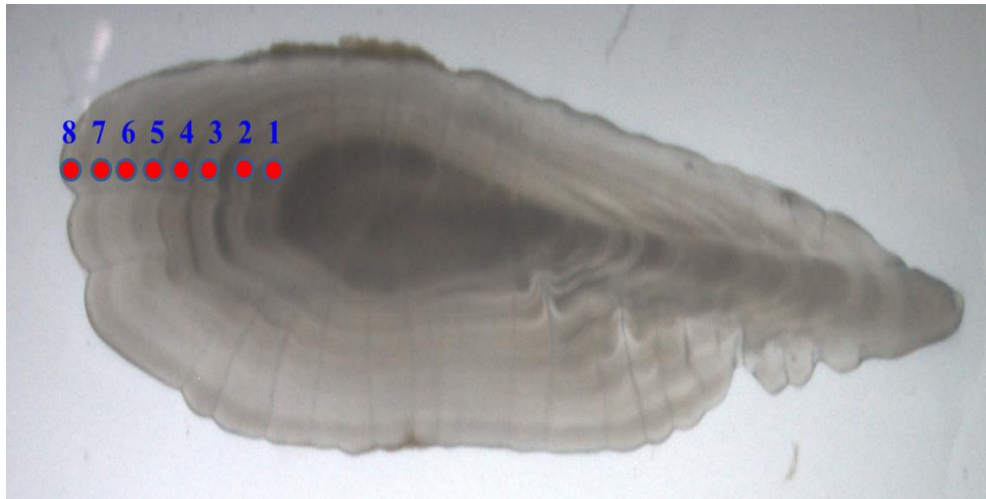
Boyun bir kuvveti olarak ifade edilen boy-ağırlık ilişkisi, toplam birey ve cinsiyetlere göre Şekil 4’de görüldüğü gibi hesaplanmıştır.



Şekil 4. Cinsiyet ve toplam bireylerin boy-ağırlık ilişkileri.

Boy-ağırlık ilişkisinin “b” değerlerinden büyümenin dişi bireylerde ve toplam bireylerde pozitif allometrik büyüme, erkeklerde ise negatif allometrik olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca dişi ve erkek bireylerin b değerleri arasında yapılan t-testi sonucunda “b” değerleri arasında farkın önemli olduğu ($p < 0,05$) belirlenmiştir.

Elde edilen örneklerden 404 balığın otolitleri okunarak yaşları tespit edilmiştir. Yaşları tespit edilen bireylerin 250’si dişi ve 154’ü erkek birey olarak belirlenmiştir. En yaşlı bireyin yaş yapısı Şekil 5’te verilmiştir. Boy gruplarına göre yaşların dağılımı dikkate alındığında 26-31,9 cm boy sınıfı arasında örnek birey elde edilemediği için örnekleme esnasında yakalanan 32 cm üzerindeki 8 yaşlı iki birey büyümeye dahil edilmemiştir.



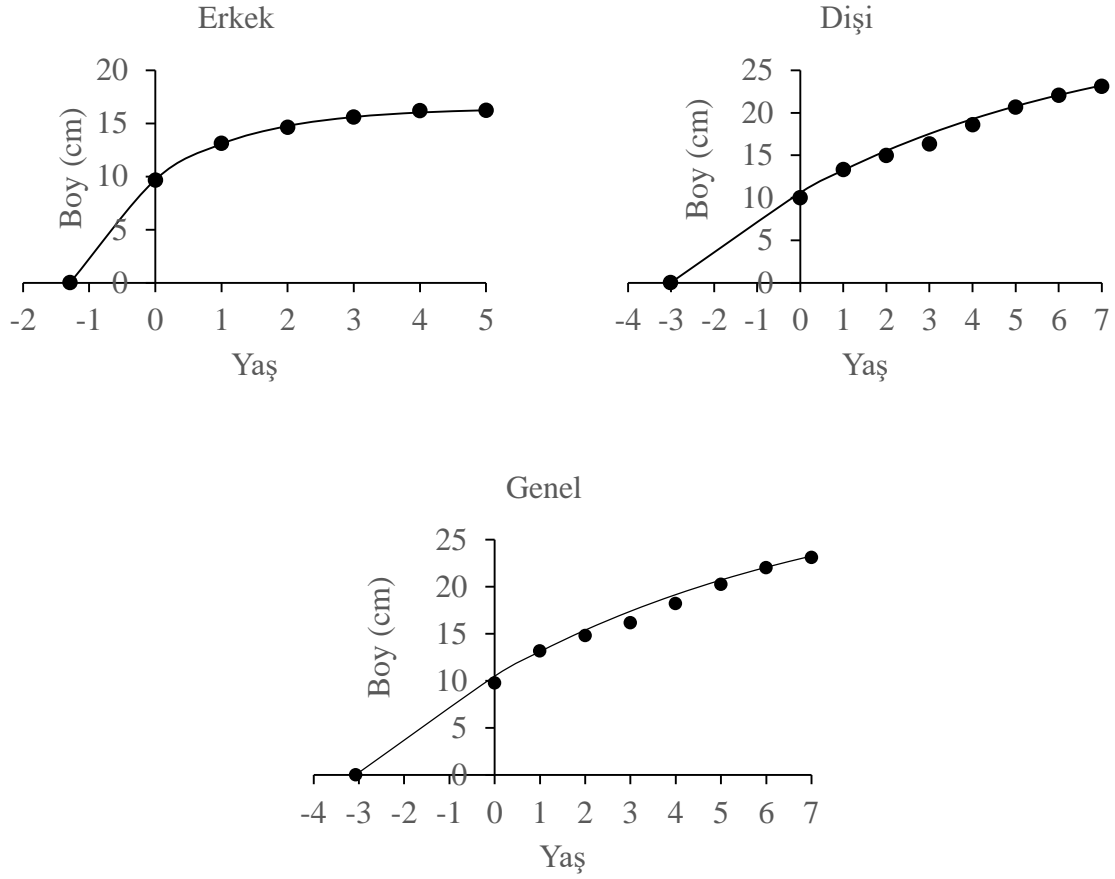
Şekil 5. En yaşlı bireyin otolit görünümü (Orijinal).

Cinsiyetleri belirlenen bireylerin boy gruplarına göre yaş dağılımları tespit edilmiş olup yaş anahtarları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Boy gruplarına göre yaş anahtarı, ortalama boy (Lort) ve standart sapma (ss).

Boy (cm)	Dişi							Erkek							Genel								
	0	1	2	3	4	5	6	7	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	6	7	
7	3								3														3
8	2								7														9
9	7								9														16
10	6	2	1						4	5	2						10	7	3				10
11	6	3	3	1					6	5	2						12	8	5	1			12
12		9	3	1					1	14	2						1	23	5	1			1
13		10	8	3						13	4	3					23	12	6				6
14		5	13	5	2					9	14	1			1		13	27	6	2	1		1
15		2	12	10	3					5	15	5	4			7	27	15	7				7
16		1	10	10	5					2	8	2	2	1		3	18	12	7	1			1
17			6	8	6	3					1	1	2			7	9	8	3				3
18		1	2	2	7	9	2								1	1	2	2	7	10			2
19				2	6		2					1						3	6				2
20					8	1	2												8	1			2
21				1	2	8	1											1	2	8	1		1
22				2	3	4		2										2	3	4			2
23						1		1												1			1
24						4	1	1												4	1		1
25								4															4
Top.	24	33	58	45	42	30	12	4	30	52	48	13	8	3	54	85	106	58	50	33	12	4	
Lort.	10,01	13,30	14,98	16,33	18,59	20,66	22,03	23,10	9,66	13,12	14,61	15,60	16,18	16,23	9,77	13,16	14,81	16,16	18,20	20,25	22,03	23,10	
ss	1,36	1,67	1,77	2,20	2,16	2,40	2,91	0,80	1,34	1,57	1,56	1,62	1,09	2,11	1,28	1,61	1,68	2,09	2,20	2,67	2,91	0,80	

Çalışmada incelenen mezgit balıklarında belirlenen yaş ve yaşlara karşılık gelen ortalama boylar dikkate alınarak, yaş-boy ilişkileri ve büyüme parametreleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir (Şekil 6, Tablo 2).



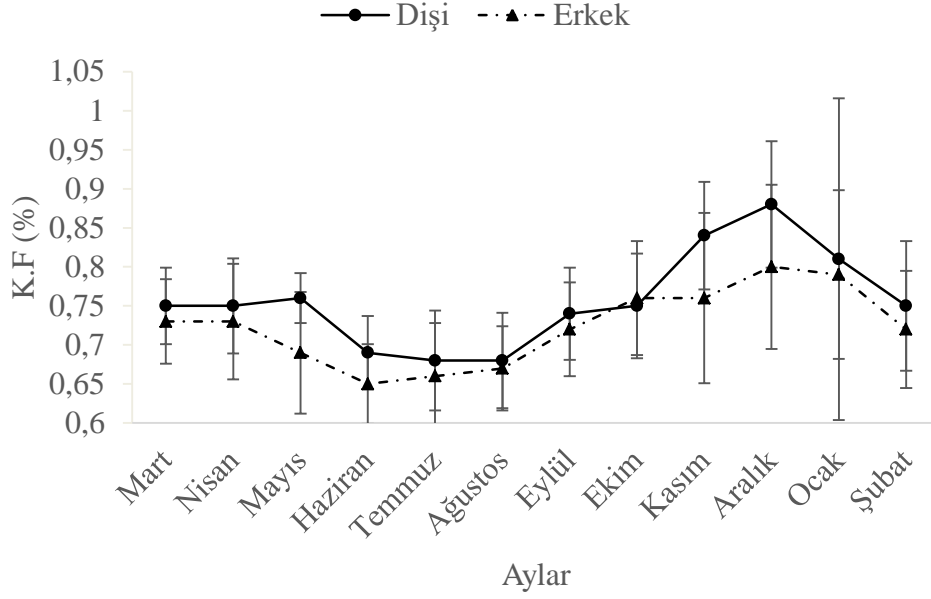
Şekil 6. Cinsiyetlere göre yaş-boy ilişkileri.

Tablo 2. Mezgit balığının cinsiyet ve toplam örneklere göre büyüme parametreleri.

Cinsiyetler	L_{∞}	K	t_0	W_{∞}	\emptyset'
Dişi	30,82	0,140	-3,015	269,41	2,125
Erkek	16,46	0,694	-1,297	31,21	2,274
Genel	31,87	0,130	-3,071	271,01	2,123

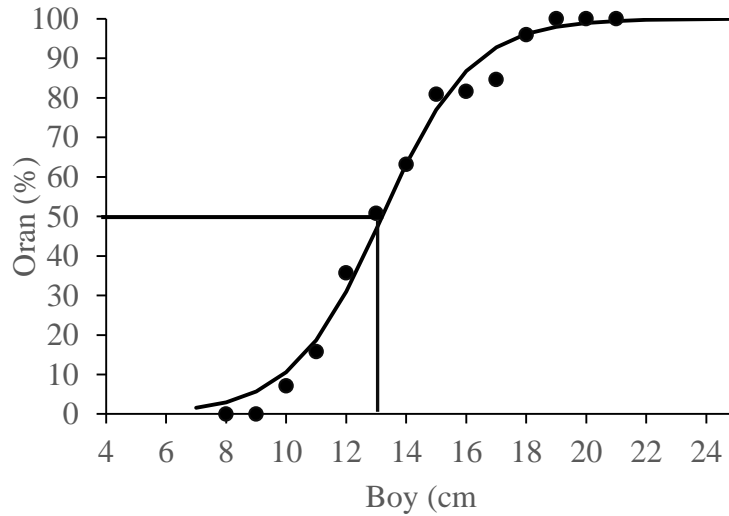
Hesaplanan von Bertalanffy büyüme parametrelerine göre dişi, erkek ve toplam bireylerin herhangi bir yaştaki büyüme fonksiyonları sırasıyla; $L_t=30,82*(1-e^{-0,140*(t+3,015)})$, $L_t=16,46*(1-e^{-0,694*(t+1,297)})$ ve $L_t=31,87*(1-e^{-0,130*(t+3,071)})$ şeklinde belirlenmiştir.

Örneklemlerin cinsiyetlerine göre aylık olarak hesaplanan kondisyon faktörleri Şekil 7'de verilmiştir. En yüksek değer Aralık ayında belirlenmiş olup, en düşük değerler yaz aylarında görülmüştür. Cinsiyetler arası aylık kondisyon değerleri arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 7. Aylık kondisyon dağılımları.

İlk eşeyssel olgunluk boyu, balık popülasyonların yönetiminde önemli parametrelerden biridir ve mezigit balığı için $L_{50}=13,19$ cm olarak hesaplanmış olup eşeyssel olgunluk eğrisi Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. İlk eşeyssel olgunluk eğrisi.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Boy kompozisyonu, avlanan stokların boy gruplarında meydana gelen değişimlerin göstergelerinden biridir. Bu araştırmada Güney-doğu Karadeniz’de mezigit balıklarında boyun 7,5-32,6 cm arasında değiştiği, dişilerin 32,6 cm’ ye, erkek bireylerin ise 19,6 cm’ ye kadar ulaştıkları saptanmıştır. Araştırma bölgesinde ve bölge dışında yapılan bazı çalışmalarda bildirilen boy, cinsiyet oranı ve boy-ağırlık ilişkisiyle ilgili veriler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Bölge ve bölge dışında yapılan bazı çalışmaların sonuçları.

Yazar-Yıl	Bölge	C	Boy Aralık (cm)	Ortalama Boy (cm)	Cinsiyet Oranı (D:E)	Boy Ağırlık İlişkisi	L ₅₀
Düzgüneş ve Karaçam (1990)	D. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	13,2-24,9	19,5	2,44:1	W=0,0272*L ^{2,573}	
Samsun vd. (1994)	O. Karadeniz	\sum	8,5-40	16,0			
Samsun ve Erkoyuncu, 1998	O. Karadeniz	\sum	9,0-24,0	14,53		W=0,0039*L ^{3,238}	
Şahin ve Akbulut, 1997	D. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	9,0-27,7 8,8-21,7		1,55:1	W=0,0048*L ^{3,151}	
Çiloğlu vd., 2001	D. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	11,0-30,4 11,0-25,3 11,0-30,4		1,84:1	W=0,0037*L ^{3,259}	
İşmen, 2002	Karadeniz	\sum	10,8-30,6		1,3:1	W=0,0042*L ^{3,240}	
Samsun, 2005	O. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	8,4-31,5 8,7-22,9 8,4-31,5	15,35 14,79 15,06	1,15:1	W=0,0042*L ^{3,201}	13,8 12,9
Kalaycı, vd., 2007	O. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	8,8-22,7 8,1-22,4 7,7-22,7		1,2:1	W=0,0067*L ^{3,024}	
Yankova vd., 2011	Bulgaristan	\sum	5,5-22,5			W=0,0040*L ^{3,151}	
Sağlam ve Sağlam 2012	O.Karadeniz	\sum_{O_3+O}	10,1-23-1	15,1 14,5 14,9	1,95:1	W=0,0064*L ^{3,044}	
Bilgin vd., 2012	D. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	10,8-20,4 11,6-30,7	15,72 15,15			14,6 13,9
Mazlum ve Bilgin 2014	D. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	11,5-27,4 10,6-21,2 10,6-27,4	16,5 15,5 16,1	1,52:1		
Yeşilçiçek vd., 2015	D.Karadeniz	\sum_{O_3+O}	7,6-24,2 8,0-23,6 7,6-24,2		1,01:1	W=0,0046*L ^{3,195}	
Aydın ve Hacıoğlu 2017		\sum	7,5-24,1	14,7		W=0,0062*L ^{3,0894}	
Yıldız ve Karakulak 2019	B. Karadeniz	\sum_{O_3+O}	7,8-25,9 9,1-19,5 6,0-25,9		1,85:1		
Bu çalışma,	D.Karadeniz	\sum_{O_3+O}	7,5-32,6 7,5-19,6 7,5-32,6	15,53 13,34 14,49	1,31:1	W=0,0046*L ^{3,173}	13,19

C: cinsiyet

Doğu Karadeniz'deki mezgıt balığının dişilerinin erkekler göre daha dominant ve daha büyük boylara ulaştığı görülmüştür (Şekil 2). Çalışmadaki aylık frekans dağılımlarına bakıldığında dişi ve erkek bireylerin oranları arasında yapılan χ^2 testi sonucu önemli farklılığın olduğu ortaya konmuştur. Bu bağlamda, stoktaki dişi-erkek bireylerin bölgede kullanılan av araçlarına karşı tepkileri ve avlanma oranlarının farklılığını göstermektedir. Aylık ve toplam boy frekansları dikkate alındığında (Şekil 2,

Şekil 3) Tarım ve Orman Bakanlığının belirlemiş olduğu avlanabilir boyun (13 cm) altındakilerin oranı dişilerde %16, erkeklerde %36 ve toplam bireylerde %26'nın üzerinde olması Doğu Karadeniz'deki mezgit stokları üzerine bir av baskısının olduğu sonucuna işaret etmektedir. Tablo 3'de yapılmış olan çalışmalarda boy aralıkları ile bu çalışmadaki boy aralıkları karşılaştırıldığında bazı farklılık görülmüştür. Bunun nedeninin çalışmalarda kullanılan av aracı ve bölgedeki popülasyon yapısından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışmada elde edilen dişilerin erkeklerden daha büyük boya ulaşabildikleri hususu diğer çalışmaların sonuçlarıyla da benzerlik göstermektedir (Tablo 3). Doğu Karadeniz'de yapılan bu çalışmada tespit edilen cinsiyet oranı ile Karadeniz ve diğer denizlerde yapılan bazı çalışmalarda bildirilen sonuçlar karşılaştırıldığında sonuçların benzer olduğu anlaşılmaktadır (Düzgüneş ve Karaçam 1990; Şahin ve Akbulut 1997; Çiloğlu vd., 2001; İşmen, 2002; Samsun, 2005; Kalaycı vd., 2007; Sağlam ve Sağlam, 2012; Mazlum ve Bilgin, 2014; Yeşilçiçek vd., 2015; Yıldız ve Karakulak 2019).

Güney-doğu Karadenizdeki mezgit balıklarında büyümenin dişi ve toplam bireylerde pozitif allometrik, erkeklerde negative allometrik bulunması, cinsiyetler arasında boyca ve ağırlıkça büyümenin de farklı olduğunu göstermektedir. Bu tür üzerinde yapılan bazı çalışmalarda b değerinin 2,57-3,25 arasında değişim gösterdiği anlaşılmaktadır (Tablo 3), (Düzgüneş ve Karaçam, 1990; Samsun ve Erkoyuncu 1998; Şahin ve Akbulut 1997; Çiloğlu vd., 2001; İşmen, 2002; Samsun, 2005; Kalaycı vd., 2007; Yankova vd., 2011; Sağlam ve Sağlam 2012; Yeşilçiçek vd., 2015; Balık ve Öztaş, 2019.). Bu değişimin, örnekleme şekli, örnekleme dönemi, yaşadıkları habitatlara bağlı olarak beslenme özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir

Güney-doğu Karadeniz'deki mezgit balıklarında yaş aralığının 0-8 arasında değişmesi ve dişilerin II. Yaşta, erkeklerin ise I. Yaşta yoğunlaştığı belirlenmiştir (Tablo 1). Yapılan çalışmalarda farklı sonuçların ortaya konduğu görülmüştür (Tablo 4). Bu farklılığın sahada kullanılan örnekleme av aracına ve örnekleme sahasında mevcut bulunan popülasyonun yapısına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Farklı zamanlarda mezgit balığı üzerinde tespit edilen yaş aralıkları.

Yazar-Yıl	Yaş Aralığı	En Yoğun Yaş	Bölge
Düzgüneş ve Karaçam (1990)	I-V	III	D. Karadeniz
Samsun vd. (1994)	I-VII	II	O. Karadeniz
Şahin ve Akbulut, 1997	I-VII	II	D. Karadeniz
Çiloğlu vd., 2001	I-IX	I	D. Karadeniz
İşmen, 2002	I-IX	I	Karadeniz
Samsun, 2005	0-IX	II	O.Karadeniz
Sağlam ve Sağlam, 2012	0-V	I	O. Karadeniz
Mazlum ve Bilgin, 2014	I-VI	III	D. Karadeniz
Yıldız ve Karakulak, 2019	I-V	II	B. Karadeniz
Bu Çalışma,	I-VII	II	D. Karadeniz

Balıkları tükettikleri besinden elde ettikleri enerjinin büyük bir kısmını metabolik faaliyetleri için harcarken, küçük bir kısmını büyümelerinde kullanmaktadır. Bir başka deyişle büyüme, balığın kütlelerinin zamana göre değişimi olarak ifade edilmektedir (Pauly, 1984; Sparre ve Vanema 1998; King, 1995; Avşar, 2005). Çalışmada büyüme, yapılan yaş analizi ve yaşlara karşılık gelen ortalama boylardan yararlanarak hesaplanmıştır. Karadeniz'de yapılan çalışmalarda elde edilen büyüme sabitleri ile çalışmadaki elde edilen büyüme sabitleri Munro'nun Ø testi uygulanmıştır. Test sonucunda farkın önemli olmadığı ($p>0,05$), dolayısıyla benzer büyüme özelliklerine sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5).

Tablo 5. Mezgit balığı stokları üzerine yapılan çalışmalarda elde edilen bazı parametreler.

Yazar-Yıl	C	L_{∞}	K	t_0	ϕ'
Düzgüneş ve Karaçam (1990)	Σ	31,90	0,203	-1,970	2,32
Samsun vd. (1994)	Σ	40,04	0,143	-1,527	2,36
Şahin ve Akbulut, 1997	$\phi_3 + \phi_0$	45,35	0,100	-1,806	2,31
	$\phi_3 + \phi_0$	35,92	1,124	-1,806	2,20
Samsun ve Erkoyuncu, 1998	Σ	35,45		-2,042	
Çiloğlu vd., 2001	$\phi_3 + \phi_0$	52,50	0,092	-1,759	
	$\phi_3 + \phi_0$	37,19	0,114	-2,390	
	Σ	38,40	0,136	-1,833	
İşmen, 2002	$\phi_3 + \phi_0$	37,30	0,170	-0,970	2,37
	$\phi_3 + \phi_0$	29,10	0,160	-1,050	2,13
	Σ	37,90	0,160	-1,050	2,36
Samsun, 2005	$\phi_3 + \phi_0$	39,00	0,114	-2,219	2,24
	$\phi_3 + \phi_0$	32,29	0,143	-2,338	2,17
	Σ	39,00	0,115	-2,193	2,24
Maximov vd., 2007	Σ	26,30	0,160	-2,190	2,04
Sağlam ve Sağlam 2012	$\phi_3 + \phi_0$	38,16	0,124	-2,583	2,26
	$\phi_3 + \phi_0$	26,26	0,203	-2,505	2,15
	Σ	35,56	0,141	-2,654	2,20
Mazlum ve Bilgin 2014	$\phi_3 + \phi_0$	158,2	0,014	-4,690	2,55
	$\phi_3 + \phi_0$	26,90	0,131	-3,870	1,97
Yıldız ve Karakulak 2019	$\phi_3 + \phi_0$	40,20	0,111		2,24
	$\phi_3 + \phi_0$	34,80	0,135		2,19
	Σ	37,05	0,106		2,13
Bu Çalışma,	$\phi_3 + \phi_0$	30,82	0,140	-3,015	2,12
	$\phi_3 + \phi_0$	16,46	0,694	-1,297	2,27
	Σ	31,87	0,130	-3,071	2,12

Kondisyon faktörü yıl içerisinde bir türün beslenme, çevre uygunluğu veya üreme aktivitesini belirleyen biyolojik özelliklerin ölçümüdür (Le Cren., 1951; Blackwell vd., 2000; King, 1995). Araştırmada aylık kondisyon faktörleri incelendiğinde en yüksek değerlere kış mevsiminde ulaşıldığı bu durumun bölgede yapılan bazı çalışmalarla benzerlik göstermektedir (Çiloğlu vd., 2001; Samsun, 2005; Sağlam ve Sağlam, 2012).

Balık stoklarının yönetilmesinde ilk eşeyssel olgunluk boyu oldukça önemli bir parametredir (Avşar, 2005; King, 1995). Çalışmada elde edilen $L_{50} = 13,19$ cm, Tarım ve Orman Bakanlığının belirlemiş olduğu avlanabilir boyun (13 cm) üzerindedir. Sonuç olarak Doğu Karadeniz'deki mezgit stoklarında boy ve yaş sınıfındaki daralmalar, yoğun olarak avlanması ve yüksek seviyede işletilmesi, aynı zamanda L_{50} değerinin belirlenen avlanabilir boyun üzerinde olması, bu stoklar üzerine av baskısının devam ettiğini göstermektedir. Mevcut bulunan av baskısının devam etmesi ve Karadeniz'deki biyolojik ve ekolojik nedenlerle ekosistemde meydana gelen değişimler stokların ve balıkçılığın sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkileyeceğini ifade edilmektedir (Oğuz, 2005; Oğuz ve Gilbert 2007; Bat vd., 2007; Akoğlu vd., 2014). Dolayısıyla, balıkçılığın ve stokların devamlılığını sağlamak için bahsedilen etkenleri minimize etmek gerekir. Türler üzerine yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçlar dikkate alınarak balıkçılığın ve stokların sürdürülebilirliğini sağlayacak yönetim planı oluşturulması gerekir.





KAYNAKLAR

- Akoğlu, E., Salihoglu, B., Libralato, S., Oguz, T., & Solidoro, C. (2014). An indicator-based evaluation of Black Sea food web dynamics during 1960–2000. *Journal of Marine Systems*, 134, 113–125.
- Atasoy Göksungur, E., Erdem, Ü., Cebeci, M., & Yerli B. (2006). Marmara denizi mezgit (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840) balığının bazı biyolojik özellikleri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23, (1/1) 33-37

- Avşar, D. (2005). *Balıkçılık Biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği*. Nobel Tıp Kitap evi, ISBN: 9789758561445, Adana, Türkiye, 332s.
- Aydın, M., & Hacıoğlu, M. N. (2017). Trabzon Bölgesi'nde kullanılan mezgit uzatma ağlarının av verimi ve tür kompozisyonunun belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 226-238
- Balık, İ., & Öztaş, M. (2019). Comparison of length-weight relationships for whiting, *Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758) caught from three different areas of the south-eastern Black Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 57-63. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.1.07
- Bat, L., Erdem, Y., Ustaoglu, S., Yardim., Ö. & Satılmış, H.H. (2005). A study on the fishes of the central Black Sea coast of Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment* 11, 281-296.
- Bat, L., Sahin, F., Satılmış, H.H., Ustun, F., Ozdemir, Z.B., Kideys, A.E., & Shulman, G.E., (2007). Karadeniz'in değişen ekosistemi ve hamsi balıkçılığına etkisi. *Journal Fish Science*, 1(4), 191-227.
- Bilgin, S., Bal, H., & Taşçı, B. 2012. Length based growth estimates and reproduction biology of whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordman, 1840) in the Southeast Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12,871-881.
- Blackwell, B.G., Brown, M.L., & Willis, D.W. (2000). Relative weight (wr) status and current use in fisheries assessment and management. *Reviews in Fisheries Science*, 8,1, 1-44.
- Bradova, N., & Prodanov, K. (2003). Growth rate of the whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) from the western part of Black Sea. *Bulgarian Academy of Sciences*, 4, 157-164.
- Chilton, D. E., & Beamish, R. J. (1982). Age determination methods for fishes studied by the groundfish program at the Pacific Biological Station. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences*, 60, 1–102.
- Çiloğlu, E., Şahin, C., Zengin, M., & Genç, Y. (2001). Determination of some population parameters and reproduction period of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840) on the Trabzon-Yomra coast in the eastern Black Sea. *Turkish Journal of Zoology*, 25, 831-1837.
- Düzgünes, E., & Karaçam, H. (1990). Dogu Karadeniz' deki mezgit (*Gadus euxinus* Nord., 1840) balıklarında bazı populasyon parametreleri, et verimi ve biyokimyasal kompozisyonu. *Doga Turkish Journal Of Zoology*, 14, 345-352.
- Erdem, Y., Özdemir, S., Erdem, E., & Özdemir Birinci, Z. (2007). Dip trolü ile iki farklı derinlikte avlanan mezgit (*Gadus merlangus euxinus* N. 1840) balığının av ve boy kompozisyonunun değişimi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 3-5(3-4), 395-400.
- Gücü, A.C., Genç, Y., Dağtekin, M., Sakınan, S., Ak, O., Ok, M., & Aydın, İ. (2017). On Black Sea anchovy and its fishery. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25,3, 230- 244.
- Hehir, I. (2003). Age, growth and reproductive biology of whiting *Merlangius merlangus* (Linnaeus 1758) in the Celtic Sea. Galway-Mayo Institute of Technology, Master of Science in Fisheries and Marine Biology. Submitted to the Higher education and Training Awards Council.
- Ismen, A. (1995). The Biology and population parameters of the whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann) in the Turkish coast of the Black Sea. Middle East Technical University, PhD. thesis, Mersin, 215 pp.
- İşmen, A. (2002). A preliminary study on the population dynamics parameters of whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) in Turkish Black Sea coast waters. *Turkish Journal Zoology*, 26, 157-166.
- Kalaycı, F., Samsun, N., Bilgin, S., & Samsun, O. (2007). Length-Weight relationship of 10 fish species caught by bottom trawl and midwater trawl from the Middle Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7, 33-36.
- Kalayci, F., & Yeşilçiçek, T. (2014). The size selectivity of whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) caught by gillnet in the eastern Black Sea of Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 94(7), 1539–1544.
- King, M. (1995). *Fisheries Biology Assessment and Management*, Editorial Office, Osney Mead, Oxford OX2 0EL, Printed and Bound in Great Britannia by Hartnols Ltd., Bodmin.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201-219
- Maximov V., Radu G., & Stancu I. (2007). Evolution of demersal fish species catches from the Romanian marine area between 2000 and 2007. *INCDM Constanta, Cercetari Marine / Recherches Marines*, 38, 305-323.
- Mazlum, R.E., & Bilgin, S. (2014). Age, growth, reproduction and diet of the whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann, 1840), in the southeastern Black Sea. *Cahiers de Biologie Marine*, 55, 463- 474.
- Munro, J.L., & Pauly, D. (1983). A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte, The WorldFish Center*, 1(1), 5-6.
- Oguz, T. (2005). Black Sea ecosystem response to climatic teleconnections. *Oceanography* 18(2), 122–133.
- Oguz, T., Dippner, J.W., & Kaymaz, Z. (2006). Climatic regulation of the Black Sea hydro-meteorological and ecological properties at interannual-to-decadal time scales. *Journal of Marine Systems* 60, 235–254.

- Oguz, T., & Gilbert, D. (2007). Abrupt transitions of the top-down controlled Black Sea pelagic ecosystem during 1960–2000: evidence for regime-shifts under strong fishery exploitation and nutrient enrichment modulated by climate-induced variations. *Deep-Sea Research Part I-Oceanographic Research Papers*, 54, 220–242.
- Pauly D. (1984). Recent developments in the methodology available for the assessment of exploited fish stocks of reservoirs. In: J.M. Kapetzky, T. Petr (Eds.), *Status of African reservoir fisheries*, 10, 321-326p, Committee for Island Fisheries of Africa.
- Pauly, D., & Munro, J.L. (1984). Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte, The WorldFish Center*, 2(1), 1-21.
- Peterson, N.J.B., Wyanski, D.M., Saborido-Rey, F., Macewicz, B.J., & Lowerre-Barbieri, S.K. (2011). A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. *Marine and Coastal Fisheries*, 3(1), 52-70.
- Polat, N., & Gümüş, A. (1996). Ageing of whiting *Merlangius merlangus euxinus*, Nordman, 1840) based on broken and burnt otolith. *Fisheries Research* 28, 231-236
- Prodanov, K., & Bradova, N. (2003). stock assessment of the whiting (*Merlangius merlangus*) in the western part of the Black Sea during 1971-1997. *Oceanology*, 4, 149-156
- Ricker, W. E. (1973). Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30(3), 409–434.
- Ricker, W.E. (1979). Growth rates and models. In: W. S. Hoar, D.J. Randall & J.R. Brett (Ed), *Fish Physiology vol VIII, Bioenergetics and growth* 677-743p. Academic Press., New-York, UK.
- Sağlam, N.E., & Sağlam, C. (2012). Population parameters of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* L., 1758) in the South-Eastern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 831-839.
- Samsun, N., & Erkoyuncu, G. (1998). Sinop Yöresinde (Karadeniz) dip trolleri ile avlanan mezzit balığının (*Gadus merlangus euxinus* N. 1840) balıkçılık biyolojisi yönünden bazı parametrelerinin araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*. 15(1-2), 19-31.
- Samsun, O., Ozdamar, E., & Aral, O. (1994). Fisheries biology of whiting (*Gadus merlangus euxinus*. Nord. 1840) sampled by bottom trawls in the Central Black Sea. I. Nat. Ecol. Envi. Cong. 5-7 Oct. 1993. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1), 1003-1011.
- Samsun, S. (2005). Mezzit balığının (*Gadus merlangus euxinus*, Nordmann, 1840) bazı üreme ve beslenme özellikleri üzerine bir araştırma., 19 Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi Samsun, Türkiye, 119 s.
- Şahin, T., & Akbulut, B. (1997). Some population aspects of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840) in the eastern Black Sea coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 21, 187-193.
- Sparre P., & Venema S.C. (1998). Introduction to tropical fish stock assessment. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1, 407.
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), 2020. Su Ürünleri İstatistikleri 2020, Ankara.
- Yankova, M., Pavlov, D., Raykov, V., Mihneva V., & Radu, G. (2011). Length-weight relationships of ten fish species from the Bulgarian Black Sea waters. *Turkish Journal of Zoology* 35(2), 265-270.
- Yeşilçiçek, T., Kalaycı, F., & Şahin, C. (2015). Length-weight relationships of 10 fish species from the southern Black Sea, Turkey. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 9(1), 19-23.
- Yildiz, T., & Karakulak, F.S. (2019). Age, growth, and mortality of whiting (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) from the western Black Sea. Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 19 (9), 793-804.
- Zengin, M., Akpınar, İ. Ö., Kaykaç, M.H., & Tosunoğlu, Z. (2019). Comparison of selectivity of the trawl codends for whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) in the Black Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(3), 301-311.

Fisheries and Biological Aspects of Dusky Shark *Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818) in Muncar Fishing Port, Banyuwangi, Indonesia

Ahmad IRSAN¹, Fahma WIJAYANTI^{1*}, Yayan Mardiansyah ASSUYUTI^{1,2}, Ranny Ramadhani YUNENI³

¹ Department of Biology, Faculty of Science and Technology, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jl. Ir H. Juanda No. 95, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15412

² Laboratory of Ecology, Center for Integrated Laboratory, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jl. Ir H. Juanda No. 95, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia 15412

³ WWF Indonesia, Graha Simatupang Tower 2 Unit C Lt 7th-11th, Jl. TB Simatupang, Jakarta 12540

*Corresponding Author: fahma.wijayanti@uinjkt.ac.id

Research Article

Received 07 August 2020; Accepted 17 June 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Irsan, A., Wijayanti, F., Assyuti, Y. M., & Yuneni, R. R. (2021). Fisheries and biological aspects of Dusky Shark *Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818) in Muncar Fishing Port, Banyuwangi, Indonesia. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 463-473. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.812389>

Abstract

The high of catching intensity or overfishing of dusky whaler shark, *Carcharhinus obscurus* (Lesueur, 1818), has threatened its sustainability. Even though fisheries and biological aspects of *C. obscurus* are important as a basic assessment for making regulation of shark fisheries management. However, those studies never been reported in Indonesia. The aim of this study is to identify the number of catches and biological aspects of *C. obscurus*. This study was conducted from January to March 2018 at Fishery Port Technical Implementation Unit (FP-TIU) Muncar, Banyuwangi, Indonesia. 54 *C. obscurus* individuals were obtained using random sampling survey method. Here, we found that the number of *C. obscurus* landed in 2018 was higher compared to 2014 and 2017. The shark length ranged from 172 to 394 cm. Percentages of male and female adults of *C. obscurus* were 22.22 and 46.30%, respectively. Whilst in the juveniles were 20.37% males and 11.11% females. The maturity rate based on clasper length, male landed sharks was 82.61% classified within full calcification and 17.39% non-full calcification level. The sex ratio of *C. obscurus* sharks that are landed was 1:1.34 (M: F).

Keywords: *Carcharhinus obscurus*, Carcharhinidae, maturity, sex ratio, Muncar

Muncar Balıkçı Limanı, Banyuwangi, Endonezya'daki Gölge Köpek Balığının *Carcharhinus obscurus*'un (Lesueur, 1818) Biyolojik Özellikleri ve Balıkçılık Açısından Değerlendirilmesi

Özet

Gölge köpekbalığı *Carcharhinus obscurus*'un (Lesueur, 1818) yüksek yakalama yoğunluğu veya aşırı avlanması, sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir. *C. obscurus*'un balıkçılık ve biyolojik yönlerinin bilinmesi, köpek balığı balıkçılığı yönetiminin düzenlenmesinde temel teşkil etmektedir. Ancak, bu çalışmalar şimdiye kadar Endonezya'da hiç rapor edilmemiştir. Bu çalışmanın amacı, *C. obscurus*'un avlanma sayısını ve biyolojik yönlerini belirlemektir. Bu çalışma Ocak-Mart 2018 tarihleri arasında Endonezya, Banyuwangi, Muncar'da Balıkçılık Limanı Teknik Uygulama Birimi (FP-TIU) gerçekleştirilmiştir. Rastgele örnekleme yöntemi kullanılarak toplam 54 *C. obscurus* bireyi elde edilmiştir. 2018 yılında *C. obscurus* sayısının 2014 ve 2017 yıllarına göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Yakalanan köpekbalıklarının boyu 172 ile 394 cm arasında değişmektedir. *C. obscurus*'un erkek ve dişi erişkinlerinin yüzdeleri sırasıyla %22,22 ve %46,30 olarak belirlenmiştir. Gençlerde ise %20,37 erkek ve %11,11 dişi idi. Klape uzunluğuna göre olgunluk oranı, karaya çıkan erkek köpekbalıkları %82,61 tam kalsifikasyon ve %17,39 tam olmayan kalsifikasyon düzeyinde sınıflandırılmıştır. Karaya çıkan *C. obscurus* köpekbalıklarının cinsiyet oranı 1:1.34 (E:D) olarak belirlenmiştir.

Keywords: *Carcharhinus obscurus*, Carcharhinidae, olgunluk, cinsiyet oranı, Muncar

INTRODUCTION

Carcharhinus obscurus (Lesueur, 1818) is widely distributed in the world, has a wide range with a certain migration pattern (Musick et al., 2009) ranging from nearshore to a depth of 500 m (Carpenter and Niem, 1998; White et al., 2006; Rigby et al., 2019) but not evenly distributed throughout warm tropical and subtropical waters (White et al., 2006). Distribution in Indonesia, *C. obscurus* is spread

from southeastern Sumatra to Sulawesi and Papua (Froese and Pauly, 2017). The morphology character of *C. obscurus* has a body length of up to 600 cm (White et al., 2006) and the maturity level of the gonads at the age of 17-23 years (Last and Steven, 1994).

The high demand for sharks in national and international markets results in an increase its catching activity which leads to overfishing and will threat the existence of shark populations as well as disturb the trophic level of the marine ecosystem. Overfishing of sharks from southern Java (Indian Ocean) has increased over the past 5 years (Prihatiningsih et al., 2018). Due to the long-life cycle and low fecundity (Compagno, 1984; Last and Steven, 1994; Camhi et al., 1998), sharks and other chondrichthyans are vulnerable to overfishing (Galucci et al., 2006).

Nearly 26 species of shark species representing the families from the Squalidae, Rhynchididae, Carcharhinidae, Lamnidae, Alopiidae, and Sphyrnidae, families have large size and high market value (Fahmi and Dharmadi, 2013). Sharks from the Carcharhinidae family are the most traded in Indonesia. There are 27 species of shark from family Carcharhinidae which have an important economic value in Indonesia (White et al., 2006), and *Carcharhinus obscurus* is one of them. Local people have been catching sharks from generation to generation (Simeon et al., 2016) and selling at fishing ports. *C. obscurus* has been landed in several fishing ports in Indonesia, from Fishery Port Technical Implementation Unit (FP-TIU) Muncar (Harlyan et al., 2016) to West Nusa Tenggara (Nurcahyoet al., 2016; Sentosa et al., 2016; Dewi et al., 2018; Yulianto et al., 2018) and Central Sulawesi (Zamrudet al., 2016). The FP-TIU Muncar is one of the sales and landing shark centers in Indonesia.

Due to its population declines (Rigby et al., 2019), *C. obscurus* is categorized as an endangered species, but not included in the CITES list related to trade management. The lack of information on the biological aspects of *C. obscurus* is the reason why Indonesia does not have regulations to protect dusk whaler sharks. Rigby et al. (2019) suggested that to support the creation of shark and ray management policies and sustainable fisheries, sufficient information is needed covering biological, management, social, and economic aspects. Furthermore, the aims of the study to analyze the number of catches, length frequency distribution, clasper length, and sex ratio of *C. obscurus* landed at FP-TIU Muncar, Banyuwangi.

MATERIALS and METHODS

Study site

The Fishery Port Technical Implementation Unit (FP-TIU) Muncar is located in Kedungrejo Village, Muncar District, Banyuwangi Regency, East Java Province (Figure 1). Initially, the FP-TIU Muncar was a Special Work Area for Muncar Fisheries based on the Decree of the Head of the East Java Regional Fisheries Service Number 15 of 1984. Later, the name is changed to FP-TIU Muncar based on the East Java Governor Regulation No. 31 of 2014. The management of fish landing and marketing of FP-TIU Muncar is assisted by four fish auction places (FAP) including Port, Kalimoro, Sampangan, and the new Port of FAP.

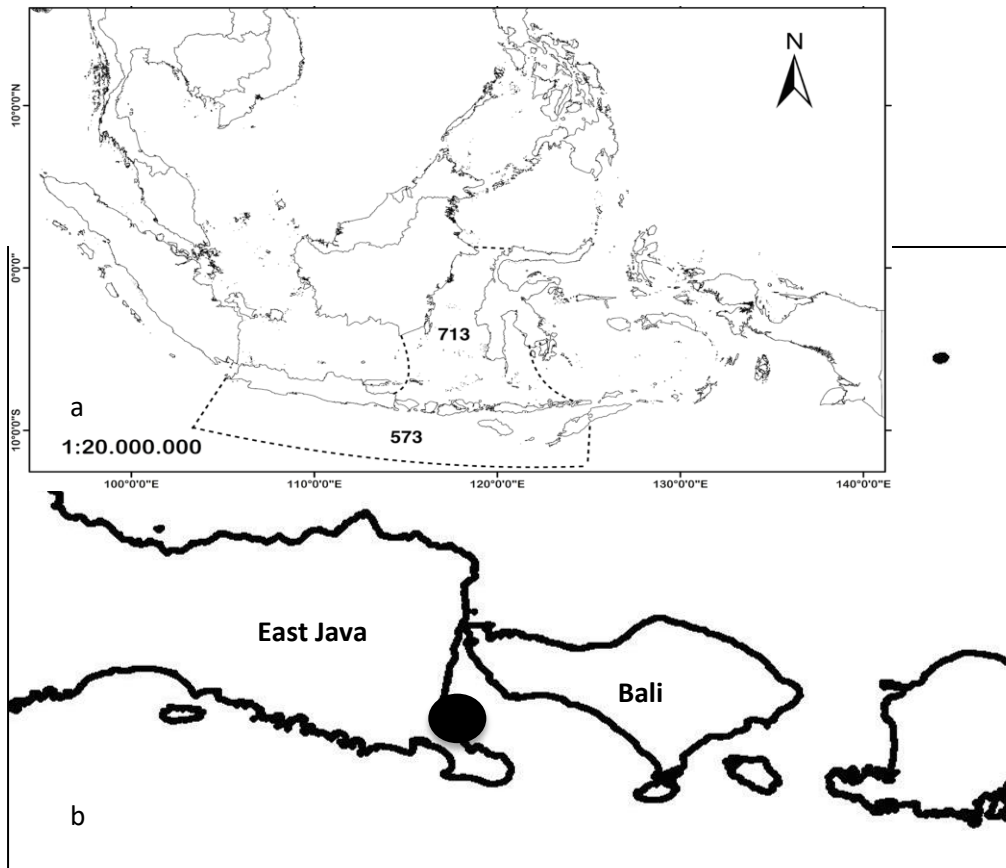


Figure 1. a) Map of Prohibition of Fishing in Fisheries Management Area of Republic of Indonesia (FMA-RI) with dash line. b) Map of FP-TIU Muncar, Banyuwangi (black circle).

Fishery production at FP-TIU comes from various fisheries commodities including sharks, which are landed at FP-TIU Muncar mostly originating from fishing sites along with the Bali to Makassar Strait. Most of the sharks landed (78%) are the main catches of Muncar fishermen. 12 species of 4 shark families were landed at FP-TIU Muncar from 2014 to 2015 i.e the family of Alopiidae (*Alopias pelagicus*), Lamnidae (*Isurus paucus* and *I. oxyrinchus*) and Sphyrnidae (*Sphyrna lewini*, *S. zygaena* and *S. mokarran*). Commonly landed carcharhinid sharks were *Carcharhinus limbatus*, *C. leucas*, *C. obscurus*, *C. falciformis*, *C. longimanus*, *Galeocerdo cuvier*, and *Prionace glauca* (Harlyan et al., 2016).

Data sampling

The study was conducted in January to March 2018. The research location was at the Fishery Port Technical Implementation Unit (FP-TIU) Muncar, Banyuwangi, East Java, Indonesia. Experimental data were collected from fish landing by fisheries man, using a survey method with random sampling techniques. Data on biological aspects including, total length, clasper length, level of maturity of the classification, and sex ratio were recorded. The maturity level of male sharks is categorized based on clasper condition and of the female is based on the presence of embryos (White et al., 2006). Observation of the clasper condition is divided into non-calcification, non-full calcification, and full calcification (Dharmadi et al., 2012). The amount of shark catch was adopted from Harlyan et al. (2016) and Caesar et al. (2019). Supporting information of fisheries including the number of fish catch, fishing locations, and fishing gear were collected by interviews with fishermen.

Data analysis

The total length was tabulated in a long frequency at 32 cm intervals and the comparison between male and female sharks was analyzed descriptively. The correlation between clasper length and total length is used linear regression analysis and the sex ratio was tested using Chi-Square. Furthermore, comparison of sex ratio using the following formula (Effendie, 2002):

$$Sex\ ratio = \frac{N_{bi}}{N_{ji}} \dots \dots \dots (1)$$

Where:

N_{bi} = Female fish number of the size group of i

N_{ji} = Male fish number of the size group of i

RESULTS

Fisheries and sex ratio

From the research was conducted at FP-TIU Muncar from January to March 2018, we found that the amount of *C. obscurus* landed with 54 individuals (Figure 2). The catches of *C. obscurus* males landed were 23 individuals with a percentage of 43% and female were 31 individuals with a percentage of 57%. The result of sex ratio analysis shows that the ratio of male and female sharks is 1:1.34. Chi-square analysis showed the results of $X^2 = 1.185$: X^2 table (0.05) = 3.841. Besides, the number of *C. obscurus* landed in 2018 was higher compared to 2014 and 2017 (Figure 2).

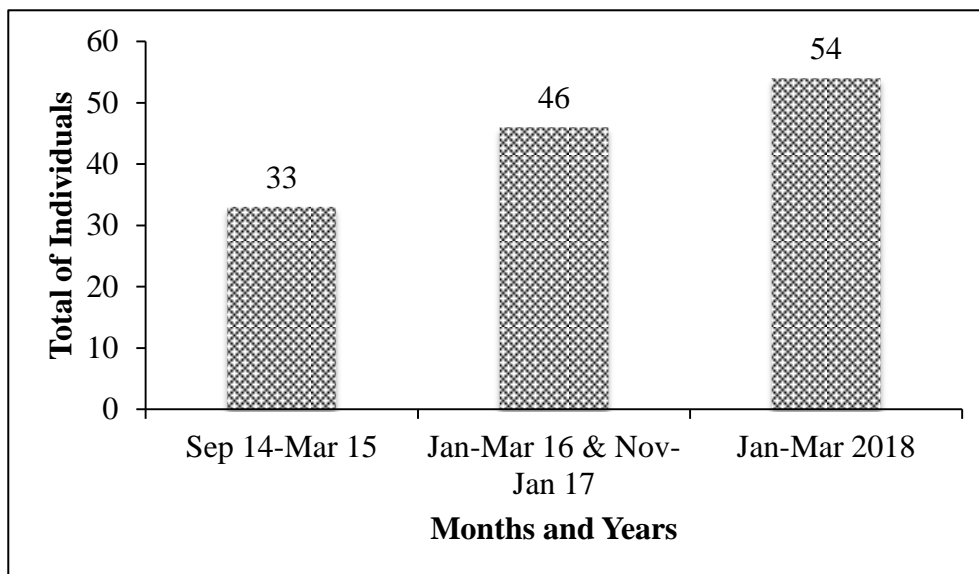


Figure 2. The total catch of *C. obscurus* in 2015 (Harlyan et al., 2016), 2016 (Caesar et al., 2019; Zulfiaty et al., 2019) and 2018 (this study) at FP-TIU Muncar.

Frequency of Total Length, Weight, and Maturity

The measurements on 54 individuals showed the *C. obscurus* are spread in a total length interval of 32 cm divided into seven classes where male and female sharks occur at size ranges of 268-299 cm. Male sharks have a smaller total length than females the size ranges from 172-331cm and 172-394 cm, respectively (Figure 3). Apart from the total length, the size of the shark landed is also seen through the weight of the shark. Figure 4 shows the shark's body weight for 3 months. The results obtained from weighing the shark body weight showed that the *C. obscurus* shark landed weighed 68-193 Kg with a total weight of 8.604,43 Kg. *C. obscurus* landed at FP-TIU Muncar based on total length spread at juvenile and adult. Adult sharks were 12 individuals (22.22%) and juveniles were 11 individuals (20.37%), while adult females were 25 individuals (46.30%) and juveniles were 6 individuals 11.11% (Figure 5).

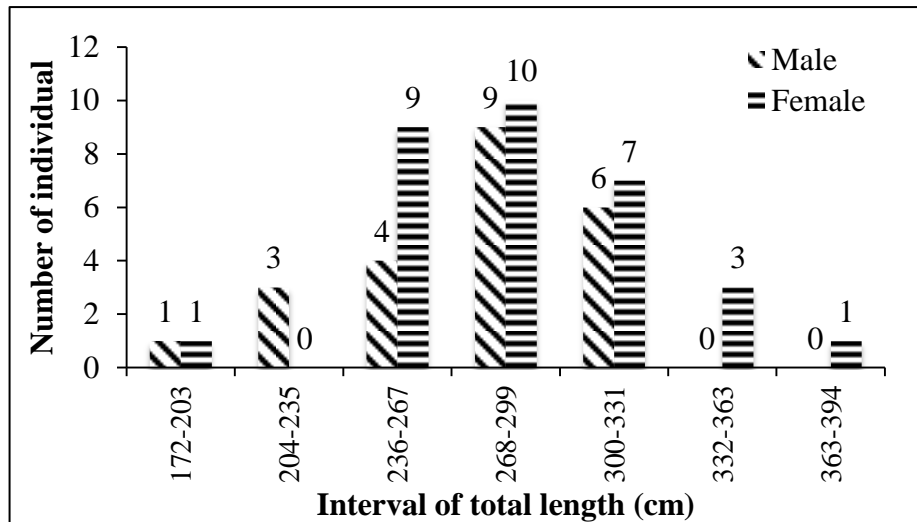


Figure 3. The frequency of total length

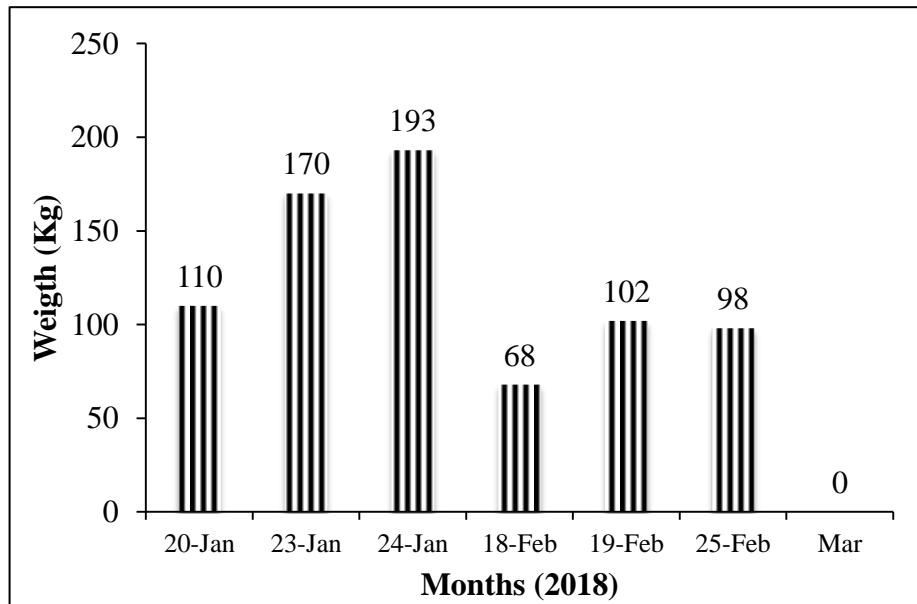


Figure 4. Bodyweight of *C. obscurus* per individual

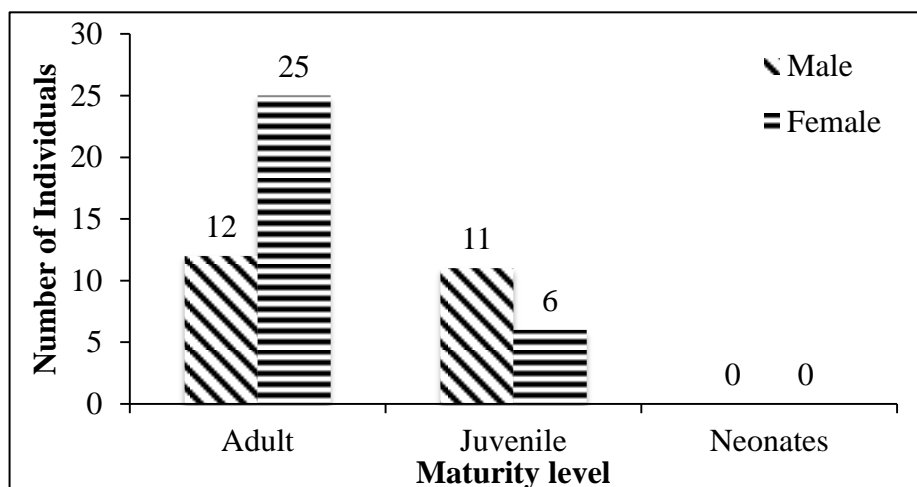


Figure 5. Maturity level is based on total length

Correlation of clasper with a total length

The length of the clasper at the level of full calcification (FC) is 17-46 cm, at the level of non-full calcification (NFC) has a class length of 19-23 cm and non-calcification (NC) has a length of 0 cm. Based on the measured class length, 19 male individuals were included in the FC category (82.61%), 4 NFC individuals (17.39%) and there were no individuals in the NC category (Figure 6).

The results of the analysis of the total length relationship with the length of clasper in this study have the equation $y = 0.2047x - 25.87$ which means that with each 1% increase in the total length, the length of the class will increase by 0.2047. The regression analysis has a correlation value $R^2 = 0.5959$ (Figure 7). The longest class size is 46 cm from 310 cm and 324 cm individuals, while the shortest class length is 17 cm from 197 cm individuals.

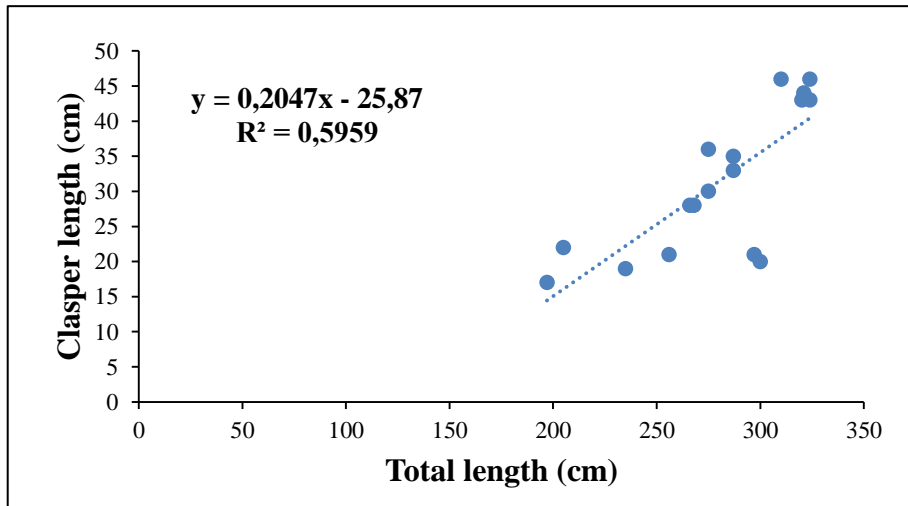


Figure 6. Maturity level based on clasper

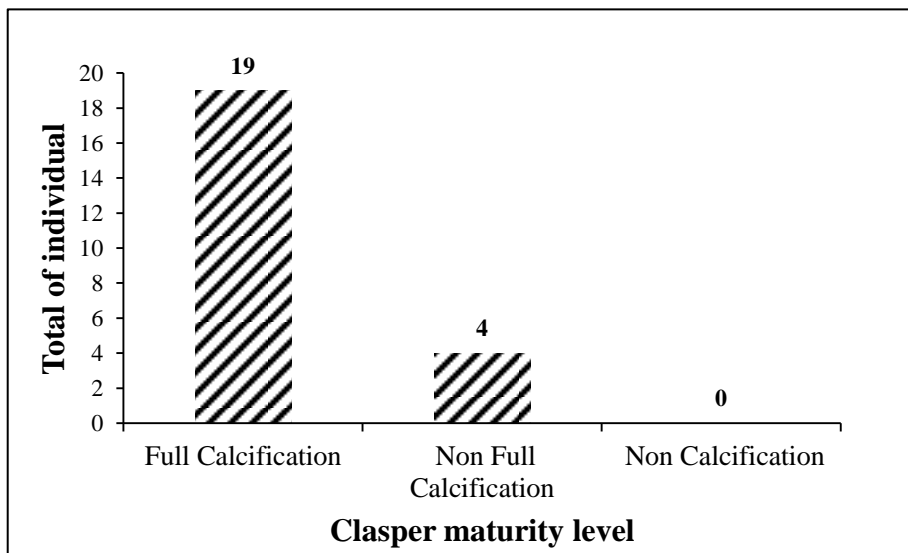


Figure 7. Correlation of clasper with a total length

DISCUSSION

Indonesia is a country in the Asia region where global production is caught by sharks, rays, and chimaeras (FAO, 2020) and number 4 in the world which exports fins (Nicholas et al., 2017). This is demonstrated by the number of shark captures that have been increasing from 2015 (Harlyan et al., 2016) to 2018 with an increase by 21 individuals in Muncar (Figure 2). The increase in fishing is due to the use of fishing gear, season, and amount of demand. Sharks were caught by Muncar fishermen using bottom and surface longlines fishing gear. Season, fishing gear, month, fishing ground, engine

power, and hook number affect the number of shark captures (Smale, 1991; Fahmi and Sumadhiharga, 2007; Manojkumar et al., 2012; Taylor and Bennett, 2013; Sentosa et al., 2016; Pratiwi et al., 2018; Yulianto et al., 2018; Priyanti et al., 2019). Longline gears used by Muncar fishermen consist of main ropes, branch ropes, buoys, and hooks. The number of hooks baited mostly with tuna and other bony fishes is 500 pieces per unit of long lines.

Captured sharks are mostly processed for food products, where fin, meat, liver, skin, and bone organs are used for consumption. The productivity of shark captures is predicted to increase per the demand for shark fins or other organs. High demand for shark fin in the market from China has led to increased shark fishing (Dent and Clarke, 2015), increase hunting, and threatens the preservation of its stock in the wild (Daley et al., 2002). Therefore, the certification approach and business compliance analysis are a part of the solution to control the sustainable management of shark fisheries resources (Zamrud et al., 2019).

Longline fishing gear is used in several regions in Indonesia (Sentosa et al., 2016; Pratiwi et al., 2018; Yulianto et al., 2018) where that target sharks as the main catch (Sentosa et al., 2016). Fishermen from the TanjungLuar Fishing Port, East Lombok, West Nusa Tenggara are a group of fishermen who use longlines to catch sharks (Fahmi and Sumadhiharga, 2007; Sentosa et al., 2016). The fishermen's catches have similarities with those obtained by Muncar fishermen because the fishing gear and the location of the same fishing operations are around the waters of Bali and Lombok (Nurcahyo et al., 2016; Sentosa et al., 2016).

The location of the fishermen's catch is in the area of the Prohibition of Fishing in Fisheries Management Area of Republic of Indonesia (FMA-RI) 573 and 713 (Sentosa, 2016; Figure 1a). Area 713 is an area from the Makassar to Bali Strait. Both straits are influenced by oceanographic conditions from the Indonesian Through Flow (ITF) and have high potential fishery resources (Suniada and Susilo, 2017; Efendi et al., 2019; Puspasari et al., 2019; Syah et al., 2019). Furthermore, sea surface temperature and chlorophyll-a in the Bali Strait affect the production of sardine fish (Puspasari et al., 2019), where the fish (Osteichthyes and Chondrichthyes), Mollusca, crustaceans, and algae are a food source of the shark genera *Carcharhinus* (Smale, 1991; Saïdi et al., 2007).

As it is seen in the total captures of sharks, the percentage of females is higher than males. This indicates that more female sharks are found due to influences by environmental conditions, body size, behavior, foraging, and spawning. Hoffmayer et al. (2014) suggested that temperature, depth, maturity, and cruising influence the presence of female sharks. Furthermore, more female sharks are caught due to the process of foraging to support the maturity of the gonads. More female sharks is believed to have a better implication to the preservation of the specific resources and producing offspring (Bhagawati et al., 2017).

The sex ratio of *C. obscurus* landed at FP-TIU Muncar is similar to the previous study (Harlyan et al., 2016). The condition shows that the continuity of reproduction in nature can still occur where fishing activities are balanced category. A balanced sex ratio is assumed in a state in nature that can still do reproduction and allow fertilization of the egg by spermatozoa (Effendie, 2002). Furthermore, a balanced sex ratio indicates the absence of intraspecific competition and stable shark migration. Taylor and Bennett (2013) suggested that intraspecific competition and individual migration are thought to affect sex ratio. The sex ratio has similarities where females are compared to males (Harlyan et al., 2016). Different results were shown from previous studies of *C. obscurus* where the sex ratio of females was higher than male (Caesar et al., 2019; Zulfiaty et al., 2019) and an inverse male was higher than female (Taylor and Bennett, 2013; Nurcahyo et al., 2016). An unbalanced sex ratio indicates that the survival of *C. obscurus* reproduction in nature is disturbed where reproduction is low if the male population is more than females (Candramila and Januardi, 2007).

The results of measurements on 54 individuals showed *C. obscurus* landed where male sharks have a smaller total length than females. Our study found the maximum total length that was caught reached 394 cm. The largest catches of *C. obscurus* compared to FP-TIU Muncar were 420 cm (Compagno et al., 1989) and 210 tons at Nanfanao Fish Market in Northeast Taiwan (Joung et al., 2015). The weight of sharks in Muncar is heavier than in previous studies where it weighed 180 kg (Castro, 1983) and lighter than in KwaZulu-Natal weighing 450 kg (Dudley et al., 2005). The size of *C. obscurus* sharks that were caught the most in this study is large than previous studies at Muncar with a size range of 160 to 385 cm (Harlyan et al., 2016), 383 cm at KwaZulu-Natal (Dudley et al., 2005), and 224 cm at South Africa (Smale, 1991). Castro (1993) suggested in North American waters, concluded that *C.*

obscurus sharks can reach a maximum size of up to 360 cm. Furthermore, the fishing gear and the location of the caught are thought to affect the size of the *C. obscurus*. The fishing gear used is longline sharks where commonly used to caught large sharks were families of Carcharhinidae, Lamnidae, Alopiidae, and Sphyrnidae (MFM, 2015) with sizes of 3-4 meters (White et al., 2006). The longline shark fishing gear is perfect for obtaining *C. obscurus*, due to their characteristic that is included in semi-pelagic and large sharks.

Total frequency length data can be used to categorize shark maturity, where most of those caught are in the adult category. The adult male category of *C. obscurus* was size range of 257-300 cm with age 23 yr and newborn sized range of 69-100 cm (Natanson et al., 1995; White et al., 2006). Joung et al. (2015) suggested the age at maturity level for females 16.6 yr and 15.5 yr for males. Furthermore, *C. obscurus* can reach 37 yr of age based on age analysis of the spine and up to be 40 or 50 yr old (Natanson et al., 1995). Juvenile and adult categories of sharks caught are influenced by seasons, location, and fishing gear (Fahmi and Sumadhiharga, 2007; Taylor and Bennett, 2013; Hoffmayer et al., 2014).

Clasper can be used to determine the level of sexual maturity in male sharks. The maturity level based on the condition is divided into full conditions containing calcium substances and ready to fertilize an egg or Full Calcification (FC), some contain calcium, but are not ready to fertilize an egg or Non Full Calcification (NFC) and does not contain calcium, it is not ready to fertilize an egg or Non-Calcification (NC) (Dharmadi et al., 2012). Calcium is a substance that influences the hardening of the classification and is needed in the development of sexual maturity (Chodrijah and Faizah, 2016a). Mature male sharks are caught more than immature sharks based on clasper length in FP-TIU Muncar. Different results from previous studies in Muncar where immature category sharks were caught (Harlyan et al., 2016).

Adult or mature sexually (FC) caught is assumed to have experienced a reproductive cycle. The young individuals (NFC) caught will cause growth overfishing, i.e. the number of young fish caught in a catch rate that has not reached the optimum growth rate and allows the reduction of adult fish populations (Efendi et al., 2019). Landed male individuals who are still in the NFC category are assumed not to have the opportunity to reproduce and become a threat to sharks which are the top predators to maintain their population. Maintaining a balance in the ecosystem is very important because all the organisms live in symbiosis (Ferretti et al., 2010).

The correlation of total length with clasper length is generally used to determine the size of the Elasmobranchii subclasses when reaching maturity (Carrier et al., 2004). The analysis shows that the correlation between the two parameters (x: total length, y: class length) is less than 1, but has a positive correlation. It is mean that the growth of clasper length will follow the body length. Chodrijah and Fauziah (2016ab) suggested that the total length with clasper length are positively correlated. The clasper is increasingly filled with calcium, the correlation between the length of the class and the total length of body is getting smaller (Dharmadi et al., 2007). Therefore, the condition of class that is filled with calcium has a length that is not closely related to the total body length.

CONCLUSION

The number of *C. obscurus* in FP-TIU Muncar has increased in recent years with the adult and juvenile categories being the target of catch. Our results indicate that there has been overfishing by Muncar fishermen. Management activities of fisheries in FP-TIU Muncar need to be carried out considering the conservation status of sharks of *C. obscurus* categorized as endangered species. Biological research data of *C. obscurus* in waters throughout Indonesia is needed, it can be proposed to become regulation from the government to the community. Furthermore, government regulations on conservation status and socialization of regulations to the community are solutions to protect *C. obscurus* from endangered.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to acknowledge local people and fishermen of Muncar to help data collected and WWF Indonesia (Marine Program) for research funding.

REFERENCES

Bhagawati, D., Nurani, T., & Abulias, M.N. (2017). Species, performance and sex ratio of shark landed in

- Pelabuhan Perikanan Samudra Cilacap. *Jurnal Iktiologi Indonesia*, 17, 185-200.
- Caesar, H., Ulfah, M., Miswar, E., Yuneni, R.R. (2019). Biological aspects and the status of shark conservation at the Muncar fishing port, Banyuwangi Regency. 2nd Proceedings Symposium of Sharks and Indonesian Rays 2018, Fisheries Research Center, Maritime and Fisheries Human Resources and Research Agency, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta, 307-313 p. [Indonesian]
- Camhi, M., Fowler, S.L., Musick, J.A., Bräutigam, A., Fordham, S.V. (1998). *Sharks and Their Relatives – Ecology and Conservation*. IUCN/SSC Shark Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. iv + 39 pp.
- Candramila, Junardi. (2007). Composition, diversity and sex ratio of Elasmobranchii fish from the Kakap River in West Kalimantan. *Jurnal Biospecies*, 1, 41-46. [Indonesian]
- Carrier, J.C., Musick, J.A., Herthaus, M.R. (2004). *Biology of sharks and their relatives*. CRC Press, Washington D. C.
- Carpenter, K.E. & Niem, V.H. (1998). *FAO Species identification guide for fishery purposes the living marine resources of the Western Central Pacific volume 2. Cephalopods, Crustaceans, Holothurians and Sharks*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Castro, J.I. (1983). *The sharks of North American Waters*. Texas A & M University Press, USA.
- Chodrijah, U., & Faizah, R. (2016a). Size structure and sex ratio of Kejen shark (*Carcharhinus falciformis*) in the South Waters of West Nusa Tenggara. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 43-49 p. [Indonesian]
- Chodrijah, U., & Faizah, R. (2016b). Size distribution and sex ratio of tiger sharks (*Galeocerdo cuvier*) in the Indian Ocean waters of the Southern part of West Nusa Tenggara. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 121-126 p. [Indonesian]
- Compagno, L.J.V. (1984). *FAO species catalogue. Vol.4. Sharks of the world: an annotated and illustrated catalogue of shark species known to date Part 2 Carcharhiniformes*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- Compagno, L.J.V., Ebert, D.A., & Smale, M.J. (1989) *Guide to the sharks and rays of southern Africa*. New Holland (Publ.) Ltd., London. 158 p.
- Daley, R.K., Stevens, J.D., Last, P.R., & Yearsley, G.K. (2002). *Field Guide to Australian Sharks and Rays*. CSIRO Marine Research and Development Corporation, Australia.
- Dewi, S.P.S., Lasniroha, R., Pumpun, Y.K., Abidin, Z., & Wardono, S. (2018). Catch composition and fishing ground of shark Appendix II cites landed in Namosain, East Nusa Tenggara. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 24, 149-156. [Indonesian]
- Dent, F., & Clarke, S. (2015). *State of the global market for shark products*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 590. Rome.
- Dharmadi, Fahmi, & Wiadnyana, N.N. (2012). Identification of vulnerable species and biological of sharks from the Indian Ocean (SEASTAR 2000). Proceedings of the 7th International Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-logging Science (The 7th SEASTAR2000 workshop), 43-47 p.
- Dharmadi, Fahmi, & Adrim, M. (2007). Long frequency distribution, body length relationship, class length, and genital ratio of shark Lanjaman (*Carcharhinus falciformis*). *Jurnal Litbang Perikanan Indonesia*, 13, 243-254. [Indonesian]
- Dudley, S.J.F., Cliff, G., Zungu, M.P., & Smale, M.J. (2005). Sharks caught in the protective gillnets of KwaZulu-Natal, South Africa. *African Journal of Marine Science*, 27, 07-127.
- Effendie, I.M. (2002). *Fisheries Biology*. Yayasan Pustaka Nusantara, Yogyakarta. [Indonesian]
- Efendi, H.P., Dhewi, R.T., & Ricky. (2019). Diversity of species and length distribution of sharks in the Makassar Strait waters. 2nd Proceedings Symposium of Sharks and Indonesian Rays 2018, Fisheries Research Center, Maritime and Fisheries Human Resources and Research Agency, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta, 33-42. [Indonesian]
- Fahmi, & Dharmadi. (2013). *An overview of the status of shark fisheries and their conservation efforts in Indonesia*. Directorate of Conservation of Areas and Fish Species, Directorate General of Marine, Coastal and Small Islands, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta.
- Fahmi, & Sumadhiharga, K. (2007). Size, sex and length at maturity of four common sharks caught from Western Indonesia. *Marine Research Indonesia*, 32, 7-19.
- Ferretti, F., Worm, B., Britten, G.L., Heithaus, M.R., & Lotze, H.K. (2010). Patterns and ecosystem consequences of shark declines in the ocean. *Ecology Letters*, 13, 1055-1071.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Global capture production - <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-capture-production/en>. [Accessed February 1th 2020].
- Froese, R., & Pauly, D. (2017). *Carcharhinus obscurus*. www.fishbase.org. [Accessed October 10th 2017].
- Harlyan, L.I., Kusumasari, A., Anugrah, M., & Yunaeni, R.R. (2016). Data collection of sharks landed at Muncar Beach Fishing Port, Banyuwangi. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 23-32 p. [Indonesian]

- Hoffmayer, E.R., Franks, J.S., Driggers, W.B., McKinney, J.A., Hendon, J.M., & Quattro, J.M. (2014). Habitat, movements and environmental preferences of dusky sharks, *Carcharhinus obscurus*, in the northern Gulf of Mexico. *Marine Biology*, 161, 911-924.
- Joung, S.J., Chen, J.H., Chin, C.P., & Liu, K.M. (2015). Age and growth of the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the Western North Pacific Ocean. *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences*, 26, 153-160.
- Last, P.R., & Stevens, J.D. (1994). *Sharks and rays of Australia*. Marine Biological Association of the United Kingdom. Melbourne, Australia.
- Manojkumar, P.P., Zacharia, P.U., & Pavithran, P.P. (2012). Fishery of elasmobranchs with some observations on the biology and stock assessment of *Carcharhinus limbatus* (P. Muller & Henle, 1839) exploited along Malabar coast. *Indian Journal of Fisheries*, 59, 35-41.
- Marine and Fisheries Ministry (MFM). (2015). *National action plan for shark and ray conservation and management 2016-2020*. Directorate of Marine Biodiversity Conservation and Management, Directorate General of Marine Zone Management, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta. [Indonesian]
- Natanson, L.J., Casey, J.G., & Kohler, N.E. (1995). Age and growth estimates of the dusky shark, *Carcharhinus obscurus*, in the western North Atlantic Ocean. *Fish Bulletin*, 93, 116-126.
- Nurchahyo, H., Sangadji, I.M., & Yudianto, P. (2016). Species composition, length distribution and shark sexlanded in East Java, Bali, NTB and NTT. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 33-41 p. [Indonesian]
- Prihatiningsih, Nurdin, E., & Chodrijah, U. (2018). Species composition, catch per unit of effort, season and fishing ground of shark in the Indian Ocean Southern Java waters. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 24, 283-296. [Indonesian]
- Puspasari, R., Rachmawati, P.F., & Muawanah, U. (2019). Climate variability impact on Bali sardine fishery: Ecology and fisheries perspective. *Fisheries Management and Ecology*, 26, 540-547.
- Rigby, C.L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R.B., & Winker, H. (2019). *Carcharhinus obscurus*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2019*: e.T3852A2872747. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T3852A2872747.en>. Downloaded on 23 February 2020.
- Saïdi, B., Bradaï, M.N., Bouaïn, A., & Capapé, C. (2007). Feeding habits of the sandbar shark *Carcharhinus plumbeus* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) from the Gulf of Gabès, Tunisia. *Cahiers de Biologie Marine*, 48, 139-144.
- Sentosa, A.A., Widarmanto, N., Wiadnyana, N.N., & Satria, F. (2016). The shark catch composition differences of drift and bottom longline based in Tanjung Luar, Lombok. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 22, 105-114. [Indonesian]
- Simeon, B.M., Apriliani, I.M., & Gautama, D.A. (2016). Strategy to shift shark fishing operations in Muncar Beach Fishery Port, Banyuwangi Regency, East Java. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 233-240 p. [Indonesian]
- Smale, M.J. (1991). Occurrence and feeding of three shark species, *Carcharhinus brachyurus*, *C. obscurus* and *Sphyrna zygaena*, on the Eastern Cape coast of South Africa. *South African Journal of Marine Science*, 11, 31-42.
- Suniada, K.I., & Susilo, E. (2017). Relationship of oceanography conditions and pelagic fisheries in Bali strait waters. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 23, 275-286. [Indonesian]
- Syah, A.F., Setyowati, N., & Susilo, E. (2019). Preliminary findings on distribution of Bali Sardinella (*Sardinella lemuru*) in relation to oceanographic conditions during southeast monsoon in Bali Strait using remotely sensed data. *Journal of Marine Science*, 01, 25-30.
- Taylor, S.M., & Bennett, M.B. (2013). Size, sex and seasonal patterns in the assemblage of Carcharhiniformes in a sub-tropical bay. *Journal of Fish Biology*, 82, 228-41.
- White, W.T., Last, P.R., Stevens, J.D., Yearsley, G.K., Fahmi, & Dharmadi. (2006). *Economically important sharks and rays of Indonesia*. ACIAR. Canberra, Australia.
- Yulianto, I., Booth, H., Ningtias, P., Kartawijaya, T., Santos, J., Sarmintohadi, Kleinertz, S., Campbell, S.J., Palm, H.W., & Hammer, C. (2018). Practical measures for sustainable shark fisheries: Lessons learned from an Indonesian targeted shark fishery. *PLoS ONE*, 13(11), e0206437.
- Zamrud, M., Hesroni, & Musram, S. (2016). Tracking the shark trade in Banggai islands Central Sulawesi. 1st Proceedings of Indonesian Sharks and Rays 2015, Marine and Fisheries Ministry & WWF Indonesia, Bogor, 143-150 p. [Indonesian]
- Zamrud, M., Hidayat, J.A., & Chadidjah, S. (2019). Trade monitoring and compliance of dried shark fin's exporters in south Sulawesi based on certification approach. 2nd Proceedings Symposium of Sharks and Indonesian Rays 2018, Fisheries Research Center, Maritime and Fisheries Human Resources and Research Agency, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta, 179-186 p. [Indonesian]

Zulfiaty, E., Wiadnya, D.G.R., Lelono, T.D., & Yuneni, R.R. (2019). Species composition and biological aspects of tiger shark (*Galeocerdo cuvier*) caught in Bali strait and Makassar strait (WPP 573 and 713). 2nd Proceedings Symposium of Sharks and Indonesian Rays 2018, Fisheries Research Center, Maritime and Fisheries Human Resources and Research Agency, Marine and Fisheries Ministry, Jakarta, 109-118 p. [Indonesian]

Fajların Balık Hastalıklarının Kontrolünde Kullanımı

Süheyla KARATAŞ^{*}, Fatma KARAÇOBAN[†]

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği ve Hastalıkları Bölümü, İstanbul

*Sorumlu Yazar: skaratas@istanbul.edu.tr

Derleme

Geliş 21 Ocak 2021; Kabul 19 Nisan 2021; Basım 01 Aralık 2021.

Alıntılama: Karataş, S. & Karaçoban, F. (2021). Fajların Balık Hastalıklarının Kontrolünde Kullanımı. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 474-488. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.866136>

Özet

Kültür balıkçılığında antibiyotik direncin ortaya çıkması sonucu, daha önce kolaylıkla tedavi edilen hastalıklar ile mücadele gittikçe zorlaşmış hatta imkânsız hale gelmiştir. Acil çevreyle dost alternatif yöntemlerin araştırılması ve geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Olası seçeneklerden biri, sorunlu bakteriyel balık patojenlerini hedef alan suya özgü bakteriyofajların profilaktik veya terapötik kullanımınıdır. Yapılmış olan bu çalışmada su ürünleri yetiştiriciliğinde özellikle ülkemizde görülen bakteriyel hastalık etkenlerine karşı izole edilen bakteriyofajlar ile ilgili bugüne kadar yapılmış araştırmalar derlenmiştir. Sonuç olarak ülkemiz akuakültür sektörü açısından baktığımızda fajlar ile ilgili detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Faj terapisi stratejisinden tam olarak yararlanabilmek için faj adaylarının dikkatle seçilmesi ve izole edilmiş fajların kullanımlarının güvenli olduğundan emin olmak için ayrıntılı bir şekilde karakterize edilmesi gerekmektedir. Bugüne kadar yapılmış faj çalışmalarının çoğu *in vitro* koşullarda yapılmıştır ve sahada kullanıma geçmeden önce daha detaylı *in vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: bakteriyofaj terapi, balık sağlığı, bakteriyel balık hastalıkları, akuakültür, çevreyle dost

The use of phages for fish disease control

Abstract

It has become increasingly difficult or sometimes impossible to combat bacterial diseases that were previously easily treated due to the emergence of antibiotic resistance in bacterial fish pathogens. There is therefore an urgent need for more research and the development of eco-friendlier alternatives to antibiotics. One very promising option is the preventive or therapeutic use of strain-specific bacteriophages that target problematic bacterial fish pathogens. In this article, the studies on bacteriophages isolated against bacterial disease agents in aquaculture, especially in our country, have been reviewed. As a result, when we look at the aquaculture sector in our country, detailed studies on phages are needed. To take full advantage of the phage strategy, phage therapy candidates must be carefully selected and characterized in detail to ensure that they are safe to use. One main conclusion is that there is a need for more basic research related to the use of phages in the aquaculture sector of our country. So far, most of the phage studies have been carried out *in vitro*, and more detailed *in vivo* studies are needed before the phages can be used in the field.

Keywords: bacteriophage therapy, fish health, bacterial fish diseases, aquaculture, eco-friendly

GİRİŞ

Dünya genelinde nüfusun ve beslenme sorunlarının arttığı günümüzde sağlıklı bir protein kaynağı haline gelen su ürünlerinin önemi giderek artmıştır ve artan bu üretimle birlikte bu kaynakları korumak, sürekliliğini sağlamak gerekmiştir. Bunun sonucunda su ürünleri, yetiştiricilik yoluyla gelişmiş ve en hızlı büyüyen sektörler arasında yer almıştır. Su ürünlerinin yıllara göre gelişimi ve değişimi incelendiği zaman üretim miktarında artış gözlenmiştir ve artan bu üretim beraberinde hastalık, yem, çevre, pazar, teknoloji, iş gücü ve mevzuat gibi çeşitli sorunları da getirmiştir (Subasinghe vd., 2009; Candan ve Karataş 2010; Cabello, 2006).

Balıklar diğer canlılara oranla çevre koşullarına daha fazla duyarlıdır ve yaşadıkları ortamdaki suyun fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerin bozulmasından çok fazla etkilenirler. Ayrıca suların ısınması, kirlenmesi ve oksijen seviyesinin düşmesi yanı sıra yetiştiriciliğin yapıldığı yerlerde stok yoğunluğunun artmasına bağlı olarak stres oluşmaktadır. Balıkların boylama ve sayılması esnasında elle müdahale edilmesi ya da taşınması gibi nedenler yüzünden ortamda bulunan fırsatçı patojenlerin varlığına bağlı olarak enfeksiyonlar ortaya çıkmaktadır. Kültür balıklarında çevresel faktörlerin

hastalıklar üzerine etkisi, doğada yetişen balıklara oranla daha fazladır (Candan ve Karataş, 2010; Barton ve Iwama, 1991; Middelboe vd., 2008; Dallaire-Dufresne vd., 2014).

Su ürünleri sektörü, bakteriyel ve viral etkenlerin neden olduğu hastalıklar nedeniyle ölüm oranlarında ciddi bir artış ve büyük ekonomik kayıplar yaşamaktadır ve bu kayıpları azaltabilmek için uygun terapötikler kullanılmaktadır (Samanidou ve Evaggelopoulou, 2007; Diana vd., 2013; Wise ve Johnson, 1998). Antibiyotikler, bakteriyel hastalıkları kontrol altına almak için etkili terapötik ajanlar olarak kabul edilmiş, bununla birlikte sık kullanımlarına bağlı olarak antibiyotik direnci oluşmasına ve yaygınlaşmasına neden olmuştur (Candan ve Karataş, 2010). Antibiyotiklerin, direnç geliştirilmesiyle hastalıkların tedavi süreleri uzamakta, maliyet miktarı artmaktadır ve ciddi kayıplar meydana gelmektedir. Bir ilacın gelişimi yavaş bir süreçtir ve son yıllarda az sayıda antibiyotik piyasaya sürülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) gözlem raporunda, yeni bir 'antibiyotik öncesi çağ' ın başlayabileceğini ve bu nedenle yenilikçi, çevreyle dost yöntemlerin araştırılması ve geliştirilmesinin teşvik edilmesi gerektiğini belirtmiştir (WHO, 2014).

Bakteriyel antibiyotik direncine ilişkin farkındalık son yıllarda artmakta ve dünya çapında çeşitli önlemler alınmaktadır. 2003 yılında Avrupa Birliği (AB), hayvanlarda büyüme amaçlı antibiyotik kullanımını yasaklamıştır. Ülkemizde de Sağlık Bakanlığı 2014-2017 yıllarını kapsayan “Akılcı İlaç Kullanımı Ulusal Eylem Planı” başlatmıştır. İlacın üretiminden, atığının imhasına kadar geçen süreci kapsamaktadır ve hasta, doktor, üretici ve personelin eğitilmesi, enfeksiyonların daha erken ve etkili bir şekilde tedavisi için direnç profilleri hakkında daha iyi bir veri toplanması, yeni antibiyotiklerin bulunması, hızlı tanı yöntemlerinin ve diğer alternatif yöntemlerin geliştirilmesi için kaynak sağlanması hedeflenmiştir (Şahin, 2017).

Alternatif anti-enfeksiyon yöntemlerin geliştirilmesi, modern tıbbın ve biyoteknolojinin önceliklerinden biri olmuştur. Antibiyotik direncinin ortaya çıkması sonucu, kültür balıkçılığında daha önce kolaylıkla tedavi edilen hastalıklar ile mücadele gittikçe zorlaşmış hatta imkânsız hale gelmiştir. Bu nedenle antibiyotiklerin etkilerini azaltabilmek için çeşitli çalışmalar başlatılmıştır (Merabishvili vd., 2009; Weber-Dabrowska vd., 2016). Balıklardan hastalık etkeni olarak izole edilmiş bakterilere karşı etkili, çevre dostu ve antibiyotiğe dirençli bakteriyel enfeksiyonları kontrol etmek için bilimsel olarak kanıtlanabilir bir çözüm olan “bakteriyofaj tedavisi” sahip oldukları doğal özellikleri nedeni ile antibiyotiklere alternatif olarak düşünülmüştür.

Yapılmış olan bu çalışmada su ürünleri yetiştiriciliğinde hastalık çıkışlarında görülen yüksek mortalitenin önüne geçebilmek ve antibiyotik kullanımını azaltabilmek için alternatif bir tedavi yöntemi olan bakteriyofajlar ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmalar derlenmiştir.

Tarihçe ve Sınıflandırma

Bakteriyofajlar, bakterilerin zorunlu hücre içi parazitleridir yani bakterileri enfekte eden virüslerdir. 2011 yılında Alexander Sulakvelidze, bakteriyofajları “bu gezegendeki mikrobik dengenin korunmasında önemli bir rol oynayan dünyadaki en yaygın organizmalar” olarak tanımlamıştır. 1896 yılında İngiliz bilim adamı Ernest Hanbury Hankin, *Vibrio cholerae* bakterisinin Ganj Nehri suyunda öldüğünü ve su kaynatıldığında bu özelliğini kaybettiğini ve bu olaya canlı bir varlığın sebep olduğunu fark ettiğinde daha bakteriyofaj tanımı yapılmamıştır. İki yıl sonra, Rus bakteriyolog Gamaleya, *Bacillus subtilis* ile çalışırken benzer bir fenomenin varlığını gözlemlemiştir. Ancak Hankin'in gözleminden yaklaşık 20 yıl sonra İngiliz bilim adamı Frederick Twort tarafından benzer bir fenomen rapor edilinceye kadar hiç kimse bu konu ile daha fazla ilgilenmemiştir. Bu keşiften sonra 1915 yılında Felix d'Herelle bakteriyofajları isimlendirerek kolera, şarbon, difteri gibi hastalıklara neden olan bazı patojen mikroorganizmalara karşı bakteriyofajlar izole etmiştir. Birçok bilim adamı, ilk kez 1896 yılında keşfedilen ancak adı konamayan fenomene “Twort-d'Herelle fenomeni” ve daha sonra da “bakteriyofaj fenomeni” olarak atıfta bulunmuştur (Sulakvelidze vd., 2001; Wittebole vd., 2014).

Fajların bulunmasından yaklaşık 20 yıl sonra ilk antibiyotik, penisilin bulunmuş ve bu nedenle bakteriyofaj çalışmaları yavaşlamıştır. 1928 yılında Alexander Fleming'in penisilini keşfetmesiyle antibiyotik çağı başlamış ve fajlara olan ilgi bir anda önemini yitirmiştir. Bununla birlikte faj terapisi, eski SSCB, Polonya ve daha az ölçüde Hindistan'da devam etmiştir. Ancak son yıllarda birçok patojen organizmada oluşan antimikrobiyal direnç, araştırmacıların bu asırlık yaklaşımı yeniden düşünmelerine ve tedavisi zor olan bakteriyel patojenlere karşı yeni ve potansiyel olarak uygulanabilir bir tedavi seçeneği olarak faj terapisini yeni bir bakış açısı ile ele almalarına neden olmuştur (Wittebole vd., 2014). Bu çalışmaların bir sonucu olarak, faj tedavisi üzerine ilk makale Richard Bruynoghe ve Joseph Maisin tarafından 1921 yılında yayımlanmıştır (Sulakvelidze vd., 2001). Bu

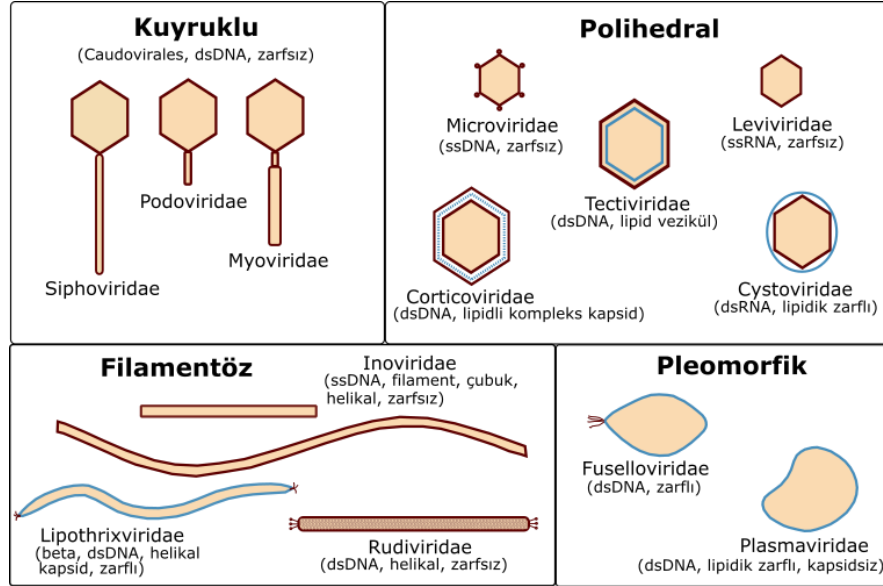
çalışmalardan birkaç yıl sonra, bakteriyofaj çalışmalarını daha ileri boyuta taşımak ve faj tedavisini geliştirmek üzere 1923 yılında Tiflis-Gürcistan'da ilk bakteriyofaj enstitüsü kurulmuştur. Bu enstitü halen faj terapisini araştırmakta ve çeşitli bakteriyel hastalıkların tedavisinde faj tedarik etmektedir (Summers, 2001; Sulakvelidze vd., 2001; Kutter ve Sulakvelidze, 2004). İnsan hekimliğinde bakteriyofajlar ilk kez Hindistan'da kolera hastalığı tedavisi için d'Herelle tarafından 1931 yılında kullanılmıştır, 1940 yılında Helmut Rushka tarafından elektron mikroskopunda incelenmiştir (Ackerman, 2011). 1951 yılında “λ” lambda fajı izolasyonu Esther Lederberg tarafından yapılmış ve bu yıllardan başlamak üzere fajlar moleküler biyolojide rutin bir şekilde kullanılmıştır (Lederberg ve Lederberg, 1953). 1960 yılında immünoloji konusunda Nobel ödülü alan Avustralyalı bilim adamı Frank Macfarlane bakteriyofajların doğası, bakteriyel konağı ile etkileşimleri ve lizojeni ile ilişkili çalışmalar yapmış ve aynı zamanda farklı faj türlerinin olabileceğini göstermiştir (Sankaran, 2010, Wittebole vd., 2014). Schlesinger, fajların nükleoproteinlerden oluşmuş viral partiküller olduğunu doğrulamıştır. Faj genomlarının dizilenmesine ise ilk kez 1970'lerin sonlarına doğru başlanmıştır (Fiers vd., 1976).

Fajların bakteriyel ajanlara karşı etkilerinin gözlenmesinin hemen ardından çeşitli ticari ürünler geliştirilmiştir. Örneğin Eliava Enstitüsü 1920'li yıllarda kurulduktan sonra; *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus* ve birçok enterik patojene karşı, günde tonlarla ifade edilen faj üretimi yapmıştır. 1940'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde “the Eli Lilly Company”, insan kullanımı için staphylococci, streptococci, *Escherichia coli* ve diğer bakteriyel patojenlere karşı kullanılmak üzere yedi farklı faj ürünü üretmiştir. 1930 ve 1940'larda bakteriyofaj ürünleri Fransa, İngiltere, Almanya, İtalya ve ABD'de ticari olarak bulunuyordu (Myelnikov, 2018). 1952 yılında Polonya'da kurulan Hirsfeld Enstitüsü, septisemi, furunkulozis, pulmoner ve üriner kanal enfeksiyonları ve postoperatif ve posttravmatik enfeksiyonların tedavisi veya profilaksisinde kullanılan ürünler geliştirmiştir (Sulakvelidze vd., 2001). Bunların dışında günümüze kadar pek çok faj araştırması hayvanlarda (Smith ve Huggins, 1983; Smith ve Huggins, 1987; Soothill vd., 1988; Bogovazova vd., 1991) ve insanlarda (Slopek vd., 1983; Slopek vd., 1987; Kaczowski vd., 1990; Stroj vd., 1999) yapılmıştır ve gelişen antibiyotik direnci sorunuyla birlikte, fajların insan-hayvan hekimliğinde klinik kullanımının gelecekte çok daha fazla önemli hale geleceği düşünülmektedir (Kingwell, 2015).

Bakteriyofajlar, Eubacteria ve Archaea'ları enfekte ederler bu nedenle prokaryotların virüsleri olarak da tanımlanmaktadır ve toplamda 140'tan fazla bakteri genusunu enfekte ederler. Bakteriyofajlar diğer virüsler gibi nükleik asit ve protein kılıftan ibarettir. Farklı şekilleri olmakla birlikte, çoğunda nükleik asidin konak hücreye transferinde bir kanal ya da köprü vazifesi gören bir kuyruk bulunur. Yüksek sıcaklık, düşük pH gibi zor koşullarda bile hayatta kalabilirler. Fajlar yapısal, fizikokimyasal ve biyolojik özelliklerinde son derece heterojen olduklarından; morfotiplerine, nükleik asit yapılarına, şekillerine, enfekte ettikleri bakterinin türüne göre farklı şekilde sınıflandırılmışlardır (Ackermann, 2001, 2007). Virionlar kuyruklu, polihedral, filamentöz ve pleomorfik yapıdadırlar. Büyük çoğunluğu çift iplikli DNA içerir ancak tek iplikli DNA, tek iplikli RNA veya çift iplikli RNA içeren az sayıda faj grupları da bulunmaktadır ve 1 ordo, 13 familya ve 31 tür olarak sınıflandırılmışlardır. Familyalar, faj nükleik asidin doğası ve genel virion morfolojisine göre tanımlanmıştır. Sınıflandırma için yaklaşık 40 kriter kullanılmasına rağmen, cins ve türler için evrensel bir kriter bulunmamaktadır (Ackermann, 2005).

Kuyruklu fajlar en büyük ve en yaygın bakteriyel virüs grubunu oluşturur; örneğin, bugüne kadar elektron mikroskopunda en az 4950 kuyruklu faj gözlenmiştir (Ackermann, 2001; Schopf, 1992; Ackermann, 1999). Virionlar sadece bir protein kılıftan ve doğrusal çift iplikli DNA'dan oluşur. Zarfları bulunmaz ve kapsitler kübik simetridir, kuyrukları sarmal yapıdadır. Başları ikosahedral yapıda, düzgün ya da yayvan şekildedir. Kuyruklu fajlar Caudovirales ordosu altında sınıflandırılmışlardır. Ayrıca boyutları, yapıları, DNA içeriği ve bileşimi, yapısal proteinlerin doğası, serolojileri, konakçı aralığı ve fizyolojileri farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle kuyruklu fajlar tüm virüslerin en çeşitli, en çok sayıda ve en yaygın olanlarıdır. Kuyruklu fajların yaklaşık %25'ini oluşturan, bir kılıf ve bir merkezi kasılabilen kuyrukları olan Miyoviridae, kuyruklu fajların yaklaşık %61'ini oluşturan uzun, kasılamayan kuyrukları olan Siphoviridae ve kuyruklu fajların yaklaşık %14'ünü oluşturan kısa, kasılamayan kuyrukları olan Podoviridae olmak üzere üç familyası bulunmaktadır (Ackermann, 2005).

Bugüne kadar tanımlanmış virüslerin % 4'ünden daha az bir kısmını kapsayan kuyruksuz fajlar bazen tek bir genus ve tür içeren 10 familya altında sınıflandırılmışlardır. Zarflı ve zarfsız fajlar ise polihedral, filamentöz ve pleomorfik yapıda olmak üzere üç tiptir (Şekil 1) (Ackermann, 2005).



Şekil 1. Temel bakteriyofaj morfortipleri (Ackerman 2005, değiştirilerek çizilmiştir)

Bakteriyofajların Yaşam Döngüsü

Fajlar, diğer tüm virüsler gibi hücre içi parazitlerdir ve bu nedenle çoğalmak için belirli bir konakçıya ihtiyaç duyarlar. Bir konakçı bakteri ile faj teması, konakçı yüzeyinde mevcut olan gerekli reseptörleri (karbonhidrat, protein, lipopolisakarit molekülleri ve flagella) tanıyan kuyrukları ve uçları yoluyla gerçekleşir. Çoğu faj, konak reseptörleri için oldukça spesifik ve biraz farklı yapılara sahip reseptörlerle zayıf veya hiç etkileşimleri yoktur. Bu yüksek özgüllük, bakteriyel türlerin veya alt türlerin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan faj tiplene yöntemlerinin temelini oluşturur (Sillankorva 2008; Sharma vd., 2017). Genetik materyal olarak virüsler gibi DNA ya da RNA içerirler ve konak bakteri yönünden oldukça seçicidirler. Her fajın, içinde çoğalabileceği spesifik bir bakteri konağı bulunur. Virüslerde olduğu gibi adsorpsiyon, penetrasyon, bakteri içinde gelişme dönemi, olgun fajların meydana gelmesi ve fajların serbest kalma safhaları bulunur. Kuyruklu fajlar konak bakteriye kuyruk kısımlarıyla, kuyuksuz fajlar ise kapsitlerinin herhangi bir noktasından tutunurlar. Kasılabilen kuyrukları bulunan bakteriyofajlar bakteri hücrelerine yapışır yapışmaz, kasılma hareketi ile faj DNA'sını bakteri içerisine enjekte ederler. Diğer fajlarda özel bir mekanizma ile faj nükleik asidi hücre içerisine girer. Bakteriyofajlar genellikle lizojenik ve litik olmak üzere 2 tür enfeksiyona neden olurlar. Litik enfeksiyon bakteriyel konakçıya doğrudan zarar veren bir enfeksiyon şeklidir. Bu tür çoğalma sonucunda bakteri hücreleri genellikle parçalanarak erirler, yani lizise uğrayarak ölürler. Konak bakterinin erimesi ve fajların serbest hale geçmesinde faj genomunda kodlanan spesifik litik enzimlerin önemli fonksiyonları vardır. Bu enzim sayesinde fajlar belirli bir sayıya ulaştıktan sonra hücre duvarını eriterek serbest hale gelirler. Konakçı lizisi ile enfekte olmuş her bir bakteriden yüzlerce yeni faj salınır. Üretilen yeni fajların sayısı türlere ve koşullara bağlı olmakla beraber her bir faj, litik döngü başına ortalama 50-200 yeni faj üretebilir (Hayes, 1968; Carlton, 1999, Tan, 2015; Alves, 2015). Lizojenik enfeksiyon, virionun konakçılarda hücre yüzeyi reseptör molekülleri ile etkileşime girmesi ile başlar, faj adsorpsiyonundan sonra hücre duvarı eritilerek nükleik asit hücreye taşınırken kapsit hücrenin dışında kalır. Fajlar bakteri içine girdikten sonra faj DNA'sı bakteri DNA'sı ile bütünleşir. Bu şekilde DNA'sı ile bütünleşmiş faj taşıyan bakteriye lizojen bakteri adı verilir. Bu olaya lizojeni, bağlanan faja da profaj adı verilir ve bu durumda faj çoğalmaz ve bakteriyi eritmez. Lizojenik bakteriyofajlar da diğer bakteriler gibi çoğalırlar ve hayati fonksiyonlarını devam ettirirler. Böylece bir lizojenik bakteriden iki yavru lizojenik bakteri meydana gelir (Letchumanan, 2016; Bilgehan, 2002; Rao ve Lalitha, 2015, Alves, 2015; Sillankorva, 2008).

Fajlar doğada en çok bulunan organizmalardır (10^{30} - 10^{31} arasında). Konak bakterileri nerede yaşıyorsa o bölgede çok sayıda bulunurlar. Yaklaşık olarak saniyede 10^{23} faj enfeksiyonu gerçekleştiği ve dünyadaki bakterilerin yarısının 48 saatte fajlar tarafından yok edildiği rapor edilmiştir (Sulakvelidze vd., 2001). Doğada çok fazla sayıda faj olmasına rağmen spesifik bir bakteriyeye karşı

izolasyonları zordur. Bu nedenle faj konusunda çalışan bilim adamları faj izolasyon işlemine “faj avı” (phage hunting) kendilerine de “faj avcısı” (phage hunter) ismini vermişlerdir.

Lizojenik fajlar, faj terapisi için iyi adaylar değildir. Lizojenik yaşam döngüsünde fajlar, kendilerini enfekte olmuş bakterilerin genomuna kopyalarlar ve orada bir “profaj” olarak bulunurlar. Bu fajların bakteri genomlarının evrimi için önemli olduğu ve “transdüksiyon” olarak bilinen işlemde, bakteriler arasında yatay gen transferine aktif olarak katkıda buldukları bilinmektedir. Bu mekanizma, zararsız bir bakteriyi problemlili bir patojen haline getirebilecek antibiyotik direnç genlerini ve virülans genlerini yaymaktadır. Bunun aksine; litik fajların yaşam döngüleri, enfekte olmuş hücrenin lizisine yol açtığı için bu tipteki fajlar faj tedavisi için genellikle idealdir. Bununla birlikte, bazı lizojenik fajlar da bakteriler arasında gen transferini kolaylaştırabilmektedir. Genomlarında endonükleazlar olmayan ve “süper yayıcı” olarak adlandırılan bu virülen fajlar, parçalanmış bakterilerden çevreye bozulmamış genomik DNA salgırlar (Keen vd., 2017). Bu hücre dışı DNA, “transformasyon” olarak bilinen işlemde bazı diğer bakteriler tarafından alınabilir. Bu nedenle, terapötik potansiyele sahip bir fajın, bakteriyel hücre lizizinden önce bakteriyel kromozomu parçaladığından emin olmak önemlidir.

Ek olarak, faj terapisi için iyi adaylar “spesifik” yani dar bir bakteriyel konak aralığına sahip olmalırlar. Bu özellik hem yetiştiricilik ortamının hem de yetiştiriciliği yapılan balıkların doğal mikrobiyotasının faj tedavisi sırasında bozulmamasını sağlayacaktır. Dolayısıyla, ikincil enfeksiyonlar da önlenmiş olacak ve konak balıkların büyük olasılıkla daha hızlı iyileşmesi sağlanacaktır. Ayrıca, faj terapisi için iyi olarak nitelendirilecek adaylar hem *in vivo* hem de *in vitro* olarak etkili bir şekilde çoğalabilmelidir, özellikle *in vitro* çoğalma büyük ölçekli faj üretimi için bir gerekliliktir.

Bakteriyofajların Avantaj ve Dezavantajları

Fajların birçok avantajı bulunmasına rağmen henüz açıklanamamış ve daha detaylı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulan olası dezavantajları da bulunmaktadır. Faj uygulamalarını kısıtlayan en önemli faktörlerden birisi faj dirençli bakterilerin görülmesidir. Faj dirençli bakterilerden korunmak için farklı faj kokteyllerinin kullanılması yada antibiyotik ve dezenfektanlar ile birlikte kullanılmaları önerilmektedir (Nakai, 2010; Park vd., 2020). Ancak su ürünleri yetiştiriciliğinde başarılı faj uygulamaları için bakteriyel faj direnç mekanizmalarını anlamak ve seçilen fajdaki reseptörleri belirlemek çok önemlidir. Fajların bugüne kadar bildirilmiş avantaj ve olası dezavantajları Tablo 1’de özetlenmiştir (Sieiro vd. 2020; Rao ve Lalitha, 2015).

Avantaj	Dezavantaj
Doğal biyolojik ürünler	Hastalık etkeninin kesin tanısının yapılması gerekmektedir
Kolay izole edilir ve çoğaltılabilirler	İlgili mevzuat ve yönetmeliklerin geliştirilerek uygulanması gerekmektedir
Gram negatif ve Gram pozitif bakterilere karşı etkilidirler	Faj direnci oluşabilir
Spesifikler yani yalnızca belirli bir bakteri türünü veya suşu enfekte edebilirler	Bakteriye gen transferi olabilir
Normal flora bakterilerine karşı etki göstermezler	Üretim süreçlerinin optimize edilmesi gerekmektedir
Kolaylıkla uygulanabilirler	Litik faj koleksiyonlarının oluşturulması ve sürekliliğin sağlanması gerekmektedir
Çok bileşenli faj preparatları sinerjik etki gösterirler	Doz, zamanlama ve uygulama yöntemlerinin optimize edilmesi gerekmektedir
Antibiyotik ve dezenfektanlar ile sinerjik etki gösterirler	
Terapötik ve biyosanitasyon amaçlı kullanılabilirler	
Şimdiye kadar herhangi bir yan etkileri bildirilmediğinden güvenli olarak kabul edilebilirler	
Diğer yöntemlere göre nispeten ucuzdur	
Biyofilmlere karşı etkilidirler	
Çoklu antibiyotik direnci görülen bakterilere	

karşı etkilidirler
Çevre dostu

Tablo 1. Fajların avantaj ve dezavantajları

Bakteriyofajların Ticari Üretimi ve Akuakültürde Faj Uygulamaları

D'Herelle tarafından hastalıkları tedavi etmek için bakteriyofajların kullanılabileceği ileri sürüldükten sonra ilk kez 1921 yılında Fransa'da Bruynoghe ve Masin, insanlarda Stafilokok deri hastalıklarını tedavi etmek için fajları kullanılmışlardır (Alisky vd., 1998; Barrow ve Soothill, 1997; Morozova vd., 2018). Daha sonrasında 1928 yılında Alexander Fleming tarafından antibiyotik keşfedilmesi ile fajların bakteriyel hastalıkların tedavisinde kullanılabilirliği, yerini antibiyotik tedavisine bırakmıştır. Ancak insan sağlığı açısından önemli pek çok bakteriyel hastalık etkeninde çok sayıda antibiyotiğe direnç görülmesi bilim adamlarını bu eski yaklaşıma yönlendirmiştir. Faj tabanlı ürünler ilk olarak Paris'te, adı daha sonra L'Oréal olarak değiştirilen d'Herelle ticari laboratuvarında geliştirilmiş ve Bacté-rhinophage, Bacté-intesti-phage, Bacté-pyophage, and Bacté-staphyphage olarak isimlendirilen beş farklı faj üretilmiştir (Summers 1999; Sulakvelidze vd., 2001; Sharma vd., 2017). 1940'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde de ticari faj üretimi gerçekleştirilmiştir. Eli Lilly adındaki şirket insanlarda hastalık oluşturan Stafilokok, Streptokok, *E. coli* ve diğer bakteriyel patojenler için kullanılabilecek yedi ticari faj üretmişlerdir (Sulakvelidze vd., 2001; Sharma vd., 2017).

Faj tedavisi hala Rusya, Gürcistan ve Polonya dışında diğer ülkelerde kullanılmamaktadır (Reardon, 2014). Ancak 2013 yılında *E. coli* ve *Pseudomonas aeruginosa* ile enfekte olan yanıkları tedavi etmeyi amaçlayan "PhagoBurn" başlıklı proje Avrupa Birliği tarafından desteklenmiştir (Sharma vd., 2017; Reardon, 2014; <http://www.phagoburn.eu/>). Faj konusunda çalışan Eliava Enstitüsü araştırmacıları bakterilerin kullanılan faja direnç kazanabilme özellikleri nedeniyle sekiz ayda bir yeni faj kokteylleri hazırladıklarını ifade etmektedirler (Reardon, 2014).

Litik fajlar antibiyotikler ile karşılaştırıldıklarında çevreye negatif etkilerinin bulunmaması nedeni ile bakteriyel patojenlerin kontrolünde alternatif biyoterapötik ajan olarak düşünülmektedir ve ziraat alanında, et ve peynir üretiminde bakteriyel enfeksiyonların kontrolü için kullanılmışlardır (Rao ve Lalitha, 2015; Soykut 2007; Özkan 2015). Faj terapisi için kullanılabilecek ürünler Hollanda'da ticari olarak satışa sunulmuştur. Örneğin *Listeria monocytogenes* için PhageGuard Listex, Salmonella için PhageGuard S, *E. coli* ile mücadele için ise PhageGuard E isimli ürüne ulaşılabilmektedir (Hagens ve Loessner, 2014; <https://phageguard.com/ecoli-solution/>). Ancak hala Avrupa Birliği tarafından bu ürünler onaylanmamıştır. AB ayrıca, su ürünleri yetiştiriciliğinde faj terapisinin geliştirilmesi ve endüstriyel kullanımının çevresel etkilerini değerlendirmek üzere Aquaphage ve Enviphage isimli iki faj projesine destek vermiştir (<https://aquaphage.weebly.com/>; <http://www.enviphage.eu/en/>).

Culot vd. (2019) akuakültürde faj kullanımı, avantajları ve bugüne kadar yapılmış olan yayınları derledikleri çalışmalarında 2000-2018 yılları arasında akuakültür ve faj anahtar kelimeleriyle yapmış oldukları taramada su ürünleri yetiştiriciliği için en çok çalışılan fajların Myoviridae, Podoviridae ve Siphoviridae familyalarına ait olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca yine aynı çalışmalarında en çok yayının Asya'da ve daha sonra da Avrupa'da yapıldığı, en çok *Vibrio* fajlarının araştırıldığı ve sırasıyla *Flavobacterium*, *Aeromonas*, *Lactococcus* ve *Pseudomonas* sp. fajları ile ilgili çalışmaların yapıldığı tespit edilmiştir.

Proteon Pharmaceuticals tarafından *Aeromonas* ve *Pseudomonas* sp. için etkili Bafador isimli ürün, ACD Pharma tarafından *Yersinia ruckeri*'ye karşı etkili Custus isimli ürün, Fixed-phage şirketi tarafından Flavobacterial enfeksiyonlara karşı etkili ürünler su ürünleri yetiştiriciliğinde balıklarda kullanılmak üzere geliştirilmektedir (<http://www.intralytix.com/>; <https://acdpharma.com/en/front-page/>; www.proteonpharma.com).

Su ürünlerinde kullanılabilecek fajlar ile ilgili çalışmaların büyük bir kısmı faj izolasyonu ve *in vitro* etkisinin araştırıldığı çalışmalardır ancak son yıllarda balıklar üzerinde *in vivo* çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır. Özellikle en çok bilinen ve balıklarda hastalık oluşturan *V. anguillarum*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *V. harveyi*, *A. hydrophila*, *A. salmonicida*, *Streptococcus iniae*, *Flavobacterium columnare*, *F. psychrophilum*, *P. aeruginosa*, *P. plecoglossicida*, *Lactococcus*

garvieae, *Edwardsiella ictaluri* ve *Edwardsiella tarda*'ya karşı *in vitro* ve bazı *in vivo* çalışmalar bulunmaktadır (Chow ve Rouf 1983; Merino vd., 1990; Le vd., 2018; Jun vd., 2013; Akmal vd., 2020; Easwaran vd., 2016; Kim vd., 2012; Silva vd., 2016; Verner-Jeffreys vd., 2007; Mateus vd., 2014; Kalatzis vd., 2016; Higuera vd., 2013; Silva vd., 2014; Vinod vd., 2006; Richards, 2014).

Aeromonas Genusu

Aeromonas sp. tatlı ve acı sularda hastalığa neden olan önemli bir bakteri grubudur. Hareketli türleri bağışıklık sistemi zayıf balıklarda çok sık görüldüğünden hastalığı kontrol edebilmek için büyük çabalar harcanmaktadır. 1980'li yıllardan bu yana fajlar bu bakterilerin üstesinden gelmek için araştırılmışlardır (Chow ve Rouf, 1983; Merino vd., 1990; Hoang vd. 2019; Le vd., 2018; Jun vd., 2013; Akmal vd. 2020; Easwaran vd. 2016). Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı faj izolasyonu ve *in vitro* etkisinin araştırıldığı çalışmalardır, son yıllarda balıklar üzerinde *in vivo* çalışmalar da yapılmaya başlanmıştır.

Chow ve Rouf (1983) kanalizasyon suyundan izole ettikleri *A. hydrophila* fajının *in vitro* etkisini araştırmışlardır. İzole edilen fajların, çalışmada kullanılan 22 adet izolatın 13'ünü enfekte ettiği rapor edilmiştir.

Hoang vd. (2019) yayın balıklarının (*Pangasianodon hypophthalmus*) yetiştiriciliğinin yapıldığı havuz suyundan *A. hydrophila*'ya özgü faj izole ederek *in vitro* etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada kullanılan 100 adet havuz suyu örneğinden 24 adet etkili faj izolasyonu gerçekleştirdiklerini rapor etmişlerdir.

Le vd. (2018) Vietnam'daki yayın balıklarında çeşitli antibiyotik tedavileri uygulanmasına rağmen yüksek ölüm oranlarına neden olan *A. hydrophila* izolatının antimikrobiyal dirençlerini araştırarak faj izolasyon çalışmaları yapmışlardır. Çalışmada kullanılan altı izolatın hepsinin gentamisin, oksitetrasiklin, Bactrim, enrofloksasin, amoksisilin/klavulanik asit ve ampisiline dirençli olduğu ve çoklu antibiyotik direncinin görüldüğü, izole edilen her iki fajın da Myoviridae familyasına ait olduğu rapor edilmiştir. İzole edilen fajların çalışmada kullanılan *A. hydrophila* izolatlarının üremesini engelleyici etkiye sahip olduğu, hazırlanan faj kokteylinin yayın balıklarında *A. hydrophila* enfeksiyonunun tedavisinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Kore'de nehirde izole edilen pAh1-C ve pAh6-C fajlarının çoklu antibiyotik direnç özelliğine sahip *A. hydrophila*'ya karşı etkisi *in vitro* ve *in vivo* olarak Jun vd. (2013) tarafından araştırılmıştır. Fajların *in vitro* olarak bakterisidal etki gösterdikleri ve bu fajların tek bir enjeksiyon uygulaması ile deney balıklarına verilmesinden sonra hayatta kalma oranlarında artış tespit edilmiştir. pAh1-C ve pAh6-C fajlarının balıklarda *A. hydrophila* enfeksiyonunun tedavisi için potansiyel terapötik ajanlar olabileceği sonucuna varılmıştır. Jun vd. (2013)'nin çalışmasına benzer şekilde Akmal vd. (2020) Güney Kore'deki bir nehirde izole ettikleri Siphoviridae familyasına ait Akh-2 fajının çalışmada kullandıkları yedi *A. hydrophila* izolatının dördüne etkili olduğu rapor edilmiştir. Yapmış oldukları *in vivo* çalışmalarında Akh-2 fajı ile tedavi edilmiş balıklarda kontrole göre daha yüksek hayatta kalma oranı elde edilmiştir. Akh-2 fajının balıklarda *Aeromonas* enfeksiyonlarının tedavisi için potansiyel bir biyolojik ajan olabileceği bildirilmiştir.

Easwaran vd. (2016) akarsulardan izole ettikleri pAh-1 fajının *A. hydrophila* üzerine etkisini ve sıcaklık, pH, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun bu fajın gelişimini nasıl etkilediğini çalışmışlardır. Sıcaklık, pH'ın, kalsiyum ve magnezyumun farklı konsantrasyonlarının fajı çok fazla etkilemediği rapor edilirken zebra balığında periton içi faj tedavisinin *A. hydrophila*'ya karşı koruyucu bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Cao vd. (2020) daha önceden izole edilmiş olan MJG isimli fajın *in vitro* etkisi ve gökkuşağı alabalıkları üzerine *in vivo* etkisini araştırdıkları çalışmalarında MJG'nin geniş bir pH ve sıcaklık aralığına sahip olduğu rapor edilmiştir. MJG fajının çalışmada kullanılan 20 *A. hydrophila* izolatının sadece 4'ünü enfekte ederek dar bir konak aralığına sahip olduğu gösterilmiştir. Gökkuşağı alabalıkları *A. hydrophila* ile enfekte edildikten iki saat sonra MJG fajı $3,2 \times 10^6$ PFU/balık oranında periton içi enjeksiyonu, $3,2 \times 10^6$ veya $3,2 \times 10^5$ PFU/ml oranında 15 dakika daldırma banyo şeklinde uygulanmış, ayrıca $3,2 \times 10^7$ veya $3,2 \times 10^6$ PFU/g olacak şekilde hazırlanmış yemler ile balıklar beslenerek oral tedavinin etkisi de araştırılmıştır. MJG fajı daldırma ve enjeksiyon şeklinde gökkuşağı alabalıklarına uygulandığında, balıkların hayatta kalma oranlarının arttığı, oral uygulamanın ise diğer iki yöntemle göre daha az hayatta kalma oranına neden olduğu ancak kontrole oranla daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Cao vd., 2020).

Furunkulozis bilinen en eski balık hastalığı olduğundan, etkeni *A. salmonicida*'ya karşı etkili faj izolasyon çalışmaları da 1960'lı yıllarda başlamıştır. Paterson vd. (1969) Kanada'da yetiştiricilik yapılan kuluçkahane ve havuzlardan *A. salmonicida*'ya karşı etkili faj izolasyonu çalışmaları yapmışlardır. 19 istasyondan alınan su ve çamur örneklerinin 13'ünden başarılı bir şekilde faj izolasyonu gerçekleştirmişlerdir. Fajların izole edildiği 13 istasyonun dokuzunda furunkulozis hastalığı öyküsü olduğu tespit edilmiştir. İzole edilen fajların üç serolojik grup ve iki farklı morfolojiye sahip oldukları, serolojik grup I ve II özellik gösteren fajların aynı morfolojiye sahip oldukları, bütün fajların baş ve kasılabilen bir kuyruğa sahip karmaşık yapıda oldukları rapor edilmiştir.

Kim vd. (2012) *A. salmonicida* subsp. *salmonicida*'nın neden olduğu hastalığı kontrol edebilmek için Kore'de kültürü yapılan gökkuşağı alabalık sistemlerinin sediment örneklerinden PAS-1 fajını izole ederek tanımlamışlardır. İzole edilen fajın diğer *Aeromonas* türlerini enfekte eden Myoviridae fajları ile ilişkili olduğu ve *A. salmonicida* subsp. *salmonicida*, *A. salmonicida* subsp. *achromogenes*, *A. salmonicida* subsp. *masoucida* üzerine bakteriyolitik bir etkiye sahip olduğu ancak *A. hydrophila* izolatları üzerine herhangi bir etkiye sahip olmadığı rapor edilmiştir.

Balıklarda önemli bir mortaliteye neden olan furunkulozis hastalığının etkeni *A. salmonicida*'yı inaktive etmek için fajların *in vivo* ve *in vitro* etkisi Silva vd. (2016) tarafından araştırılmıştır. Portekiz'de kanalizasyon suyundan izole edilen AS-A fajının 25 bakteri türüne karşı etkisi araştırılmış ve sadece *A. salmonicida*'yı inaktive ettiği tespit edilmiştir. İzole edilen tank suyuna faj ilave edilerek enfekte edilmiş balıkların kontrol grubuna göre hayatta kalma oranlarında önemli bir artış olduğu ve izole edilen AS-A fajının furunkulozis hastalığının tedavisinde kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Verner-Jeffreys vd. (2007) Atlantik salmonuna oral, periton içi ve banyo şeklinde verdikleri fajın *in vivo* etkisini araştırdıkları çalışmalarında, faj uygulamasının furunkulozis hastalığını tedavi etmede herhangi bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir.

Vibrio Genusu

Vibriozis deniz ve acı sularda yaşayan balık türlerinin en önemli bakteriyel hastalığıdır. *V. anguillarum*, *V. alginolyticus*, *V. ordalii*, *V. vulnificus*, *V. salmonicida*, *V. damsela*, *V. carchariae*, *V. tubiashii*, *V. marinus*, *V. campbellii*, *V. nereis*, *V. parahemolyticus*, *V. viscosus*, *V. cholerae*, *V. splendidus*, *V. pelagius* türlerinin vibriozise neden olduğu bilinmektedir. *Vibrio* sp. türlerine karşı gerek *in vivo* gerekse *in vitro* etkilerinin araştırıldığı detaylı faj çalışmaları bulunmaktadır. Son zamanlarda farklı *Vibrio* sp. türlerine karşı etkili fajların tüm genom analizleri yapılmıştır (Romero vd., 2014; Luo vd., 2015).

V. parahaemolyticus izolatlarını enfekte eden VP-1, VP-2 ve VP-3 fajlarının farklı balık patojenlerinin üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada VP-1, VP-2 ve VP-3 fajlarının *V. anguillarum* ve *A. salmonicida*'yı enfekte ettiği, izole edilen üç fajın *A. hydrophila*, *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, *V. fischeri*, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida*, *P. gingeri* ve *P. segetis*'i enfekte etmediği rapor edilmiştir. İki veya üç farklı faj kokteyllerinin kullanımının konak bakteride direnç oluşumunu geciktirerek *V. anguillarum*'a karşı etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Mateus vd., 2014).

Çipura balıklarından izole edilmiş olan *V. alginolyticus* bakterisi konak olarak kullanılarak Yunanistan'ın Girit adasından alınan deniz suyu örneklerinden izole edilen iki farklı fajın *V. anguillarum*, *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. ordalii*, *V. parahaemolyticus*, *V. splendidus* ve *V. owensii*'ye karşı etkisi *in vitro* olarak araştırılmış ve aynı çalışmada *Artemia salina* yetiştiricilik sistemlerine bu fajların ilave edilmesi ile *in vivo* etkisi de incelenmiştir (Kalatzis vd., 2016). İzole edilen her iki fajın da çalışmada kullanılan sekiz *V. alginolyticus* izolatının tümünü, sekiz *V. harveyi* izolatının birini ve bir *V. parahaemolyticus* izolatını enfekte ettiği; *V. anguillarum*, *V. ordalii*, *V. owensii* ve *V. splendidus* izolatlarının hiçbirine etkili olmadığı rapor edilmiştir. Faj karışımının *A. salina* kültür sistemlerine ilavesi ile sistemde bulunan *Vibrio* sp. yükünde %93 oranında azalma görülmüştür (Kalatzis vd., 2016).

Higuera vd. (2013) ilk kez Atlantik salmonunda *V. anguillarum*'un neden olduğu vibriozise karşı etkili fajları kullandıkları çalışmalarında altı faj izole ederek tanımlamışlardır. İzole edilen fajların hepsinin de *V. anguillarum* ve *V. ordalii* izolatlarını enfekte ettiği ancak *V. parahaemolyticus* izolatlarını enfekte etmediği; Atlantik salmonunda yapmış oldukları *in vivo* çalışmada da kullanılan fajın balıkları vibriozise karşı koruduğu rapor edilmiştir.

Portekiz’de kanalizasyon suyundan elde edilen *V. parahaemolyticus* fajı VP2 ve *V. anguillarum* fajı VA1’in *in vitro* etkisi ve zebra balıklarında *in vivo* etkisi Silva vd. (2014) tarafından araştırılmıştır. Zebra balıkları *V. anguillarum* ile enfekte edildikten sonra suya faj ilave edilmiş ve 72 saat sonra larvaların hayatta kalma oranları takip edilmiştir. Sonuç olarak faj ile muamele edilmiş grupta kontrol grubuna oranla önemli ölçüde yüksek hayatta kalma oranı elde edilmiştir. Faj VP2’nin *V. anguillarum* ve *A. salmonicida*’yı enfekte ettiği ancak *A. hydrophila*, *P. damselae* subsp. *damselae*, *P. damselae* subsp. *piscicida*, *V. fischeri*, *P. aeruginosa*, *P. fluorescens* ve *P. putida*’yı enfekte etmediği, faj VA1’in ise *V. parahaemolyticus* ve *A. salmonicida*’yı enfekte ettiği rapor edilmiştir (Silva vd., 2014).

Karides çiftliklerinde *V. harveyi*’nin neden olduğu mortaliteyi azaltabilmek için Hindistan’ın batı kıyılarındaki karides çiftliklerinden izole edilen faj kullanılmıştır. Siphoviridae familyasına ait faj izole edilerek *in vivo* etkisi çalışılmıştır. *Penaeus monodon* larvalarının bulunduğu tanklara 10^9 PFU/ml faj ilavesinin larvaların hayatta kalma oranlarında kontrol gruba oranla önemli bir artışa neden olduğu ve tanktaki *V. harveyi* bakterisi yükünün de azaldığı rapor edilmiştir (Vinod vd., 2006).

Cui vd. (2021) kalkan balıklarının yemlerine ilave edilen spesifik *V. harveyi* faj kokteyllerinin koruyucu etkinliğini araştırmışlardır. Sonuç olarak faj ilave edilmiş yemler ile beslenen balıkların hayatta kalma oranlarında artış tespit edilirken balıkların normal büyümeleri üzerine herhangi bir etkiye sahip olmadığı bildirilmiştir. Bu nedenle kalkan balığı kültüründe *V. harveyi* enfeksiyonuna karşı faj kokteyllerinin hazırlanarak yem ile birlikte oral yolla balıklara verilebileceği sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde balık patojeni *V. anguillarum*’a özgü faj izolasyonu çalışması ilk kez 2015 yılında Yıldızlı tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapmış oldukları çalışmada deniz suyu örnekleri alınarak herhangi bir zenginleştirme işlemi yapılmadan direkt filtre edilerek kullanılmış, çok küçük yapıda ve iğne ucu görünümlü plak oluşturan Caudovirales’e üye farklı boyutlarda fajlar izole edilmiştir (Yıldızlı, 2015).

Karideslerde *V. vulnificus*’un neden olduğu vibriozise karşı kullanılabilir etkili fajlar Srinivasan vd. (2017) tarafından izole edilerek tanımlanmıştır. Karides yetiştiricilik sistemlerinden Tectiviridae familyasına ait VV1, VV2, VV3 ve VV4 olmak üzere dört farklı faj izole edilmiştir. Kloroform, aseton, etil ve metil alkol, RNase, tripsin, triton-X100’ün bu dört fajın üremesi üzerine herhangi bir etkisi bulunmadığı, VV1-VV4 fajlarının yüksek sıcaklık (60°C-üzeri), yüksek ve düşük pH (<3 ve >12) değerlerinde, lizozim ve SDS ilavesi ile tamamen inaktif olduğu rapor edilmiştir (Srinivasan vd., 2017)

Martínez-Díaz ve Hipólito-Morales (2013), *Artemia franciscana* nauplilerini *V. parahaemolyticus* ile enfekte ettikten 0, 3, 10, 20 ve 30 saat sonra Vpms1 fajının farklı dozlarının ilave edilmesinin etkisini araştırmışlardır. *A. franciscana* üzerine *V. parahaemolyticus*’un olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için Vpms1 fajının tek bir dozunun etkili olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca enfeksiyondan sonra geç faj uygulanmasının *V. parahaemolyticus*’un neden olduğu mortaliteyi kontrol etmede etkisiz olduğu sonucuna varılmıştır.

Lactococcus Genusu

Laktokokkozis hastalığının etkeni Gram pozitif *L. garvieae*, kültürü yapılan balıklarda olduğu kadar doğada yaşayan balıklarda da önemli ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Laktokokkozis enfeksiyonunu kontrol edebilmek için yeni aşı ve antibiyotik çalışmalarına rağmen eritromisin, linkomisin ve oksitetrasiklin gibi antibiyotiklere dirençli yeni izolatlar elde edildiği rapor edilmiştir (Kawanishi vd., 2005).

Ghasemi vd. (2014) İran’da atık su arıtma tesisinden *L. garvieae*’ye karşı etkili, litik bir WWP-1 fajı izole etmişlerdir. İzole ettikleri fajın ikosaedral kafa ve kontraktil olmayan kısa bir kuyruğa sahip Podoviridae familyasının üyesi olduğu rapor edilmiştir. *In vivo* çalışmalarında, *L. garvieae* ile enfekte gökkuşuğu alabalıkları, 10^8 PFU/g olacak şekilde faj ilave edilmiş yemler ile beslendiğinde mortalitede önemli bir azalma olduğu görülmüştür.

Toprak kompostundan *L. garvieae*’ye karşı etkili GE1 fajı izole edilmiştir. İzole edilen fajın Siphoviridae familyasına ait, yayvan bir kapside, uzun bir kontraktil olmayan kuyruğa ve DNA genomuna sahip olduğu, latent dönem süresinin 31 dakika ve patlama büyüklüğünün ise 139 olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılan 72 adet *L. garvieae* izolatının sadece ikisini enfekte edebildiği ve 58 adet *L. lactis* izolatını enfekte etmediği araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir (Ercilio vd., 2015).

Park vd. (1997) *L. garvieae* izolatlarına karşı etkili PLgY isimli bakteriyofajı hasta *Seriola quinqueradiata*'dan izole ederek tanımlamışlardır. İzole edilen fajın Siphoviridae familyasına ait 50-60 nm boyutlarında izometrik bir kafa ve esnek uzun bir kuyruğu sahip olduğu ve çalışmada kullanılan 26 *L. garvieae* izolatının 22'sini enfekte ettiği rapor edilmiştir. 1999 yılında Park vd. (1997) tarafından izole edilerek tanımlanan PLgY-16 fajının *in vivo* ve *in vitro* etkisi Nakai vd. (1999) tarafından araştırılmıştır. Faj, *Seriola quinqueradiata*'ya periton içi ve oral yolla verildikten sonra *L. garvieae* ile enfekte edilmiş ve balıkların mortalite oranları takip edilmiştir. Fajın farklı fizikokimyasal (sıcaklık, tuzluluk, pH gibi) ve biyolojik (yem, serum gibi) ortamlarda hayatta kalabildiği, balıklara oral veya enjeksiyon şeklinde uygulanmasının balıkları *L. garvieae* enfeksiyonuna karşı koruyabildiği rapor edilmiştir.

Yersinia Genusu

Gram negatif balık patojeni *Yersinia ruckeri* özellikle salmonid balıkları olmak üzere pek çok balık türünde enterik kızıl ağız (ERM) olarak bilinen hastalığa neden olmaktadır. Hastalık 1950'li yıllarda ilk kez Amerika'da yetiştiriciliği yapılan gökkuşağı alabalıklarında rapor edildikten sonra bütün dünyaya yayılmıştır. Ülkemizde ise 1991 yılında ilk bildiri yapılmış ve sonrasında çok sayıda araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Timur ve Timur, 1991; Çağırğan, 1991). Daha önceki yıllarda ERM hastalığı tatlı su ile ilişkilendirilmiştir ancak acı sularda yetiştiriciliği yapılan alabalıklarda ve denize yeni taşınmış salmon balıklarında da hastalık tespit edilmiştir (Karataş ve diğ., 2004; Gulla ve diğ., 2018). Aşılamanın etkisi ile hastalık bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de etkisini azaltmıştır. Ancak son yıllarda ERM ile ilişkili balık ölümleri yeniden artmaya başlamıştır.

Farklı balık türlerinden elde edilmiş *Y. ruckeri* suşlarına karşı etkili faj izolasyonu çalışması ilk kez Stevenson ve Airdrie tarafından 1984 yılında yapılmıştır. Farklı bölgelerden alınan kanalizasyon örneklerinden *Y. ruckeri* izolatlarına karşı etkili sekiz faj izole edilmiştir. İzole edilen fajların büyük çoğunluğunun ikosahedral veya oktahedral yapıda başa sahip kuyruklu fajlar olduğu rapor edilmiştir. İzole edilen kuyruklu ikosahedral yapıda olan faj YerA41'in 35 farklı *Y. ruckeri* serovar I suşundan 34'üne karşı etkili olduğu ancak diğer üç serolojik gruba ait 15 suşa karşı herhangi bir etki göstermediği bildirilmiştir (Stevenson ve Airdrie, 1984)

Strand (2017) yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında, 2011 yılından bu yana su ürünleri yetiştiriciliğinde bakteriyel enfeksiyonların azaltılmasında kullanılmak üzere bakteriyofaj bazlı ürünler geliştiren ACD Pharmaceuticals AS (Norveç) tarafından izole edilen dört farklı fajın, *Y. ruckeri* izolatlarına karşı bakteriyolitik etkisini araştırmıştır. Çalışmada test edilen tüm fajların, *Y. ruckeri* üzerinde bakteriyolitik bir etki gösterdiği rapor edilmiştir. Ayrıca salmon balıklarında spesifik faj antikorlarını ölçmek için bir ELISA testi geliştirmiştir.

Karaçoban (2019) yapmış olduğu tez çalışmasında farklı kaynaklardan topladığı su örneklerinden *Y. ruckeri*, *V. anguillarum*, *A. hydrophila* ve *A. sobria*'ya karşı etkili faj izolasyon çalışmaları yapmış ve sonuç olarak çalışmada kullandığı 13 *Y. ruckeri* izolatından sadece bir izolata karşı etkili bir faj elde etmiştir. Ayrıca ACD Pharmaceuticals AS (Norveç) tarafından izole edilen *Y. ruckeri* fajının ülkemizden izole edilen *Y. ruckeri* izolatlarına herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde faj uygulamalarını etkileyen en önemli faktörler uygun yöntemin, zamanın ve dozun seçimidir. Hastalık baş edilemeyecek bir noktaya gelmeden önce faj uygulamasına başlamak en uygun zaman olarak düşünülmektedir. Ayrıca konsantrasyonun iyi ayarlanması, yüksek çoğalma oranına ve düşük dozlarda yüksek enfekte etme yeteneğine sahip olan fajların seçilmesi çok önemlidir. Fajlar daldırma, yeme karıştırma, enjeksiyon gibi yöntemler ile balıklara uygulanabilmektedir. Her uygulama yönteminin bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Örneğin, daldırma yöntemi aşılama olduğu gibi çok sayıda balığa hızlı bir şekilde uygulanabilirken çok fazla faja ihtiyaç duyulan maliyetli bir yöntemdir. Uygulama yöntemi balığın türüne, enfeksiyonun doğasına, fajların özelliklerine göre belirlenmelidir (Culot vd., 2019; Park vd., 2020).

Fajların su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımları ile ilgili bazı endişeler bulunmaktadır. Özellikle bu ürünleri tüketen insanlar üzerindeki etkileri ile ilgili çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Ancak fajların çevresel strese çok etkilenmediği için su ortamında ve memelilerin sindirim kanalında çok bol miktarda bulunduğu yani normal mikrobiyomun bir parçası olduğu bilinmektedir. Aynı şekilde su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan fajların çoğu doğal ortamdaki izole edilmektedir ve deniz ürünlerini tüketen insanlar tarafından bilinen zararlı etkileri olmaksızın günlük olarak sindirilmektedir.

Fajlar bakteriler neredeyse orada çoğalırlar, bugüne kadar herhangi bir yan etkileri bildirilmemiştir, bakterilerde direnç gelişse bile aynı bakteriyi hedef alan diğer fajlara duyarlı olabilirler, biyofilm oluşturan bakteri formlarında oldukça etkilidirler. Ayrıca fajlar spesifik dar bir konak aralığına sahiptirler, yani normal bağırsak mikrobiyotasına zarar vermezler. İnsan sağlığını etkileme ve mikrobiyomun diğer üyeleri ile etkileşime geçme yeteneklerinin oldukça zayıf olduğu düşünülmektedir.

Faj tedavisi; yeni teknoloji ile canlanan eski bir fikir olarak karşımıza çıkmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde bakteriyel hastalıkların kontrol ve tedavisinde kullanılabilecek fajlar ile ilgili bugüne kadar yapılmış çalışmalar incelendiğinde büyük bir kısmının faj izole edilerek *in vitro* etkisinin araştırıldığı çalışmalar olduğu, son yıllarda az sayıda *in vivo* çalışmaların da yapıldığı tespit edilmiştir. Ülkemiz akuakültür sektörü açısından baktığımızda ise fajlar ile ilgili sadece iki tez çalışması bulunmaktadır. Daha çok sayıda ve detaylı klinik çalışmalara ihtiyaç olduğu açıktır. Ancak faj çalışmalarında klinik çalışmalara geçmeden önce bu kadar hızlı gelişen bir ürünün yetkili kurumlar tarafından nasıl denetleneceğinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Faj terapisi stratejisinden tam olarak yararlanabilmek için faj adaylarının dikkatli seçilmesi ve izole edilmiş fajların kullanımlarının güvenli olduğundan emin olmak için ayrıntılı bir şekilde karakterize edilmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle güvenliğin; hem çevre hem yetiştiriciliği yapılan balıklar hem de bu balıkları tüketen insanlar için olduğunu unutmamak gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2019 yılında İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanan Yüksek Lisans tezinden üretilmiş ve İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliği FYL-2018-30132 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ackermann H.W. (1999). Tailed bacteriophages. The order Caudovirales. *Advances in Virus Research*, 51: 135–201.
- Ackermann, H.W. (2001). Frequency of morphological phage descriptions in the year 2000. *Archives of Virology*, 146, 843–857.
- Ackermann, H.W. (2005). Bacteriophage Classification: In: Kutter E, Sulakvelidze A (eds), Bacteriophages: biology and applications. *CRC Press*, Boca Raton.
- Ackermann, H.W. (2007). 5500 Phages examined in the electron microscope. *Archives of Virology*, 152, 227–243.
- Ackermann, H.W. (2011). The first phage electron micrographs. *Bacteriophage*, 1(4), 225–227.
- Akmal, M., Rahimi-Midani, A., Hafeez-ur-Rehman, M., Hussain, A., Choi, T.-J. (2020). Isolation, characterization, and application of a bacteriophage infecting the fish pathogen *Aeromonas hydrophila*. *Pathogens*, 9, 215.
- Alisky, J., Iczkowski K., Rapoport A., Troitsky N. (1998). Bacteriophages show promise as antimicrobial agents. *The Journal of Infectious Diseases*, 36:5–15.
- Alves, D.R. (2015). Development and characterisation of a responsive polyvalent bacteriophage therapeutic. PhD thesis, Department of Chemistry University of Bath, İngiltere.
- Barrow, P.A., Soothill, J.S. (1997). Bacteriophage therapy and prophylaxis: rediscovery and renewed assessment of potential. *Trends in Microbiology*, 5: 268–271.
- Barton, B.A., Iwama, G.K., (1991). Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids, *Annual Review of Fish Diseases*, 1(6), 3–26.
- Bilgehan, H. (2002). *Temel Mikrobiyoloji ve Bağışıklık Bilimi*. Barış yayınları, Fakülteler Kitabevi, İzmir.
- Bogovazova, G.G., Voroshilova, N.N., Bondarenko, V.M., (1991). The efficacy of *Klebsiella pneumoniae* bacteriophage in the therapy of experimental *Klebsiella* infection. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii, immunobiologii*, (4), 5-8.
- Cabello, F.C., (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment, *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137 – 1144.
- Candan, A.A., Karataş, S., (2010). *Balık Sağlığı*. Kalmak Ofset Matbaacılık, İstanbul, ISBN: 978-605-88665-0-8.
- Cao, Y., Li S., Li, S., Han, S., Wang, D., Zhao, J., Xu, L., Liu, H., Lu, T. (2020). Characterization and application of a novel *Aeromonas* bacteriophage as treatment for pathogenic *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout. *Aquaculture*, 523, 30.
- Carlton, R.M. (1999). Phage Therapy: Past History and Future Prospects. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 47: 267-274.

- Chow, M.S., Rouf, M.A. (1983). Isolation and partial characterization of two *Aeromonas hydrophila* bacteriophages. *Applied and Environmental Microbiology*, 45(5), 1670–1676.
- Cui H., Cong C., Wang L., Li X., Li j., Yang H., Li S., Xu Y. (2021). Protective effectiveness of feeding phage cocktails in controlling *Vibrio harveyi* infection of turbot *Scophthalmus maximus*. *Aquaculture*, 535, 30.
- Culot A., Grosset N., Gautier M. (2019). Overcoming the challenges of phage therapy for industrial aquaculture: A review. *Aquaculture*, 513, 734423.
- Çağırğan, H. (1991). First Isolation of *Yersinia ruckerii* from a rainbow trout farm in Turkey. European Association of Fish Pathologists: EAFF 5th International Conferences on fish diseases, Budapeşte, Macaristan, 131.
- Dallaire-Dufresne, S., Tanaka, K.H., Trudel, M.V., Lafaille, A., Charett, S.J., (2014). Virulence, genomic features, and plasticity of *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*, the causative agent of fish furunculosis. *Veterinary Microbiology*, 169(1-2), 1–7.
- Diana, J.S., Egna, H. S., Chopin, T., Peterson, M. S., Cao, L., Pomeroy, R., (2013). Responsible aquaculture in 2050: Valuing local conditions and human innovations will be key to success. *BioScience*, 63(4), 255–262.
- Easwaran, M., Dananjaya, S.H.S., Park, S.C., Lee, J., Shin, H-J, De Zoysa, M. (2016). Characterization of bacteriophage pAh-1 and its protective effects on experimental infection of *Aeromonas hydrophila* in Zebrafish (*Danio rerio*). *Journal of Fish Diseases*, 40(6).
- Eraclio, G., Tremblay, D. M., Lacelle-Côté, A., Labrie, S. J., Fortina, M. G., Moineau, S. (2015). A virulent phage infecting *Lactococcus garvieae*, with homology to *Lactococcus lactis* phages. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(24), 8358–8365.
- Fiers, W., Contreras, R., Duerinck, F., Haegeman, G., Iserentant, D., Merregaert, J., Volckaert, G. (1976). Complete nucleotide sequence of bacteriophage MS2 RNA: primary and secondary structure of the replicase gene. *Nature*, 260(5551), 500.
- Ghasemi, S.M., Bouzari, M., Emtiazi, G. (2014). Preliminary characterization of *Lactococcus garvieae* bacteriophage isolated from wastewater as a potential agent for biological control of lactococcosis in aquaculture. *Aquaculture International*, 22, 1469–1480.
- Gulla, S., Barnes, A. C., Welch, T. J., Romalde, J. L., Ryder, D., Ormsby, M. J., Carson, J., Lagesen, K., Verner-Jeffreys, D. W., Davies, R. L., Colquhoun, D. J. (2018). Multilocus variable-number tandem-repeat analysis of *Yersinia ruckerii* confirms the existence of host specificity, geographic endemism, and anthropogenic dissemination of virulent clones. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(16), e00730-18.
- Hagens, S., Loessner, M.J. (2014). Phages of *Listeria* offer novel tools for diagnostics and biocontrol. *Frontiers in Microbiology*, 5:159.
- Hayes, W. (1968). *The Genetics of Bacteria and Their Viruses. Studies in Basic Genetics and Molecular Biology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Higuera, G., Bastias, R., Tsertsvadze, G., Romero, J., Espejo, R.T. (2013). Recently discovered *Vibrio anguillarum* phages can protect against experimentally induced vibriosis in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 392–395, 128–33.
- Hoang, A., Xuan, T.T.T., Nga, L. P., Oanh, D.T.H. (2019). Selection of phages to control *Aeromonas hydrophila* – An infectious agent in Striped Catfish. *Biocontrol Science*, 24, 1, 2328.
- Jun, J.W., Kim, H.J., Shin, S.P., Han, J.E. , Chai, J.Y., Park, S.C., (2013). Protective effects of the *Aeromonas* phages pAh1-C and pAh6-C against mass mortality of the cyprinid loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) caused by *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 416–417, 289–295.
- Kaczowski, H., Weber-Dabrowska, B., Dabrowski, M., Zdrojewicz, Z., Cwioro, F. (1990). Use of bacteriophages in the treatment of chronic bacterial diseases, *Wiadomosci lekarskie* (Warsaw, Poland: 1960), 43(3-4), 136-141.
- Kalatzis, P.G., Bastías, R., Kokkari, C., Katharios, P. (2016) Isolation and characterization of two lytic bacteriophages, ϕ St2 and ϕ Grn1; Phage therapy application for biological control of *Vibrio alginolyticus* in aquaculture live feeds. *PLoS ONE*, 11(3): e0151101.
- Karaçoban, F. (2017). Balık patojenlerine karşı bakteriyofajların kullanımının araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Karatas, S., Candan, A., Demircan, D. (2004). Enteric red mouth disease in cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on the Black Sea coast of Turkey. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 56-3, 226-231.
- Kawanishi, M., Kojima, A., Ishihara, K., Esaki, H., Kijima, M., Takahashi, T., Suzuki, S. and Tamura, Y. (2005), Drug resistance and pulsed-field gel electrophoresis patterns of *Lactococcus garvieae* isolates from cultured *Seriola* (yellowtail, amberjack and kingfish) in Japan. *Letters in Applied Microbiology*, 40: 322-328.

- Keen, E.C., Bliskovsky, V.V., Malagon, F., Baker, J.D., Prince, J.S., Klaus, J.S., Adhya, S.L. (2017). Novel "Superspreader" Bacteriophages Promote Horizontal Gene Transfer by Transformation. *mBio*, 8(1):e02115-16.
- Kim, J.H., Son, J.S., Choi, Y.J., Choresca C.H., Shin S.P., Han J.E., Jun J.W., Kang D.H., Oh C., Heo S.J., Park S.C. (2012). Isolation and characterization of a lytic Myoviridae bacteriophage PAS-1 with broad infectivity in *Aeromonas salmonicida*. *Current Microbiology*, 64, 418–426.
- Kingwell, K. (2015). Bacteriophage therapies re-enter clinical trials. *Nature Reviews Drug Discovery*. 14(8):515-6.
- Kutter E., Sulakvelidze A. (2004). Bacteriophages:biology and applications. CRC Press, Amerika, ISBN 0-8493-1336-8.
- Le, T.S., Nguyen, T.H., Vo, H.P., Doan, V.C., Nguyen, H.L., Tran, M.T., Tran, T.T., Southgate, P.C., Kurtböke, D.İ., (2018). Protective effects of bacteriophages against *Aeromonas hydrophila* species causing Motile Aeromonas Septicemia (MAS) in striped catfish. *Antibiotics*, 7(1), 16.
- Lederberg, E. M., Lederberg, J., (1953). Genetic studies of lysogenicity in *Escherichia coli*. *Genetics*, 38(1), 51.
- Letchumanan, V., Chan, K. G., Pusparajah, P., Saokaew, S., Duangjai, A., Goh, B. H., Ab Mutalib, N. S., Lee, L. H. (2016). Insights into Bacteriophage Application in Controlling Vibrio Species. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1114.
- Luo, Z.H., Yu, Y.P., Jost, G., Xu, W., Huang, X.L. (2015). Complete genome sequence of a giant Vibrio bacteriophage VH7D. *Marine Genomics*, 3, 293-295.
- Mai, V., Ukhanova, M., Visone, L., Abuladze, T., & Sulakvelidze, A. (2010). Bacteriophage Administration Reduces the Concentration of *Listeria monocytogenes* in the Gastrointestinal Tract and Its Translocation to Spleen and Liver in Experimentally Infected Mice. *International Journal of Microbiology*, 624234.
- Martínez-Díaz S.F., Hipólito-Morales A. (2013). Efficacy of phage therapy to prevent mortality during the vibriosis of brine shrimp. *Aquaculture*, (400–401), 120-124.
- Mateus L., Costa Y.J., Silva C., Pereira A., Cunha A., Almeida A. (2014). Efficiency of phage cocktails in the inactivation of *Vibrio* in aquaculture. *Aquaculture*, 424–425, 167-173.
- Merabishvili, M., Pirnay, J.P., Verbeken, G., Chanishvili, N., Tediashvili, M., Lashkhi, N., Glonti, T., Krylov, V., Mast, J., Van Parys, L., Lavigne, R., Volckaert, G., Mattheus, W., Verween, G., De Corte, P., Rose, T., Jennes, S., Zizi, M., De Vos, D., Vaneechoutte, M., (2009). Quality-controlled small-scale production of a well-defined bacteriophage cocktail for use in human clinical trials. *Plos One*, 4(3), e4944.
- Merino, S., Camprubi, S., Tomas, J.M. (1990). Isolation and characterization of bacteriophage PM2 from *Aeromonas hydrophila*. *FEMS Microbiology Letters*, 68, 3, 239–244.
- Middelboe, M., Jacquet, S., Weinbauer, M., (2008). Viruses in freshwater ecosystems: an introduction to the exploration of viruses in new aquatic habitats. *Freshwater Biology*, 53, 1069–1075.
- Morozova, V. V., Vlassov, V. V., & Tikunova, N. V. (2018). Applications of Bacteriophages in the Treatment of Localized Infections in Humans. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1696.
- Myelnikov, D. 2018. An Alternative Cure: The Adoption and Survival of Bacteriophage Therapy in the USSR, 1922–1955. *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences*, October 12, Vol. 73, No. 4, pp. 385–411.
- Nakai, T., Sugimoto, R., Park, K.H., Mori, K., Nishioka, T., Maruyama, K. (1999). Protective effects of bacteriophage on experimental *Lactococcus garvieae* infection in yellowtail. *Diseases of Aquatic Organisms*, 37, 33–41.
- Özkan, İ. (2015). Antibiyotik dirençli *Staphylococcus aureus* suşlarına spesifik litik bakteriyofaj izolasyonu ve izole edilen fajların litik spektrumlarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Şifa Üniversitesi, İzmir.
- Park, KH, Matsuoka, S, Nakai, T, Muroga, K. (1997). A virulent bacteriophage against *Lactococcus garvieae* (formerly *Enterococcus seriolicida*) isolated from yellowtail *Seriola quinqueradiata*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 29:1449.
- Park S.Y., Han J.E., Kwon H. Park S.C., Kim J.H. (2020). Recent Insights into *Aeromonas salmonicida* and Its Bacteriophages in Aquaculture: A Comprehensive Review. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 30(10): 1443–1457.
- Paterson, W.D., Douglas, R.J., Grinyer, I., McDermott, L.A. (1969). Isolation and preliminary characterization of some *Aeromonas salmonicida* bacteriophages. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 26:629-632.
- Rao, M.B., Lalithab, K.V. (2015). Bacteriophages for aquaculture: Are they beneficial or inimical. *Aquaculture*. 437, 146-154.
- Reardon, S. (2014) Phage therapy gets revitalized. *Nature*, 510:15–16.
- Richards, G.P. (2014). Bacteriophage remediation of bacterial pathogens in aquaculture: a review of the technology. *Bacteriophage*, 4(4), e975540.

- Romero, J., Higuera, G., Gajardo, F., Castillo, D., Middleboe, M., García, K., Ramírez, C., Espejo, R.T. (2014). Complete genome sequence of *Vibrio anguillarum* phage CHOED successfully used for phage therapy in aquaculture. *Genome Announcements*, 2, 4 e00091-14.
- Samanidou, V.F., Evaggelopoulou, E.N. (2007). Analytical strategies to determine antibiotic residues in fish. *Journal of Separation Science*, 30: 2549-2569.
- Sankaran, N. (2010) The bacteriophage, its role in immunology: how Macfarlane Burnet's phage research shaped his scientific life. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 41:367-75.
- Schopf, J. W. (1992). *The oldest fossils and what they mean, in Major Events in the History of Life*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, 29–63.
- Sieiro C, Areal-Hermida L, Pichardo-Gallardo Á, Almuiña-González R, de Miguel T, Sánchez S, Sánchez-Pérez Á, Villa TG. (2020). A Hundred Years of Bacteriophages: Can Phages Replace Antibiotics in Agriculture and Aquaculture? *Antibiotics*, 9(8):493.
- Sharma, S., Chatterjee, S., Datta, S., Prasad R, Dubey D., Prasad R.K., Vairale M.G. (2017). Bacteriophages and its applications: an overview. *Folia Microbiologica*, 62, 17–55.
- Sillankorva, S.M. (2008). Use of bacteriophages to control biofilms. PhD in Chemical and Biological Engineering, University of Minho, Braga, Portekiz.
- Silva, Y.J., Costa, L., Pereira, C., Mateus, C., Cunha, A., Calado, R., Gomes, N.C. M., Pardo, M.A., Hernandez, I., Almeida, A. (2014). Phage therapy as an approach to prevent *Vibrio anguillarum* infections in fish larvae production. *PLoS One*, 9(12):e114197.
- Silva Y.J., Moreirinha, C., Pereira, C.S.G., Costa, L., Rocha, R., Cunha, A., Gomes, N.C.M., Calado, R. Almeida, A. (2016). Biological control of *Aeromonas salmonicida* infection in juvenile Senegalese sole (*Solea senegalensis*) with Phage AS-A. *Aquaculture*, 2016;450:225–233.
- Slopek, S., Durlakowa, I., Weber-Dabrowska, B., Kucharewicz-Krukowska, A., Dabrowski, M., Bisikiewicz, R. (1983). Results of bacteriophage treatment of suppurative bacterial infections. I. General evaluation of the results, *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*, 31(3), 267-291.
- Slopek, S., Weber-Dabrowska, B., Dabrowski, M., Kucharewicz-Krukowska, A., (1987). Results of bacteriophage treatment of suppurative bacterial infections in the years 1981-1986. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis*, 35(5), 569-583.
- Smith, H.W., Huggins, M.B. (1983). Effectiveness of phages in treating experimental *Escherichia coli* diarrhoea in calves, piglets and lambs. *Microbiology*, 129(8), 2659-2675.
- Smith, H.W., Huggins, M.B., Shaw, K.M. (1987). Factors influencing the survival and multiplication of bacteriophages in calves and in their environment. *Microbiology*, 133(5), 1127-1135.
- Soothill, J.S., Lawrence, J.C., Ayliffe, G.A.J. (1988). The efficacy of phages in the prevention of the destruction of pig skin in vitro by *Pseudomonas aeruginosa*. *Medical Science Research*, 16, 1287-1288.
- Soykut, E.A. (2007). Streptococcus thermophilus ve Lactobacillus bulgaricus virülden fajlarının replikasyon parametreleri, kapsid protein profilleri ve restriksiyon endonükleaz analizleri esas alınarak tanımlanmaları ve sınıflandırılmaları. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Srinivasan, P., Ramasamy, P. (2017). Morphological characterization and biocontrol effects of *Vibrio vulnificus* phages against Vibriosis in the shrimp aquaculture environment. *Microbial Pathogenesis*, 111, 472-480.
- Stevenson, R. M., & Airdrie, D. W. (1984). Isolation of *Yersinia ruckeri* bacteriophages. *Applied and Environmental Microbiology*, 47(6), 1201–1205.
- Strand, A. (2017). Analyses of bacteriophages to *Yersinia ruckeri* and the salmon (*Salmo salar* L.) antibody response to the bacteriophages. Master thesis, University of Bergen, Norway.
- Stroj, L., Weber-Dabrowska, B., Partyka, K., Mulczyk, M., Wojcik, M. (1999). Successful treatment with bacteriophage in purulent cerebrospinal meningitis in a newborn. *Neurologia i Neurochirurgia Polska*, 33(3), 693-698.
- Subasinghe R., Soto D., Jia J. (2009). Global aquaculture and its role in sustainable development. *Reviews in Aquaculture*, 1, 2–9.
- Sulakvelidze A., Alavidze Z., Morris J. G. (2001). Bacteriophage Therapy. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, March, 649–659.
- Summers, W.C. (1999). *Felix d'Herelle and the origins of molecular biology*. Yale University Press, New Haven, Conn.
- Summers, W.C. (2001). Bacteriophage therapy. *Annual Review of Microbiology*, 55:437–45.
- Şahin K. (2017). *TÜBA-İnsan ve Hayvan Sağlığında Akılcı Antibiyotik Kullanımı ve Antibiyotik Dirençlilik Raporu*. Türkiye Bilimler akademisi Yayınları, TÜBA raporları, No:21. Ses reklam Matbaacılık, Ankara.
- Tan, D. (2015). Exploration of phage-host interactions in the fish pathogen *Vibrio anguillarum* and antiphage defense strategies. PhD thesis, University of Copenhagen Faculty of Science Department of Biology Marine Biological Section, Danimarka.

- Timur, G, Timur, M. (1991). An outbreak of enteric red mouth disease in farmed rainbow trout (*O. mykiss*) in Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 11(5): 182-183.
- Verner-Jeffreys, D.W., Algoet, M., Pond, M.J., Virdee, H.K., Bagwell, N.J., Roberts, E.G. (2007). Furunculosis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) is not really controllable by bacteriophage therapy. *Aquaculture*, 270:475-84.
- Vinod, M.G., Shivu, M.M., Umesha, K.R., Rajeeva, B.C., Krohne, G., Karunasagar, I., Karunasagara, I. (2006). Isolation of *Vibrio harveyi* bacteriophage with a potential for biocontrol of luminous vibriosis in hatchery environments. *Aquaculture*, 255, 1–4, 117-124.
- Weber-Dąbrowska, B., Jończyk-Matysiak, E., Żaczek, M., Łobocka, M., Łusiak-Szelachowska, M., Górski, A. (2016). Bacteriophage Procurement for Therapeutic Purposes. *Frontiers in Microbiology*, 12;7:1177.
- WHO (2014). Antimicrobial Resistance Global Report on Surveillance. *World Health Organization, Geneva*, p. 257. ISBN: 9789241564748.
- Wise, D.J., Johnso, M.R., (1998). Effect of feeding frequency and fomet-medicated feed on survival, antibody response, and weight gain of fingerling channel catfish *Ictalurus punctatus* after Natural Exposure to *Edwardsiella ictaluri*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29(2).
- Wittebole, X., De Roock, S., & Opal, S. M. (2014). A historical overview of bacteriophage therapy as an alternative to antibiotics for the treatment of bacterial pathogens. *Virulence*, 5(1), 226–235.
- Yıldızlı, G. (2015). Balık patojeni bazı *Vibrio* bakteriyofajlarının izolasyonu ve karakterizasyonu, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Mersin.

Yeniçağa Gölü (Bolu, Türkiye) Balıkçılık Yönetimi Üzerine Bir Değerlendirme**Mustafa ZENGİN^{1*}**, **Salih İLHAN¹**, **Mukadder GÜLER²**, **Çağatay OKTAY²**,
Ramazan KÜÇÜKKARA³¹Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Trabzon²Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlüğü, Bolu³Karabük Üniversitesi, Eflani Meslek Yüksek Okulu, Karabük*Sorumlu Yazar: muze5961@gmail.com**Araştırma Makalesi**

Geliş 24 Ocak 2021; Kabul 25 Nisan 2021; Basım 01 Aralık 2021.

Alıntılama: Zengin, M., İlhan, S., Güler, M., Oktay, Ç., & Küçükkara, R. (2021). Yeniçağa gölü (Bolu, Türkiye) balıkçılık yönetimi üzerine bir değerlendirme. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 489-504. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.867466>**Özet**

Yeniçağa Gölü Kuzey Anadolu fay hattı kuşağının etkisiyle oluşmuş bir çukurluğun sonradan alüvyonlarla dolması sonucu meydana gelmiştir. Yeniçağa gölü derinliği 2 metreyi bulan Türkiye'nin en büyük turbalığını içermektedir. Yeniçağa gölü aynı zamanda ticari balıkçılık potansiyeli olan bir doğal su kaynağıdır. Gölde bugüne kadar yapılmış araştırmalarda toplam altı balık türü tespit edilmiştir. Bunlar, Cyprinidae familyasından; *Capoeta baliki*, *Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Squalius cephalus* ve *Tinca tinca*, kıyı bölgelerde Poecilidae familyasından *Gambusia holbrooki*'dir. Gölde ayrıca ekonomik öneme sahip kerevit (*Astacus leptodactylus*) yaşamaktadır.

2000'li yıllardan itibaren giderek artış gösteren antropojenik faktörlere daha çok maruz kalan Yeniçağa Gölü için etkin bir yönetim stratejisi uygulanamayışı sonucunda göldeki ticari türlerde ciddi azalışlar gözlenmiştir. Aynı süreçte sonradan göle aşılana egzotik türler ile göl ekosisteminde değişimler meydana gelmiştir. Bu çalışma ile son 15-20 yılda gölde meydana gelen değişimler tespit edilerek, gölde başta ticari balık avcılığı olmak üzere uzun vadeli rasyonel bir göl yönetimi için önerilerde bulunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre Yeniçağa Gölü'nde kooperatife ortak balıkçılar tarafından üç balık türü (sazan, kefal, kadiye) avlanarak pazara sunulmaktadır. Av verilerinde yıllar içerisinde çok fazla bir dalgalanma gözlenmemesine karşın, 2015 yılından itibaren karaya çıkarılan av miktarları radikal bir azalma eğilimine girmiştir. Göldeki popülasyonların sürdürülebilirliği açısından; gölde baskın olarak bulunan *S. cephalus* üzerindeki av baskısının artırılması, buna karşın *C. carpio* ve *T. tinca* üzerindeki av baskısının ise azaltılması çok önemlidir. Göldeki tüm balık türlerine kontrollü ve dengeli bir balıkçılık yapılması, tür çeşitliliğinin korunmasında etkili olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yeniçağa Gölü, balıkçılık yönetimi, ticari ve egzotik türler, sucul hayat**An Evaluation of Fisheries Management on the Lake Yeniçağa, Bolu, Turkey****Abstract**

Lake Yenicaga formed as a result of filling a depression, which developed with the effect of the North Anatolian fault line, with alluvium afterward. Lake Yenicaga includes the largest peatland in Turkey that reaches up to 2 meters of depth. Lake Yenicaga also has the potential for the commercial fishery. Six different species of fish have been located in the lake. These are *Capoeta baliki*, *Cyprinus carpio*, *Carassius gibelio*, *Squalius cephalus* and *Tinca tinca* from the family Cyprinidae and *Gambusia holbrooki* from the family Poecilidae in coastal regions. Furthermore, *Astacus leptodactylus*, which has economic importance, lives in the lake.

As a result of the failure of implementing an effective management strategy in Lake Yenicaga, which has been exposed to anthropogenic factors that have been increasing gradually since the 2000s, there was a serious decrease in the commercial species in the lake. During the same period, it has been changed in the ecosystem then some exotic species entered the lake. In this study, changes in the fish fauna of the lake in the last 15-20 years were determined. However, suggestions related to primarily commercial fishing and long-term and rational lake management were made. According to findings, three species of fish (carp, gray mullet, and tench) are fished and marketed by a cooperative member in Lake Yenicaga. Although there was not too much fluctuation in the landings over the years, there has been a radical decline in the number of fish landings since 2015. In terms of the sustainability of fish populations in the lake, applying overfishing on *S. cephalus* which are dominant in the lake, and decreasing the pressure of fishing on *C. carpio* and *T. tinca* is very important. Applying controlled and balanced fishing on all species of fish in the lake will be effective in protecting the diversity of species.

Keywords: Lake Yenicaga, aquatic life, commercial and exotic fish species, fisheries management

GİRİŞ

Yeniçağa Gölü, Kuzey Anadolu fay hattı kuşağının etkisi ile oluşmuş bir çukurluğun sonradan alüvyonlar ile dolması sonucu meydana gelen Yeniçağa Ovasının bir kısmını içine almaktadır. Üçgen biçimli bu düzlüğün büyük bir kısmını Yeniçağa Gölü ve gölün oluşturduğu turbalıklar kaplamaktadır. Göl bölgenin hem mesire alanı, hem de balıkçılık yapılan bir doğal su kaynağıdır.

Yeniçağa Gölü, Bolu merkezine 37 km uzaklıkta, Ankara-İstanbul karayolu üzerindedir. Batı Karadeniz Bölgesi'nde 40° 47'N enlemi, 32° 02' E boylamı arasında bulunan göl, çanak şeklinde ve etrafı dağlarla çevrili bir ovanın ortasında yer almaktadır (Şekil 1). Gölün deniz seviyesinden yüksekliği 980 m'dir. Yüzey alanı mevsime göre değişiklik göstermekle birlikte; sulak alan olarak ortalama 260 hektarlık bir alanı kaplamaktadır (Anonim 2011a). Gölün ortalama derinliği ise 1.4-5.2 m olup, en derin yeri 8 m ile orta bölgesidir. Kışın; bir yandan iklim şartları, diğer yandan da göl ile bağlantısı olan derelerin getirdiği sular, taşmasına sebep olmaktadır. Su seviyesindeki bu artış, gölün etrafında bulunan sazlıkların ve çayırların sular altında kalmasına neden olur. Ayrıca gölün etrafındaki bitkilerin su altında oksijensiz kalarak çok yavaş bir şekilde çürümesi sonucu turbalıklar oluşur. Gölün kuzey ve batı bölgesi, su içi bitkilerinin oluşturduğu yarı çürümüş turba materyali ile kaplıdır.

Yeniçağa gölü sulak alan ekosistemi, iklim özellikleri, flora ve fauna özellikleri açısından tam bir geçiş konumundadır. Bu nedenle yıl boyunca Batı Karadeniz, İç Anadolu ve Marmara gibi üç farklı iklim rejiminin etkisi altında kalmaktadır. Bolu Meteoroloji Müdürlüğü'nün 62 yıllık iklim kayıtlarına göre, yörede ortalama sıcaklık 10.2 °C'dir. Ocak ayından ağustos ayına kadar düzenli artan ortalama sıcaklık, Eylül ayından itibaren düzenli olarak azalmaktadır. En sıcak aylar temmuz ve ağustos olup, en soğuk aylar aralık, ocak ve şubat'tır (Anonim, 2018). Göl kapalı bir havza konumundadır. Dışarıya herhangi bir deşarjı yoktur. Ancak mevsimsel taşkınlar sebebiyle 1965'li yıllardan itibaren DSİ tarafından kurutma ve ıslah çalışmaları yapılarak gölün suları kuzeyde açılan bir kanal ile Aşağıdere'ye boşaltılmaktaydı (Biçer, 1966). Ancak gölün su seviyesinin aşırı düşmesi nedeniyle 1990 yılından sonra bu kanal atıl bırakılmıştır (Saygı ve Yiğit, 2011).

Yeniçağa Gölünü besleyen Çağa Deresi 8 koluyla (Hamzabey, Güzvıran, Kaymaz, Ömerli, Kirenli, Fındıklı, Aksu ve Kayışlar) göle akmaktadır. Bunlardan Kaymaz, Ömerli, Kirenli, Güzvıran ve Fındıklı İlçenin üst tarafından 1992 yılında geçen TEM Otoyolu, ilçe içinden geçen D-100 Karayolu ve Zonguldak Yolu ile birlikte günde yaklaşık 40 bin aracın trafikte olduğu bölgede atıklar; yağmur suyu ve dere yataklarıyla birlikte sürükledikleri kirleticileri göle akıtmaktadırlar. Kanalizasyon şebekesi 1992 yılında yapıldığı kadar Yeniçağa'nın evsel atıkları uzun yıllar göle boşaltılmıştır. İleri düzeyde ötrofik durumda olan göl, ağır bir kirlilik baskısı altında bulunmaktadır (Saygı ve Yiğit, 2011). Ayrıca Hamzabey ve Aksu derelerinden gelen tarımsal atıklar da göle deşarj olmaktadır. Gölden toplanan su ve liken örneklerinden elde edilen sonuçlara göre sülfat, nitrat ve amonyum miktarlarının normal seviyelerinin iki-üç katı yüksek tespit edilmiştir. Göl çevresindeki hava kalitesinde, demir, alüminyum, çinko ve magnezyum miktarlarının trafikle ilgili parçacıkların olumsuz etkisi sonucunda önemli ölçüde arttığı da tespit edilmiştir (Doğan ve Kızılkaya, 2010). Yeniçağa Gölü aynı zamanda 16.05.2008 tarih ve 3158 numaralı Karar ile '1.Derece Doğal Sit Alanı' (554,44 ha) olarak tescil edilmiştir (Erdem vd., 2017).

Yeniçağa Gölü'nün güney kıyıları hariç, hemen tüm kıyı şeridi, genişliği yer yer 200 m'yi geçen sazlarla çevrilidir. Bu sazlık alanlar göçmen kuşlar için önemli barınma ve beslenme habitatlarını oluşturmaktadır. Göl kenarında otlayan hayvanlardan kaynaklanan otlatma baskısının az olduğu kıyılarda sazlıklar (*Phragmites australis*) gelişmiştir. Buna karşın yoğun otlatma baskısının olduğu gölün güney kıyılarında mevsime bağlı olarak subasar bitkiler bulunmaktadır. Alanda bulunan türlerden aksaz (*Typha minima*) ve puf sazı (*Typha shuttleworthii*) türleri Bern Sözleşmesi (*Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi*) ile koruma altına alınmış türlerdir. Diğer taraftan Yeniçağa gölünde derinliği 2 metreyi bulan Türkiye'nin en büyük turbalığını içermektedir. Bu alanlar zengin bitki çeşitliliği ile karakterizedir (Erdem vd, 2017).

Türkiye'nin 122 önemli bitki alanından biri olan Yeniçağa Gölü, ÖBA (Önemli Bitki Alanları) kriterlerine göre, zengin tür çeşitliliği içeren genel habitatlar ve tehlike altındaki doğal habitatlar sınıfına girmektedir. Bern Sözleşmesine göre, 'Tehlike Altındaki Habitatlar: Zengin Kalkerli Turbalıklar' statüsündedir. Yeniçağa Gölü sulak alanındaki bitkiler içinde 12 endemik bitki türü tespit edilmiş olup bu türler IUCN (*The International Union for Conservation of Nature*) kategorilerine göre sınıflandırılmıştır. Buna göre alanda bulunan endemik bitki türlerinden biri de *Tripleurospermum rosellum*'dur. Ayrıca *Chenopodium album* VU (*Vulnerable-Zarar Görebilir*) kategorisinde olup

habitat bozulmasına bağlı olarak zarar görebilir durumdadır. Diğer 11 tür, LR (*Lower Risk-Az Tehdit Altında*) kategorisinde olup az tehdit altındaki türlerdir (Erdem vd., 2017).

İstanbul-Çanakkale üzerinden gelen kuşların göç yolu üzerinde bulunan göl, göç döneminde arı şahini, balık kartalı ve angıt gibi kuş türleri için önemli bir konaklama habitatıdır. Göl; göçmen kuş popülasyonları için yavrulama, dinlenme ve kışı geçirmek için kullanılmaktadır. Ayrıca göl çevresi; turna, şah kartal, balıkçıl, balaban, saz delicesi, uzun bacak gibi türlerin doğal yaşam alanıdır (Anonim, 2011b). En az 183 kuş türü (Kılıç ve Kasperek, 1987; Yazar ve Magnin, 1997), 345 bitki topluluğu (Sümer, 2002) ve altı balık türüne (Kılıç, 2003; Saygı, 2005; Külköyüoğlu vd., 2007) ev sahipliği yapan Yeniçağa Gölü, ‘*Ramsar Sulak Alanları Sözleşmesi*’ne de aday konumundadır (Saygı ve Yiğit, 2011).

Gölde önceki yıllarda ekonomik değere sahip, sazan (*C. carpio*), kadife balığı (*T. tinca*), gümüşü havuz balığı (*C. carassius*), tatlı su kefali (*S. cephalus*), siraz (*C. tinca*) ve kerevit (*A. leptodactylus*) avlanılmaktadır (Kılıç, 2003). Kadife balığı gölden en fazla avlanılan türlerden birini oluşturmaktadır (Kılıç ve Özvarol, 2008). Ayrıca gölde inci balığı (*Alburnus alburnus*), bıyıklı balık (*Barbus* sp.) ve kaya balığı (*Gobio gobio*) türlerinin de bulunduğu tespit edilmiştir (Beklioğlu vd., 2020). Yeniçağa Gölü’ndeki balıkçılık faaliyetleri; gölü kiralayan Yeniçağa Su Ürünleri Kooperatifi tarafından gerçekleştirilmektedir. Gölü kiralayan kooperatifin düzenli kayıt tutmaması sebebiyle yakalanan balık türleri ve miktarları hakkında uzun yılları içeren bilgi bulunmamaktadır.

Türkiye doğal içsu kaynakları, özellikle 2000’li yıllardan itibaren giderek artış gösteren başta kentleşme, tarımsal alanlar için su ihtiyacı, enerji amaçlı su yapıları, fiziksel ve kimyasal kirlilik, turizm ve plansız balıkçılık faaliyetleri gibi çok farklı antropojenik faktörlere maruz kalmıştır. Yeniçağa Gölü de bu süreçte benzer etkilere maruz kalmıştır. Gölde etkin bir yönetim stratejisinin uygulanamayışı sonucunda gerek ekosistemde, gerekse göl sucul ortamında yaşayan canlı kaynaklar üzerinde ciddi tahribatlar meydana gelmiştir. Bu çalışma ile son 15-20 yılda göl ekosisteminde meydana gelen değişimler tespit edilerek, gölde başta ticari balık avcılığı olmak üzere uzun vadeli akılcıl bir göl yönetimi için önerilerde bulunulmuştur.

MATERYAL ve METOT

Alan araştırmaları için Ekim-2017, Haziran-2018, Kasım-2018, Eylül-2019 ve Ocak-2020 gibi ardışık zaman süreçlerinde doğrudan Yeniçağa Gölü ziyaret edilmiş ve göldeki balıkçılığın durumu, karaya çıkarılan av miktarları, balıklandırma gibi aktüel gelişmeler konusunda gölde faaliyet gösteren balıkçı kooperatifinden bilgi alınmıştır. Göldeki makrofaunanın dağılımı ve hedef ticari türlerin bazı temel popülasyon özelliklerini tespit etmek için doğrudan örnekleme çalışmaları planlanmıştır. Popülasyona ilişkin örnekleme çalışmaları Haziran, 2018 periyodunda gerçekleştirilmiştir. Örneklemler gölün avcılık açısından karakteristik olabilecek 7 ayrı lokasyonunda gerçekleştirilmiştir. İstasyonların seçiminde ayrıca gölün çevresindeki sazlık bölgeler, akarsu giriş noktaları, olası kirlilik lokaliteleri, mevcut türlerin yoğun olarak av verdiği alanların özellikleri dikkate alınmıştır (Şekil 1). Bu lokasyonlarda kullanılan farklı göz açıklığına sahip, her biri 100 m uzunluğunda, misina materyalinden oluşan uzatma ağları ve kerevit pinterlerinin kurulacağı istasyonların koordinatları belirlenmiştir. Ayrıca hangi örnekleme istasyonunda hangi göz açıklığına sahip ağın kullanılmasında gölde avcılık yapan balıkçıların görüşü alınmıştır. Tablo 1’de bu ağların özellikleri verilmiştir. Ağlar göle atıldıktan itibaren 12 ile 14 saatlik farklı bekletme sürelerinden sonra kaldırılmıştır.



Şekil 1. Yeniçağa gölünün genel konumu ve örnekleme istasyonları

Her bir ağ tipinden çıkan balıklar türlerine göre tasnif edilmiş ve ağdan çıkan her bir türün toplam sayısı ve ağırlığı kaydedilmiştir (Tablo 1). Daha sonra her bir türden tesadüfî olarak alınan alt örneklerde biyometrik ölçümler (total boy, vücut ağırlığı) cinsiyet teşhisi, gonad gelişim safhası ve gonad ağırlığı tespitleri yapılmıştır.

Tablo 1. Yeniçağa Gölünde Haziran 2018 döneminde gerçekleştirilen alan çalışmalarında makrofaunanın av miktarlarının dağılımı

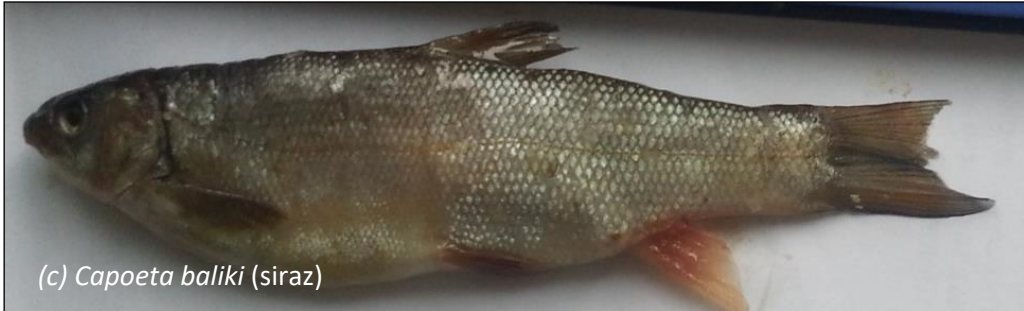
Ağ tipi	Operasyon parametreleri			Av miktarı (adet-kg)						
	Tarih	Süre (saat)	Ağ uzunluğu (m)	<i>Cyprinus carpio</i>	<i>Squalius cephalus</i>	<i>Tinca tinca</i>	<i>Capoeta baliki</i>	<i>Carassius gibelio</i>	Aynalı sazan	<i>Astacus leptodactylus</i>
28 mm	27.6.2018	13	100	-	116-4.1	50-0.73	48-1.6	-	-	-
36 mm	27.6.2018	13	100	-	675-23.3	43-1.1	34-2.2	-	-	-
36 mm (fanyalı)	27.6.2018	13	100	-	1188-77	94-3.3	68-2.3	27-5.9	-	-
60 mm	27.6.2018	13	100	-	326-59.6	14-1.3	-	15-4.3	-	-
70 mm	28.6.2018	12	120	8-12.1	-	-	-	20-11.7	42-6.7	-
80 mm	28.6.2018	12	120	44-44.8	-	1-0.4	-	-	36-9.9	-
85 mm	28.6.2018	14	120	11-19.6	-	-	-	-	12-4.1	-
90 mm	28.6.2018	12	120	9-7.5	-	-	-	-	-	-
Pinter	28.6.2018	12	35 adet	-	-	-	-	-	-	94-4.9

Makrofaunaya ait örneklenen av standardize edilmiş ve birim çabadaki av miktarları kg/saat/ağ (balıklar için 100 m'lik ağ, kerevit için sepet başına av miktarı) cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 1). Araştırmada gölde dağılım gösteren makrofaunaya yönelik örneklemlerin yanısıra, göldeki mevcut balıkçılığın geçmiş ve bugünkü durumunu, karaya çıkarılan avın dağılımını, balıkçı kooperatifinin ve diğer ilgili paydaşların göl yönetimi üzerindeki rolü ve etkilerini ortaya koyacak ve ardışık yılları içerecek şekilde bir seri alan ve gözlem çalışması yapılmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Hedef Türlerle İlişkin Bazı Populasyon Bulguları

Kılıç ve Özvarol (2008) tarafından Yeniçağa Gölü'nde dağılım gösteren makrofauna üzerine yapılan çalışma referans alınarak gerçekleştirilen örneklemelerde toplam 6 balık türü tespit edilmiştir. Ayrıca önceki yıllarda ticari olarak avlanan ve göldeki en önemli bentik faunayı oluşturan kerevit popülasyonu için de örnekleme yapılmıştır. Bu türler sırasıyla; *C. tinca* (siraz), *C. carpio* (pullu sazan), *S. cephalus* (tatlısu kefali) ve *T. tinca* (kadife balığı), *C. gibelio* (gümüşü havuz balığı), kültür kökenli aynalı sazan ve *A. leptodactylus* (kerevit)'tir (Şekil 2). Bu türlere ilişkin boy-frekans dağılımları, bireysel ortalama, minimum, maksimum total boy, vücut ağırlığı ve eşey oranları Tablo 2 ve Şekil 3'te verilmiştir. Diğer taraftan Haziran 2018 döneminde gölde gerçekleştirilen araştırmalarda, karaya çıkarılan her bir türün birim çabadaki av miktarları Şekil 4'te özetlenmiştir.





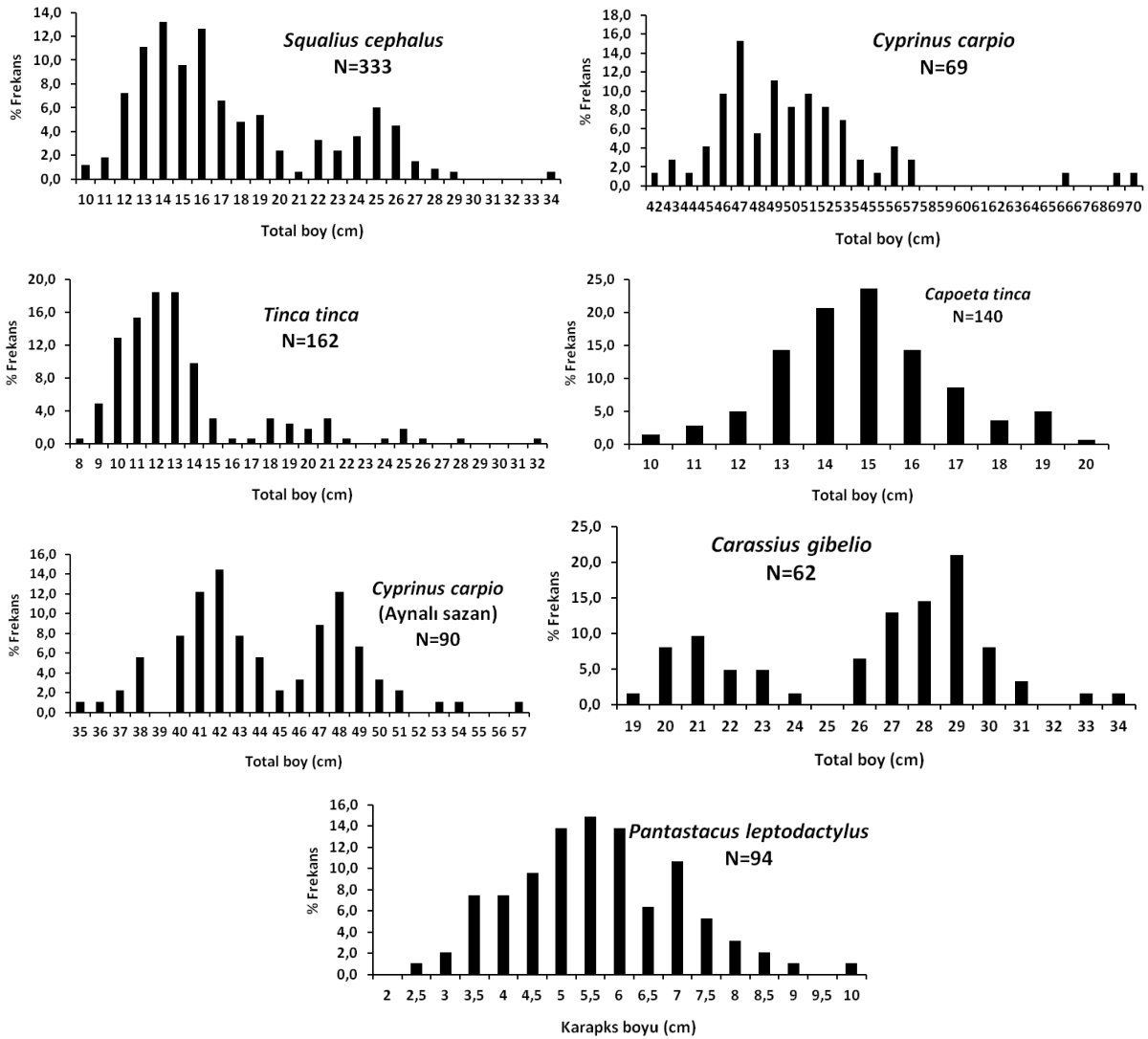
Şekil 2. Yeniçağa gölünde örneklenen türler (26 Haziran, 2018): (a) *Squalius cephalus*, (b) *Tinca tinca*, (c) *Capoeta baliki*, (d) *Aynalı sazan*, (e) *Cyprinus carpio*, (f) *Carassius gibelio* (g) *Astacus leptodactylus*

Tablo 2. Yeniçağa Gölü'nde 2004/2006 ve 2018 avlanma dönemlerinde örneklenen türlerin ortalama, minimum ve maksimum uzunlukları ile yakalama oranlarının karşılaştırılması

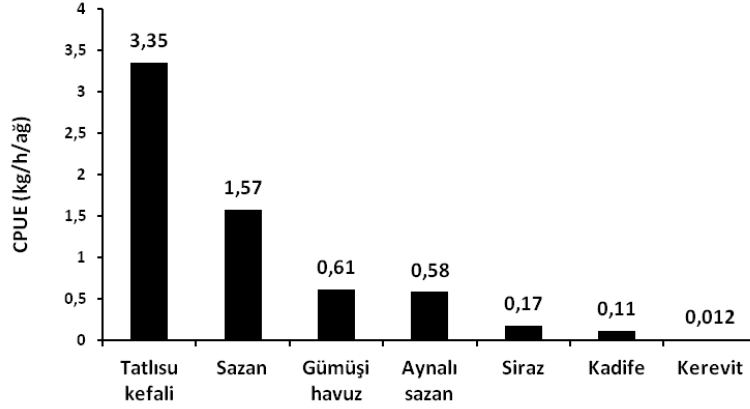
Örnekleme periyodu	2004 (Kılıç vd, 2010)		2006 (Kılıç vd, 2010)		2018 (Bu çalışma)	
	% Av miktarı	Ort. TL (cm) (Min-Max)	% Av miktarı	Ort. TL (cm) (Min-Max)	% Av miktarı	Ort. TL (cm) (Min-Max)
Tatlısu kefali	54.2	22.9 (16-80)	82.0	25.4 (15-30)	77.5	17.8 (10.3-34.6)
Sazan	6.3	50.7 (30-64)	4.9	36.9 (15-70)	2.4	50.1 (42.5-70.0)
Kadife	27.4	30.2 (19-39)	11.8	35.8 (19-64)	2.8	13.8 (8.7-32.6)
Gümüşü havuz	8.4	24.5 (15-30)	1.1	28.4 (25-33)	2.1	28.5 (19.0-34.0)
Siraz	3.4	28.1 (22-32)	0.2	26.1 (24-33)	5.0	15.3 (10.6-20.4)

Aynalı sazan	-	-	-	4.8	44.3 (35.0-57.0)
Kerevit	3.2	-	-	1.4	11.3± (6.0-22.5)

Elde edilen bulgulara göre; Yeniçağa Gölü'ndeki en baskın balık türünün tatlısu kefali olduğu belirlenmiştir. Haziran 2018 döneminde örneklenen tatlısu kefalinin birim çabadaki av miktarı 3.35 kg/saat/ağ olarak hesaplanmıştır. Bunu sırasıyla; 1.57 kg/saat/ağ ile sazan, 0.61 kg/saat/ağ ile gümüşü havuz balığı, 0.58 kg/saat/ağ ile aynalı sazan, 0.17 kg/saat/ağ ile siraz ve 0.11 kg/saat/ağ ile kadife balığı takip etmiştir. Kerevit popülasyonu için tespit edilen birim çabadaki av miktarı ise 0.012 kg/saat/sepet olarak bulunmuştur (Şekil 4). Kılıç vd. (2010) tarafından Yeniçağa Gölü'nde 2000'li yılların ilk yarısında; 2004 ve 2006 yıllarında gölde avlanan ticari balık türleri üzerine gerçekleştirilen bir araştırmada da tatlısu kefali ve sazan popülasyonu ilk iki sırada yer almıştır. Bu çalışmada balık türlerinin oransal av dağılımları sırasıyla; tatlısu kefali %54.2 ve %82, sazan %6.3 ve %4.9, kadife %27.4 ve %11.8, gümüşü havuz balığı %8.4 ve %1.1, siraz %3.4 ve %0.2 olarak bulunmuştur (Kılıç ve Özvarol, 2008) (Tablo 2). Tatlısu kefali üzerine Kılıç vd. (2010) tarafından yapılan çalışmalarda besin rekabeti açısından Yeniçağa Gölü'nde baskın olarak bulunan bu türün üzerinde daha yoğun bir avcılığın uygulanması önerilmiştir.



Şekil 3. Yeniçağa gölündeki makrofaunanın boy-frekans dağılımları



Şekil 4. Yeniçağa gölündeki türlerin birim çabadaki av miktarları

Yaklaşık 15 yıllık bir zaman diliminde, Yeniçağa Gölü'nde dağılım gösteren ticari balık türlerine ilişkin bazı temel popülasyon parametrelerindeki negatif değişimler, göldeki balıkçılık yönetimi uygulamalarının iyiye gitmediğini işaret etmektedir. Her iki çalışmaya ilişkin hedef balık türlerin ortalama, minimum ve maksimum boyları ile sayıca oransal av miktarları Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu süreçte özellikle ana avı oluşturan tatlısu kefali ve sazan popülasyonlarındaki av oranlarındaki düşüşler bu yıpranma için önemli bir göstergedir. 2000'li yılların başında gölde dağılım gösteren ve aynı zamanda gölde baskın durumda olan tatlısu kefalinin sayıca oransal av miktarı %82 iken, bu oran 2018'de %77.5'e düşmüştür. Sazan popülasyonunda oransal av miktarı ise %6.3'den, %2.4'lere düşmüştür. Aynı zamanda hedef balık türlerinin av miktarlarındaki düşüşler ortalama av boylarına da yansımıştır (Tablo 2). Tatlısu kefalindeki ortalama av boyu 24.1 cm'den 17.8 cm'ye, kadife balığının ortalama boyu 32.9 cm'den 13.8 cm'ye, siraz balığının ortalama boyu 30.7 cm'den, 15.3 cm'ye düşmüştür. Sazan avındaki ortalama av boyunda fazla bir değişim görülmemiştir. Bunun örnekleme periyodunun her iki çalışmada da Haziran periyodunda yapılması ve bu dönemde üreme olgusu içerisindeki anaç bireylerin baskın durumda olması ile ilişkili olduğu tahmin edilmektedir.

Diğer taraftan Yeniçağa Gölü'ne 1990'lı yılların sonunda giren (*kişisel görüşme*, 2017), bu ekosisteme hızlı bir şekilde uyum sağlayan ve kısa sürede dinamik bir stok oluşturan gümüşü havuz balığı popülasyonundaki oransal av artışının yanısıra ortalama boy değerindeki artışlar, bu yayılımcı türün gölde halen gelişme gösterdiğine dair önemli bir göstergedir. Kılıç (2003) tarafından yapılan bir örnekleme çalışmasında gölde avlanan hedef türler içerisinde gümüşü havuz balığının av oranı %8.4 olarak belirlenmiştir. Gümüşü havuz balığı yüksek üreme kapasitesi ve çevresel değişimlere olan toleransı ile başarılı bir istilacı türdür. Bu özellikleri sayesinde yeni girdiği habitatlarda çok kısa süre içerisinde baskın hale geçmektedir. Türün 80'li yıllarda Trakya Bölgesinden verilen ilk kaydı takiben ülkemizdeki tatlısu ekosistemlerinde giderek hızla yayılmaya başlamıştır ve ticari olarak av vermeye başlamıştır (Yerli vd., 2014; Zengin vd., 2019). Nitekim Yeniçağa Gölü dahil bugün ülkemizdeki tüm iç suların *C. gibelio* tarafından istila edilmesi bu türün bilinçsizce sucül ortamlara bırakılmasının bir sonucu olabilir (Zengin vd., 2012).

Gümüşü havuz balığının av oranı 2000'li yılların başına göre önemli ölçüde düşmüş ve ticari olmaktan çıkmıştır. Nitekim 2004 yılında yapılan araştırmada Yeniçağa Gölü'ndeki av oranı %8.4 (Kılıç ve Özvarol, 2008) iken, bu araştırmadaki av oranı %2.1 olarak tespit edilmiştir. Bu düşüşün nedenleri üzerinde yapılan değerlendirmelerde öncelikle gölde avcılık yapan balıkçılar ve kooperatif başkanının görüşüne başvurulmuştur. Gümüşü havuz balığı popülasyonunun özellikle üreme dönemini oluşturan Temmuz-Ağustos aylarında göldeki açık sulara göç ettiği, diğer dönemlerde ise sazlık alanlarda barındığı, normal olarak sazlık alanlarda ağların etkin olarak kullanılamamasından dolayı avlanamadığı ve avın ekonomik olmaktan çıktığı ileri sürülmüştür. Bu iddianın tartışılabilir olmasının yanında gümüşü havuz balığı avcılığının gölde ekonomik olmaktan çıkışının başka nedenleri üzerinde de durulmalıdır. Bunlar sırasıyla; avcılık baskısı, besin rekabeti, av-avcı ilişkileri ve göl ekosisteminde meydana gelen negatif faktörler olarak ele alınabilir. Diğer bir yaklaşım da; Yeniçağa Gölü'ne sonradan giren bu istilacı tür genetik darboğaza girmiş olabilir. Bir habitata bulaşan yabancı bir tür o ortama, ilerleyen yıllarda başka habitatlardan aynı türe ilişkin yeni bireylerin katılmaması sonucu genetik risk çıkmazına girebilmektedir. Sürekli olarak kendi gen havuzunda üremeye devam etmesi

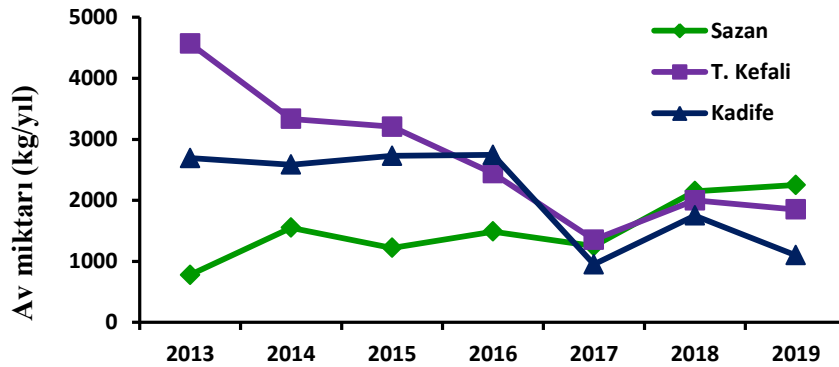
sonucu genetik olarak yozlaşmayla üreme başarısı da azalabilmektedir (Tarkan vd, 2012; Tarkan vd, 2013). Ancak bu konularda göl ekosistemi üzerine yapılacak kapsamlı çalışmalar ile daha kesin sonuçlara ulaşmak mümkün olacaktır.

Göldeki benzer bir süreç kerevit popülasyonu için yaşanmıştır. Göl ekosistemine 1980'li yılların ilk yarısında giriş yapan ve sonraki aşamada; 1980'li yılların sonunda (1989), balıkçı kooperatifinin inisiyatifi ile ticari olarak avcılığın başlanmasıyla kerevit stoğunda son yıllarda önemli ölçüde azalma meydana geldiği ve ekonomik önemini kaybettiği balıkçılar tarafından vurgulanmıştır. Ayrıca 'Yeniçağa Gölü Sulak Alan Yönetimi Raporu'(2014)'nda da kerevit popülasyon yoğunluğunda azalma olduğu ifade edilmektedir. 2004/06 örnekleme çalışmalarında kerevit av oranı ticari türler arasında %3.8 iken, 2018 örnekleme çalışmalarında av oranı %1.4'e düşmüştür (Tablo 2). Bu süreçte; 2013 yılından itibaren kerevit popülasyonu yoğunluğu azalmış (Erdem vd., 2017), ticari avcılığı da piyasadaki talebinin azalması, fiyat politikasının yetersizliğinden dolayı ekonomik olmaktan çıkmış ve göldeki avcılığın son verilmiştir. Bu popülasyonların, yaygın yaşam alanı olarak bulunduğu Türkiye'nin Alaşehir, Beyşehir, Eğirdir, Çivril, Karataş ve Apolyont gibi önemli göllerinde, bulaşıcı olan 'kerevit vebası' hastalığına maruz kalması sonucu kısa sürede popülasyon üzerinde yüksek miktarlarda ölümlere sebep olmuştur (Timur vd, 2010). Bu hastalık Yeniçağa Gölü'ndeki stoklarının azalmasına önemli bir etkidir. Saygı ve Gençay (2019) tarafından Yeniçağa Gölü'nde dağılım gösteren kerevit üzerine yürütülen bir çalışmada; popülasyonun %14'ünün kerevit vebası hastalığına maruz kaldığı saptanmıştır. Çıldır Gölü'ndeki kerevit avı 2012 yılından itibaren kerevit vebasının giderek yaygınlaşması sebebiyle 2019 yılında göldeki avcılığı neredeyse son bulmuştur (Zengin, 2019). Kerevit popülasyonu aynı zamanda sulak alan ekosistemindeki besin zincirinde önemli olup, balıkçıl kuşları, dalarak beslenen ördek türleri ve balıkların beslenmesi bakımından önem taşımaktadır.

Karaya Çıkarılan Ava İlişkin Değerlendirmeler

Günümüzde Yeniçağa Gölü'nde kooperatife ortak balıkçılar tarafından başlıca üç balık türü (sazan, kefal, kadife) üzerinde avcılık faaliyetleri yürütülmektedir. Bu türlerin her biri için Bakanlıkça yıllık av kotası limiti uygulanmaktadır. 2019 yılı için bu üç türün maksimum av kotaları sırasıyla sazan için 2250 kg, kadife için 5000 kg, 'çay balıkları' olarak adlandırılan ve kefal balığının içinde yer aldığı diğer türler için de 8000 kg'lık bir av kotası yer almaktadır. Ancak gölde ticari avcılığı en fazla tercih edilen türler sazan ve kadife balığıdır. Bununla birlikte kadife balığı için ayrılan 5 tonluk kota miktarı, bu türün stoklarının giderek azalmasına bağlı olarak hiçbir zaman bu limite ulaşmamıştır. Son yedi yıl içerisinde (2013-2019) karaya çıkarılan av miktarı maksimum 2.7 ton ile 0.9 ton arasında, azalan bir oranda gerçekleşmiştir (Şekil 5). Kadife balığı popülasyonundaki azalış, onbeş yıllık uzun bir aralıktadır; 2004 ve 2006 yıllarında yürütülen popülasyon çalışmaları ve 2018'de yürütülen bu çalışmada elde edilen oransal av miktarı ve ortalama balık boylarına da yansımıştır (Kılıç ve Becer, 2015) (Tablo 2). Yeniçağa Gölü'nde 2004'te yürütülen çalışmalarda, kadife balığının av oranı %27.4 iken (Kılıç ve Özvarol, 2008) bu çalışmada av oranı %13.8'e düşmüştür.

Yeniçağa Gölü'ndeki ekonomik öneme sahip türlerin başında sazan balığı (*C. carpio*) gelmektedir. Yeniçağa Balıkçı Kooperatifinden sağlanan yıl serisi sazan av miktarlarına bakıldığında, 2013 ile 2019 yılları arasında küçük dalgalanmaların dışında önemli bir değişim görülmemiştir. Aksine av miktarlarında yıllar itibari ile az da olsa küçük artışlar sağlanmıştır. 2019 yılında; bu tür için izin verilen maksimum av kotası sınırına ulaşılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Yeniçağa gölünde kooperatife ortakları tarafından son 6 yılda pazarlanan ticari balık türlerine ilişkin av miktarları (Kaynak: Bolu Tarım İl müdürlüğü kayıtları, 2018 ve Yeniçağa Balıkçı Koop. kayıtları, 2019)

2000’li yıllardan itibaren göldeki çok farklı antropojenik faktörlerin etkisi ile göldeki balık populasyonlarında az-çok azalmalar meydana gelmişken ve amatör balıkçılık faaliyetleri hariç, balıkçılık çabasında/balıkçı sayısında uzun yıllardır herhangi bir değişiklik olmamasına karşın sazın avının aynı kalması, hatta az da olsa artışının nerden kaynaklandığı konusu irdelenmiş ve kooperatif yöneticileri ile yapılan görüşmelerde bunun gölde 2014 yılından itibaren gerçekleştirilen balıklandırma çalışmalarından ileri geldiği görüşü ağırlık kazanmıştır.

Bolu Tarım ve Orman Bakanlığı İl Müdürlüğü kayıtlarına göre Yeniçağa Gölü’nde balıklandırma çalışmaları 2014 yılından itibaren ticari ve amatör balıkçılığı geliştirmek amacıyla başlatılmıştır. Göle dışarıdan kültür kökenli aynalı sazın balığı yavrusu bırakılmaya başlanmıştır. Bu süreçte yıldan yıla atılan balık miktarında değişiklik olsa da göldeki sazın populasyonunun dışarıdan desteklenmesi sürmüştür. 2019 yılından balıklandırma programı çerçevesinde 40 bin adet yavru sazın balığı göle bırakılmıştır. Kooperatif yetkililerinin göle bırakılan sazın yavrularının üç yıl içerisinde yasal av büyüklüğüne ulaştığı rapor edilmiştir. Şekil 5’deki av eğrisinde kültür kökenli sazın av verimi üzerindeki etkisi açıkça görülmektedir. Diğer taraftan aynalı sazın balıklandırma çalışmalarının da ticari avcılığa ciddi bir oranda katkı sağladığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile ortaya konulmuştur.

Çay balıkları olarak adlandırılan ve başta tatlısu kefali ve siraz gibi daha az ticari öneme sahip balıkların av miktarında da yıllara göre önemli bir düşüş kaydedilmesine karşın, bu türler için uygulanan 8 tonluk av kotasına hiçbir dönem ulaşamamıştır. Yukarıda da ifade edildiği gibi bu türler piyasada fazla tercih edilmediği için av seviyeleri de verilen kotaya karşılık düşük kalmaktadır. Yöre halkının ticari öneme sahip olan sazın, kadife gibi balıkların çok miktarda tercih etmesi ve özellikle bu ekonomik balık türlerinin daha fazla avlanması, kefalın göldeki populasyonunu diğer türler lehine arttırmaktadır. Populasyonundaki bu artış besin rekabetinde diğer türlerin aleyhine işlemektedir. Ayrıca masraf ve sarf edilen iş gücü maliyeti açısından değerlendirildiğinde; tatlısu kefalinin ekonomik getirisinin az olması, daha az avlanılmasına yol açmaktadır. Bu sebeplerden ötürü Yeniçağa Balıkçı Kooperatifinin tatlı su kefalini pazarlayabilme konusunda akılcı bir planlama ve strateji geliştirmesinde yarar bulunmaktadır. Göldeki balık türlerinin tümü üzerinde kontrollü ve dengeli bir avcılığın uygulanması; tür çeşitliliğinin ve sürdürülebilirliğinin korunması açısından etkili olacaktır.

Göl Sucul Yönetimi Üzerine Değerlendirmeler

Ülkemizin en önemli turbalık alanlarından birini oluşturan Yeniçağa Gölü’ndeki torf materyali ticari olarak işletilmektedir. Bu faaliyet gölün doğal alanının bozulmasına, dolayısıyla habitat değişimlerine ve tür çeşitliliğinin azalmasına sebebiyet vermektedir. Göl sulak alan bölgesinde torf üretimine temmuz-ağustos dönemlerinde izin verilmektedir. Bu dönem aynı zamanda göldeki balıkların üreme dönemi ve sonrasındaki hassas larval dönemini kapsamaktadır. Bu çalışmada; alan örneklemelerinin gerçekleştirildiği haziran ayının son haftasında (25-29 Haziran, 2018) makroskopik gözlemlere göre gölde dağılım gösteren ergin balık türlerinin halen üreme olgusu içerisinde olduğu görülmüştür. İncelenen örneklerde (sazan, tatlısu kefali, kadife balığı) gonad gelişim safhaları IV olarak tespit edilmiştir. IV. Safhadaki bireyler yumurtlama olgusuna devam eden, sulanmış yumurtalardan oluşmaktadır (Şekil 6). Kılıç (2003) tarafından Yeniçağa gölünde yapılan bir araştırmada da sazın populasyonunun yumurtlama döneminin mayıs-temmuz ayları arasında meydana geldiği saptanmıştır. Hâlbuki Yeniçağa Gölü için yasal av sezonu 15 Haziranda başlamaktadır. 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen 2016-2020 dönemine ilişkin genelgede Yeniçağa gölü için sazın populasyonunun av yasağı 15 Mart-15 Haziran olarak uygulanmaktadır (Anonim, 2016). Haziran örnekleme gölde yaşayan balık türlerinin yumurtlama zamanını belirleme açısından önemli bir dönemdir. Diğer taraftan coğrafik sınırlamalara göre Bolu ilinin de yer aldığı bölgesel sazın populasyonlarının üreme dönemine ilişkin yapılan araştırmalarda üreme başlangıcı 1 Nisan, 15 Mayıs ile üremenin sona erdiği dönem 30 Haziran, 15 Temmuz periyotları olarak bildirilmiştir (Karabatak, 1973; Karabatak, 1977; Düzgüneş, 1985). Kılıç ve Becer (2016) tarafından Yeniçağa Gölü’nde dağılım gösteren kefal populasyonunun üreme özellikleri üzerine yürütülen bir araştırmada, üremenin Nisan-Temmuz arasında meydana geldiği saptanmıştır. Bu araştırmada avcılığı yapılan sazın, tatlısu kefali, kadife balığının gonad gelişim safhaları üzerine yapılan gözlemlerde; av yasağının 1 Nisan-30 Haziran olarak değiştirilmesi daha rasyonel görünmektedir. Yeniçağa Gölü’ndeki av sezonunun yeniden ele alınarak düzenlenmesi gerekmektedir.



Şekil 6. Yeniçağa gölünde 26 Haziran, 2018’de örneklenen bir ergin, dişi sazanındaki olgunlaşmış (VI. Safha) gonad

Bu bağlamda 2014 yılında hazırlanan ‘Sulak Alan Yönetim Planının’ (Erdem vd., 2017) uygulamaya konulması, balık popülasyonlarının dengeli bir şekilde işletilmesi ve devamlılığının sağlanması bakımından mevcut ve olası problemlerin aşamalı olarak çözümde önemli bir rol oynayacaktır. Göle sırasıyla 80’li ve 90’lı yılların sonlarında giriş yapan egzotik iki türün; gümüşü havuz balığı ve kerevit popülasyonların avcılığında da akılcı bir politika geliştirilmelidir. Yeniçağa Gölü’nde bugüne kadar yapılmış olan araştırmalar sonucunda 6 balık türü tespit edilmiştir. Bunlar, Cyprinidae (Sazangiller) familyasından; *C. baliki* (siraz), *C. carpio* (sazan), *C. gibelio* (gümüşü havuz balığı), *S. cephalus* (tatlısu kefali) ve *T. tinca* (kadife balığı) ve kıyı bölgelerde Poeciliidae (Doğuran balıklar)’den *Gambusia holbrooki* (Sivrisinek balığı)’dır. Bunlardan *C. gibelio*, *T. tinca* ve *Gambusia holbrooki* egzotik ve istilacı türlerdir. Ülkemizde genellikle *T. tinca* ve *C. gibelio* balıklandırmak amacıyla, *G. holbrooki* ise sivrisineklerle mücadele amacıyla göl ve göletlere atılmıştır. *C. baliki* ülkemize özgü endemik bir tür olup, Anadolu’nun kuzey ve kuzeybatısındaki Karadeniz’e dökülen nehirlerde ve göllerde bulunmaktadır (İlhan ve Balık, 2005). Göl ile ilgili yapılan diğer çalışmalarda bu balık türlerinin dışında *Carassius carassius* (Kılıç vd. 2010) ve *Carassius auratus* (Saygı ve Demirkalp, 2001) türlerinin de örneklendiği bildirilmektedir. Ancak bu çalışmada bu iki türe rastlanmamıştır. Geldiay ve Balık (2009)’ın ‘Tatlısu Balıkları’ kitabında her iki türün de dağılım alanı olarak Bolu ve civarına ilişkin kayıt bulunmamaktadır. Ancak yakın havzaları oluşturan Sakarya ve Samsun bölgelerinde *C. carassius* kayıtları verilmektedir. Sazangiller familyasına ait bu üç farklı türün Yeniçağa Gölü’ndeki varlığı konusundaki kayıtların tartışmalı olabileceği kanısına varılmıştır. Büyük olasılıkla araştırmacılar tarafından bu türlerin tanımında karışıklığa sebebiyet verilmiş olabilir. Zira her iki araştırmanın yapıldığı dönemlerden önce Yeniçağa Gölü’nde gümüşü havuz balığı av verecek büyüklükte stok oluşturduğu rapor edilmektedir. Bir başka olasılıkta bu iki türün *C. gibelio* ile rekabet edemeyişi nedeniyle göl ekosisteminden çekilmiş olmalarıdır.

Yeniçağa bentik faunası *Asellus aquaticus*, *Dina lineata*, *Helobdella stagnalis*, *Planorbarius corneus* (Erdem vd., 2017) ve *A. leptodactylus* gibi türlerden oluşmaktadır. Kıyı bentiğinde ise sülük faunası yaygındır. Yeniçağa gölü kıyısız sazlık bölgeleri kurbağa popülasyonu (Bataklık kurbağası; *Pelophylax ridibundus*) bakımından oldukça zengin bir biyoçeşitlilik sergilemektedir. Bentik faunanın sulak alan ekosistemindeki besin zincirinde önemli yerleri olup, balıkçıl kuşları, dalarak beslenen ördek türleri ve balıkların beslenmesi bakımından önem taşımaktadır.

Yeniçağa Gölü’ndeki torf materyalinin ticari olarak işletilmesi sucul kuş popülasyonlarının göç yolu üzerinde ve balık popülasyonlarının yaşama alanını oluşturması nedeniyle gölün doğal alanının bozulmasına neden olmaktadır. Gölde torf materyalinin çıkarılan 10 işletme bulunmaktadır. Yeniçağa Gölü Kıyı-Kenar Çizgisi dışında kalan Tampon Bölge sınırları içerisinde turba çıkarımı faaliyeti Doğa

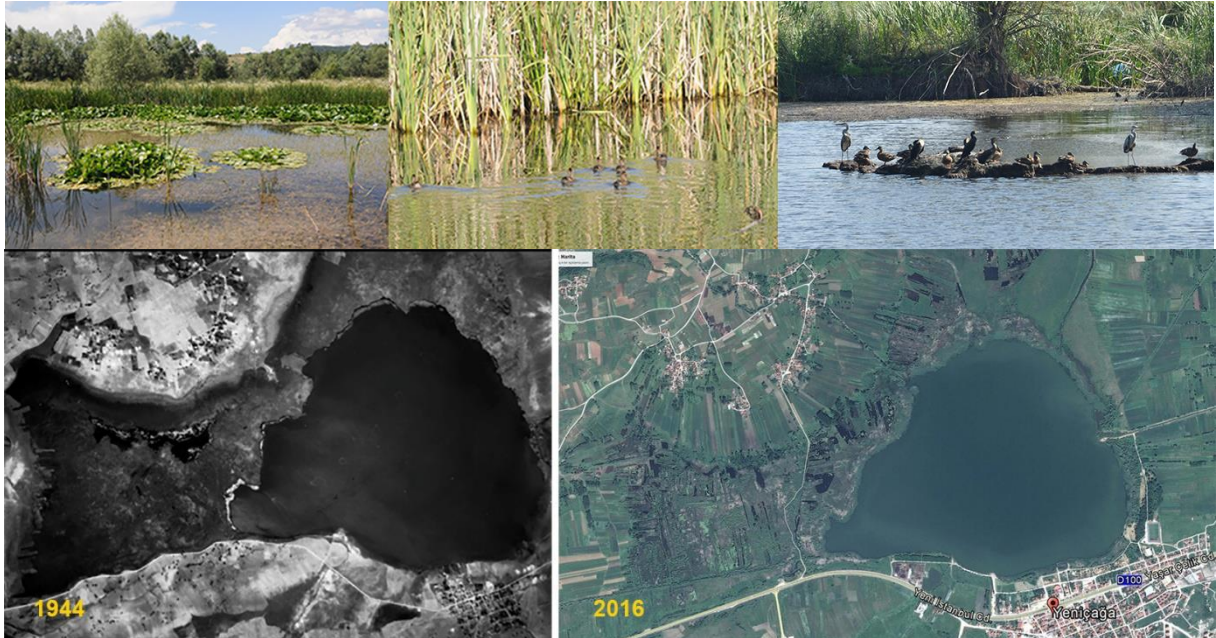
Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü'nün iznine tabiidir. Yeniçağa Gölü kıyı-kenar çizgisi içerisinde kalan kesimlerde, 3621 sayılı Kıyı Kanunu kapsamında turba çıkarımına izin verilmektedir. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğünce bu bölgelerde yeniden değerlendirme yapılarak turba çıkarımı ile ilgili göl ekosistemine etkilemeyecek şekilde bir üretimin planlanması gereklidir.

Yeniçağa Gölü'nün güneyinde; özellikle ilçe merkezine kıyısı olan bölgelerdeki sazlar; geçmişte sökülerek kıyı tahkimatı yapıldığı için bu bölgedeki sazlar daha zayıftır. Göl alanı 1954'te siltmayı, 1969'da taşkınları önlemek amacıyla küçültülmüştür. Bu amaçla açılan kanal; göl seviyesi fazla düşünce 1990 yılında kapatılmıştır. 1944'de alınan hava fotoğrafları ile günümüzdeki uydu görüntüleri karşılaştırıldığında, sazlıkların günümüzde çok daha genişlemiş olduğu görülmektedir (Şekil 7) (Erdem vd., 2017). Bu artışın nedenleri arasında Yeniçağa şehrinin atık suları, tarım alanlarından gelen kimyasallar veya torf çıkarılan alanlardan gelen organik materyalin etkisi olduğu düşünülmektedir. Uydu görüntülerinden yapılan ölçümlere göre sazlık alanların toplamı 64 ha civarındadır (Erdem vd., 2017).

Külköylüoğlu vd. (2007) tarafından Yeniçağa Gölü'nde kerevit popülasyonu ve göl suyundaki ağır metallerin durumu üzerine yürütülen araştırmalarda; ağır metal düzeylerinin yüksek yoğunlukta olduğunu tespit etmişler ve göl suyunun etkisi altında kalan bitki ve balıkların devamlı tüketilmemesi gerektiği uyarısında bulunmuşlardır. Benzer bir bulgu Tunca vd. (2012) tarafından kerevit etinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Yeniçağa Gölü'ndeki su kalitesinin düşük olduğunu göstermektedir. Göl bu şekilde kirlilik unsuru taşıyan deşarjlardan etkilenmektedir.

Balıkçılık Yönetimi Üzerine Değerlendirmeler

Yeniçağa Gölü, ticari ve sportif balık avcılığının yapıldığı ekonomik değeri olan ve bulunduğu coğrafyanın önemli doğal göllerinden biridir. Göldeki ticari balıkçılık faaliyetleri Yeniçağa Su Ürünleri Kooperatifi tarafından organize edilmektedir. Yeniçağa Gölü Balıkçı Kooperatifi 1989 yılında kurulmuştur. Halen hizmet veren kooperatif binası da bu dönemde inşa edilmiştir (Şekil 8). Bu döneme kadar gölde yaşayan kerevit popülasyonunun ekonomik olduğu bilinmiyordu. Kooperatifin kuruluşu ve binanın inşasında kerevitin ticari olarak avlanması önemli rol oynamıştır. İki katlı binanın zemin katında o dönem avlanan kerevitlerin canlılığını koruması için bir seri havuz planlanmıştı. 2010'lu yıllara kadar da bu türün avcılığı yapılmıştır. Ancak günümüzde popülasyonun önemli ölçüde azalmasından dolayı avcılığın son verilmiştir.



Şekil 7. 20. Yüzyılın ortalarında (1944) ve 21. Yüzyılın başlarında Yeniçağa gölü sazlık florasındaki değişim



Şekil 8. Yeniçağa gölü, Balıkçı Kooperatifi binası ve balıkçı teknelerinin barındığı ve ava açıldığı gölün Güney-doğu kıyısı

Bugün kooperatifin ortak sayısı 22'dir. Ancak bu ortakların büyük bir çoğunluğu atıl durumdadır. 8 ortağın avlanma ruhsatı bulunmaktadır. Gölde aktif olarak avlanan tekne sayısı 5'dir. Bu teknelerin boyları 4.9 m ile 6 m arasında değişmektedir. Teknelerden 4'ü motorlu, 1'i ise motorsuzdur. Gölde ticari olarak yapılan balık avcılığında fanyalı uzatma ağları kullanılmaktadır.

Yeniçağa Gölü'nde 15 Mart tarihinde başlayan av yasağı 15 Haziran tarihinde sona ermektedir. Gölde avcılık yapmak isteyen balıkçıları her yıl için kooperatif yönetimi belirlemektedir. Ancak avlanan balıkçı sayısı az olduğundan talep eden her balıkçıya avcılık izni verilmektedir. Aslında aktif balıkçı sayısı yıllık kota miktarına göre belirlenmektedir. Göldeki balık avcılığı için kiralama balıkçı kooperatifi yapmaktadır. Tür miktarları üzerinden belirlenen kira bedeli sözleşmesi 5 yılda bir yapılmaktadır. Son dönem (2014-2019) için gölün kira bedeli 8500 TL/yıl olarak saptanmıştır. Karaya çıkarılan balık avında en önemli problemin pazarlama olduğu kooperatif başkanı tarafından dile getirilmiştir. Her ortak kendi kişisel çabaları ile avını pazarlamaktadır. Başta Yeniçağa ilçesi olmak üzere yerel yerleşimlerde balıkçılığa olan talep çok düşüktür. İlçe merkezinde kooperatifin taze/canlı balık satışı yapacak bir mekânı bulunmamaktadır. Tüketiciler daha çok Bolu merkez ve Düzce'den telefon ile veya ilçeye uğradıklarında bireysel olarak veya ilçeye seyahat ettikleri zamanlarda balık satın almaktadır. Ayrıca balıkçılar mahalle/semt pazarlarında da satış yapmaktadır. Sonuç olarak gölde avlanan balıklar için organize bir pazarlama olgusundan bahsedilemez.

Yeniçağa Gölü'ndeki balıkçılığın ticari boyutuna bakıldığında, gerek kooperatifin pazarlamada etkin olmayışı, gerekse aktif balıkçıların, balıkçılığı yan iş, ikinci, üçüncü iş olarak yapmalarının da payı büyüktür. Hiçbir balıkçı yaşamını balıkçılıktan temin etmemektedir. Balıkçılık aile gelirine sadece belirli oranda katkı sağlamaktadır. Bu açıdan bakıldığında balıkçıların yaş ortalaması yüksektir. Genç kuşaktan kimsenin balıkçılığa karşı ilgisinin olmadığı görülmüştür.

Yeniçağa Gölü ülkemizde amatör balıkçılığın en yoğun olarak yapıldığı alanların başında gelmektedir. Özellikle yaz periyodunda, hafta sonları, 100-300 arasında amatör balıkçı gölde avlanmaktadır. Gölde olta balıkçılığının disipline edilmesi için Balıkçı Kooperatifi, Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü ve Belediye tarafından bir seri önlem alınmıştır. Buna karşın Yeniçağa Gölü'nün en önemli sorunlarının başında kontrolsüz ve gelişigüzel yapılan amatör balıkçılık gelmektedir. Kooperatif yönetimi ve balıkçılar da en fazla bu konudan şikâyet etmektedir. Bölgenin en önemli ve giderek popüler olmaya aday Yeniçağa mesire alanı hafta içi ve hafta sonu yakın bölgeden (Gerede, Bolu, Düzce) gelen tatilcilerin adeta akınına uğramaktadır. Şüphesiz bu aşırı amatör balıkçı sayısı, ticari türlerin üzerinde baskı oluşturmakta, sonuçta gölü kiralayan gerçek balıkçıların av etkinliğinin azalmasına sebep olmaktadır.

Yeniçağa Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü tarafından 2016 yılından itibaren başlatılan denetimlerde bu konuda önemli sayılabilecek bir ilerleme kaydedildiği görülmüştür. Denetimler sonucunda 2016 yılında 24 amatör balıkçıya toplam 7848 TL idari para cezası uygulanmıştır. Bu uygulama sonucu 2017 yılındaki cezalarda önemli bir azalmanın meydana geldiği görülmüştür. 2017 denetimlerinde 4 kişiye 1356 TL idari para cezası uygulanmıştır. Göl kooperatif tarafından kiralanan ve buradaki avcılık aktivitelerinde kooperatif yönetiminin de sorumluluğu

bulunmaktadır. Buna karşın bu konuda kooperatif yönetiminin etkin bir rol üstlendiği söylenemez. Bir taraftan amatör balıkçıların ticari stoklar üzerindeki olumsuz etkisinden söz ederken, diğer taraftan bu konuda alınacak tedbirlere yeterince iştirak edememektedir.

SONUÇ

Yeniçağa Gölü için 2014 yılında hazırlanan ve uygulamaya konulan ‘Sulak Alan Yönetim Planının’ birçok kamu ve sivil toplum kuruluşlarından paydaşı bulunmaktadır. Bu paydaşlardan biri de Yeniçağa Belediyesi’dir. Hazırlanan bu plan doğrultusunda Belediye ve diğer paydaşların katkısı ile 2015 yılından beri göl çevresinde birçok önemli gelişmeler sağlanmıştır. Mesire alanı, parklar, uyarıcı tabelaların yanı sıra Belediye tarafından göl üzerinde turizm amaçlı bir gezinti yatının faaliyete geçmesine ve bu yat için bir yüzer iskelenin inşasına izin verilmiştir. Son derece izole bir yapıya sahip olan ve temiz su girdisi sınırlı olan Yeniçağa Gölü’ndeki yaz turizmini canlandırmaya yönelik bu faaliyetin balık stokları üzerinde olası negatif etkileri yüksektir. Gürültü kirliliğinin yanısıra, sintine suyu, ilçenin katı ve sıvı atık vb gibi olumsuz etkilerin yanısıra yaz avcılığında, ticari ağlara da zarar verme riski bulunmaktadır. Göldeki mevcut ve olası sorunların giderilmesi ve daha rasyonel, sürdürülebilir bir balıkçılık yönetimi için gölde daha kapsamlı bir araştırmanın yürütülmesi gerekmektedir. Bunun da ötesinde göldeki ekonomik türlerin avcılığının sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için karaya çıkarılacak av miktarının tespitine yönelik stok izleme programları uygulanmalıdır. Biyolojik sonuçlar ile birlikte mevcut balıkçılık yönetimine ilişkin kriterlerin (uygulanmış avcılık sezonu, amatör balıkçıların durumu, göldeki değer aktiviteler; torf işletmeleri, yat turizmi, kentsel atık su deşarjları gibi) birlikte ele alınması; göl sucul ekosistemi, balık popülasyonlarının dengeli bir şekilde işletilmesi ve devamlılığının sağlanması bakımından önemlidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada alan çalışmalarında araştırma ekibine lojistik destek sağlayan ve göldeki geçmiş ve aktüel balıkçılığın durumu hakkında her türlü bilgiyi sunan Yeniçağa Balıkçı Kooperatif Başkanı Ali Gülmez’e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2011a. <http://www.bolu.gov.tr/documents>, 2011.
- Anonim, 2011b. http://www.bolu.gov.tr/yenicaga_golu, 2011
- Anonim (2018). Bolu Meteoroloji İl Müdürlüğü, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Rasat Kayıtları. <https://www.mgm.gov.tr/tahmin/il-ve-ilceler.aspx?il=Bolu>
- Anonim (2016). 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No:2016/35), Sayı: 29800, (s. 68). <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160813.pdf>
- Beklioğlu, M., Bucak, T., Levi, E.E., Erdoğan, Ş., Özen, A. (2020). [Influences of climate and nutrient enrichment on the multiple trophic levels of Turkish shallow lakes. Journal Inland Waters. Volume 10, Issue 2, doi: 10.1080/20442041.1746599.](https://doi.org/10.1080/20442041.1746599)
- Biçer, İ. (1966). Bolu-Gerede-Yeniçağa Havzasının Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ 1306/11 HJ, (s.49).
- Demirkalp, Y., Saygı, Y. (2001). Yeniçağa Gölü’nde yaşayan ekonomik öneme sahip balık türlerinin büyüme ve beslenme özellikleri. Hacettepe Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 98.01.601.002. [www.researchgate.net > publication > 274055237](http://www.researchgate.net/publication/274055237)
- Doğan, M., Kızılkaya, B. (2010). A preliminary assessment of the water and air quality parameters in and around the Lake Yeniçağa coast. J. Black Sea/Mediterranean Environment Vol. 16(2): 167-194.
- Düzgüneş, E. (1985). Mogan Gölünde Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) Popülasyonu Dinamiği Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 91s.
- Erdem, O., Bozok, G., Özbahar, İ. (2017). Yeniçağa Gölü Sulak Alan Yönetimi Planı. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Doğa Araştırmaları Derneği, Proje Sonuç Raporu, (s.118).
- İlhan, A., Balık, S. (2005). Batı Karadeniz Bölgesi İçsularının Balık Faunası. Su Ürünleri E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 2008, 25(1): 75-82. www.egejfas.org
- Geldiay, R. Balık S. (2009). Türkiye Tatlı Su Balıkları. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yayınları, yayın no: 166, 6. Baskı, ISBN: 978-975-483-731-5, 519 s.
- Karabatak, M. (1973). Mogan Gölü’ndeki Sazan (*Cyprinus carpio* L.)’nin Üreme Biyolojisi. Master tezi, Ankara Üniv. Fen Fak.
- Karabatak, M. (1977). Hirfanlı Barajındaki Sudak (*Stizostedion lucioperca* L.) ve Sazan (*Cyprinus carpio* L.,) Popülasyonlarında En Küçük Av Büyüklüğü, Ankara, TÜBİTAK, Proje No: TBAG- 173, Ankara.

- Kılıç, A., Kasperek, M. (1987). Birds of Turkey: The Birds of Yenicaga Lake. Ornithological Society of the Middle East Heidelberg.
- Kılıç, S. (2003). Yeniçağa Gölündeki Sazan (*Cyprinus Carpio* L., 1758) Populasyonu ve Avcılığı, Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (s. 81).
- Kılıç, S., Özvarol, A. B. (2008). Yeniçağa Gölünün (Bolu) Av Kompozisyonunun Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma. SÜMDER Su Ürünleri Mühendisleri Dergisi, Sayı: 33-34, 18-21.
- Kılıç, S., Özvarol, A. B., Yılmaz, S., Özvarol, Y. (2010). Yeniçağa Gölünde (Bolu) Balıkçılık, Balık Populasyonları ve Sürdürülebilir Balıkçılık Yönetimi. e-Journal of New World Sciences Academy, 2010, 5(4), Article Number: 5A0055. [dergipark.org.tr > download > article-file](http://dergipark.org.tr/download/article-file)
- Kılıç, S., Becer, Z. A. (2015). Yeniçağa Gölü'ndeki (Bolu) Kadife Balığı (*Tinca tinca* L., 1758) Popülasyonunun Ölüm Oranları ve Stok Büyüklüğünün Tahmini. SDÜ, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 11(1):1-9. ISSN: 1300 - 4891E. Dergi ISSN: 1308-7517 <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/esufd>
- Kılıç, S., Becer, Z. A. (2016). Growth and reproduction of chub (*Squalius cephalus*) in Lake Yeniçağa, Bolu, Turkey. *Int. J. Agric. Biol.*, 18: 419–424. doi: 10.17957/IJAB/15.0106 <http://www.fspublishers.org>
- Külköylüoğlu, O., Dügel, M., Kılıç, M. (2007). Ecological requirements of Ostracoda (Crustacea) in a heavily polluted shallow lake, Lake Yeniçağa (Bolu, Turkey). *Hydrobiologia*, 585, 119-133. doi: [10.1007/978-1-4020-6418-0_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6418-0_10)
- Saygı, Y., Demirkalp, F. Y. (2004). Primary production in shallow eutrophic Yenicaga Lake (Bolu, Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(2), 98-104. <https://www.researchgate.net/publication/273948493>
- Saygı, Y. (2005). Seasonal succession and distribution of zooplankton in Yeniçağa Lake in northwestern Turkey, *Zoology in the Middle East*, 34:1, 93-100, doi: 10.1080/09397140.2005.10638088 <http://dx.doi.org/10.1080/09397140.2005.10638088>
- Saygı, Y., Yiğit, A. S. (2011). Heavy metals in Yeniçağa Lake and its potential sources: soil, water, sediment, and plankton. *Environ Monit Assess.* 184(3): 1379-1389, doi: 10.1007/s10661-011-2048-0.
- Saygı, Y., Gençay, İ. (2019). Yeniçağa Gölü'ndeki (Bolu) Kerevitlerin (*Astacus leptodactylus*) Populasyon Parametreleri Üzerine Araştırmalar. Proje Sonuç Raporu. Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi. <http://hdl.handle.net/11655/6512>
- Sümer, N. (2002). Flora of Yeniçağa. University of Abant İzzet Baysal, Dept. of Biology Msc. Thesis.
- Tarkan, A. S., Ekmekçi, F. G., Vilizzi, L., Copp, G. H. (2013). Risk screening of non-native freshwater fishes at the frontier between Asia and Europe: first application in Turkey of the fish invasiveness screening kit. *30(2)*, 392-398 P. <https://doi.org/10.1111/jai.12389>
- Tarkan, A. S., Gaygusuz, Ö., Gaygusuz, Ç. G., Saç, G., Copp, G. H. (2012). Circumstantial evidence of gibel carp, *Carassius gibelio*, reproductive competition exerted on native fish species in a mesotrophic reservoir. *19(2)*, 167-177 p. [Special Issue: New Approaches for Assessing the Impacts of Non-native Freshwater Fishes in the Mediterranean Region. https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00839.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00839.x)
- Timur, G., Timur, M., Diler, Ö. (2010). Türkiye'de Kerevit Vebası Hastalığının Bazı Göllerdeki Kerevit Stoklarına Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi Cilt:6 Sayı:2 (2010) 31.
- Tunca, E., Atasagun, S., Saygı, Y. (2012). Yeniçağa Gölü'nde (Bolu-Türkiye) Su, Sediment ve Kerevitteki (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikimi Üzerine Bir Ön Çalışma. *Ekoloji* 21, 83, 68-76. doi: 10.5053/ekoloji.2012.838
- Yarar, M., Magnin, G. (1997). Türkiye'nin Önemli Kuş Alanları. Doğal Hayatı Koruma Derneği Yayını. Kitap, İstanbul, Türkiye, ISBN: 975-96081-6-2, (s. 317). d2hawiiim0tjbd8.cloudfront.net
- Yerli, S.V., Mangıt, F., Emiroğlu, Ö., Yeğen, V., Uysal, R., Ünlü, E., Alp, A., Buhan, E., Yıldırım, T., Zengin, M. (2014). Distribution of Invasive *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Teleostei: Cyprinidae) in Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 581-590 (2014), www.trjfas.org, ISSN 1303-2712, doi: 10.4194/1303-2712-v14_2
- Zengin, M., Yerli, S.V., Dağtekin, M., Akpınar, İ.Ö. (2012). Çıldır Gölü Balıkçılığında Son Yirmi Yıla Meydana Gelen Değişmeler. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 8 (2): 10-24. E-ISSN: 1308-7517 Eğirdir [http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/esufd/](http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/esufd)
- Zengin, M., Dağtekin, M., Akpınar, İ.Ö. (2019). Biological Traits of Invasive Silver Prussian Carp (*Carassius gibelio*, Bloch, 1782) in the Lake Çıldır, North-Eastern Anatolia (Turkey). Joint ESENIAS and DIAS Scientific Conference and 9th ESENIAS Workshop. Species, ecosystems and areas of conservation concern under threat from the invasive alien species. Book of abstracts, 03–06 September 2019, Ohrid, Republic of North Macedonia.
- Zengin, M. (2019). Geçmişten Günümüze Çıldır Gölü Balıkçılığındaki Gelişmeler/Developments of Çıldır Lake Fisheries From the Past Up the Present Day. Uluslararası Toplum ve Kültür Araştırmaları Derneği, 3-5 Ekim, 2019. Bildiriler Kitabı, s: 566-604.

First Record of *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) in the Gulf of Antalya (Turkey)**Mehmet GÖKOĞLU^{1*}**, **Mehmet Rüştü ÖZEN²**¹Akdeniz University, Fisheries Faculty/Antalya Turkey.²Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty/Turkey*Corresponding author: gokoglu@akdeniz.edu.tr**Research Article**

Received 18 February 2021; Accepted 20 April 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Gökoğlu, M., & Özen, M. R. (2021). First record of *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) in the Gulf of Antalya (Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 505-507. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.882673>**Abstract**

During the research in the grand port area of Antalya (coordinates: 36. 829022N; 30. 603739 E), it was observed that a very rare fish belonging to the Trachipteridae family was stranded in the Mediterranean Sea. The length of the fish, which weighs 400 g (TW = 400g), has been measured as 85cm (TL = 85cm). The fish without anal fin has a dorsal fin with red colour and soft rays, extending from the dorsal to the caudal region. In the examination made; it has been understood that this fish is Ribbon fish, *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) which are rare fish in the Mediterranean Sea. In a review of previous studies, it was previously understood that this species was not given in the Gulf of Antalya. In the study, the Ribbon fish, *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789), is presented as a new record in the Gulf of Antalya (Turkey).

Keywords: Ribbon fish, *Trachipterus trachipterus*, rare species, Gulf of Antalya, Mediterranean Sea.

Trachipterus trachipterus*'un (Gmelin, 1789) Antalya Körfezi'nde (Türkiye) İlk Kaydı*Özet**

Antalya'nın büyük liman bölgesinde (coordinates: 36. 829022N; 30. 603739 E) yapılan bir araştırmada, Trachipteridae familyasına ait Akdeniz'de çok nadir görülen bir balığın karaya vurduğu görülmüştür. 400 gr (TW = 400 gr) ağırlığındaki balığın boyu 85cm (TL = 85cm) olarak ölçülmüştür. Anal yüzgeci olmayan balığın, dorsal bölgeden kaudal bölgeye kadar uzanan; kırmızı renkli ve yumuşak ışınlı dorsal yüzgeci görülmüştür. Yapılan incelemede; bu balığın Akdeniz'de ender bulunan kurdele balıkları *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) olduğu belirlenmiştir. Daha önceki çalışmalar gözden geçirildiğinde, daha önce bu türün Antalya Körfezi'nde verilmediği anlaşılmıştır. Çalışmada, kurdele balığı *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) Antalya Körfezi'nde (Türkiye) yeni bir kayıt olarak sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kurdele balığı, *Trachipterus trachipterus*, nadir tür, Antalya Körfezi, Akdeniz.

INTRODUCTION

Very little is still known in mesopelagic communities belonging to the biodiversity of Mediterranean fishes. Among the deepwater species, members of the family Trachipteridae Swainson, 1839 (Lampriformes) are rare. They are represented by 10 species in 3 genera (*Desmodema*, *Trachipterus* and *Zu*). Of these, only species *Trachipterus arcticus* (Brünnich, 1788), *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) *Zu cristatus* (Bonelli, 1819) have been reported to be in the Mediterranean Sea (Macali *et al.*2020). *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) is an open sea fish belonging to the family Trachipteridae, which can reach up to 3 meters in length, living in the mesopelagic region in the tropical and subtropical seas of the world (Borne and Voltolina, 2006).

There is not much information about this fish, which is a very rare species in the Mediterranean. Most of the records are related to the presence of dead animals stranded on the coasts. This fish generally lives in the depth of 100 - 600 meters and swims with its head up. It feeds on squid and mid-water fishes. Juveniles swim near the surface, trailing elongate dorsal and pelvic fin rays, to resemble the trailing tentacles of jellyfish (Lipej *et al.*, 2018).

T. trachipterus is occasionally caught by trawls, gillnets, and long lines. Ribbon fish are seen dead, floating on the surface, or drifting to the beach by waves or tides (Borne and Voltolina, 2006).

Common name of fish in different countries: Ribbons (Turkey), Dealfish; Ribbon fish (English), Argentina, Poisson ruban (France), Band fish (Deutschland) (Quero *et al.*, 1990).

In the research, The Ribbon fish, *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789), was aimed to presentation as first record in the Gulf of Antalya.

In a study conducted on 10 April 2020; a land-striking fish was found in the Antalya Grand harbor area (coordinates: 36.829022 N; 30.603739 E) (Figure 1). The fish, whose height and weight was measured, was immediately photographed and dropped back to the sea.

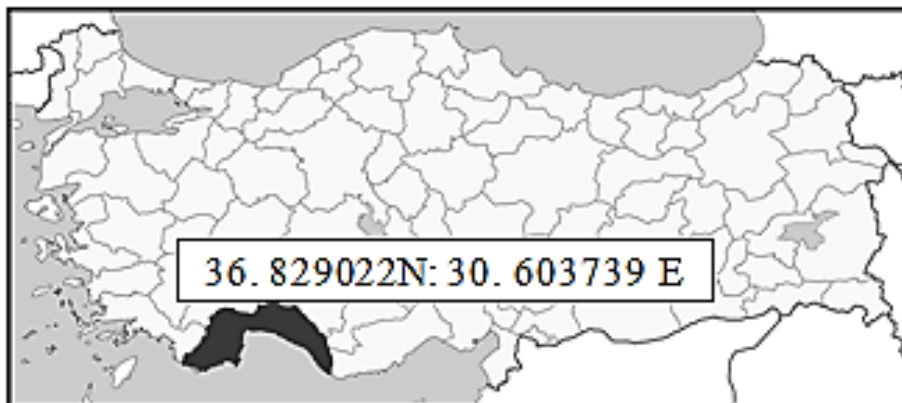


Figure 1. Sampling area (Gulf of Antalya, Turkey).

Fish without an anal fin has a dorsal fin that is red-colored and soft-rayed, continuing from the back of the head to the tail area on the dorsal. Its pectoral and pelvic fins are also red in color and thin. He has large eyes on both sides of his blunt head. The body of the fish without scales is bright silvery in color, and two rounds, a large and pronounced dorsal line, and two smaller round spots on the ventral line were noted just above the linea lateralis. Its mouth is small and anteriorly shaped. The length of the fish, which weighs 400 g (TW = 400g), has been measured as 85cm (TL = 85cm). Considering these distinctive features, the fish was found to be the rare ribbon fish *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea (Figure 2).



Figure 2. *Trachipterus trachipterus* from in the Gulf of Antalya (Turkey)

T. trachipterus is one of the very rare fish species in the Mediterranean (Mytilineou et al., 2013; Lipej et al., 2018). This fish was reported from the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea) (Borme and Voltolina 2006; Lipej et al., 2018), from NCA off northern Cephalonia Island in 488 m depth (Mytilineou et al., 2013), and from the Aegean Sea, Turkey (Yapıcı, 2019).

Given all these features mentioned in other studies, it has been confirmed that the fish is a ribbonfish. However, although previous studies have reported records of this species in Turkey in the Eastern Mediterranean and Aegean Seas; its presence in the Gulf of Antalya (Turkey) has been revealed for the first time by this research. With this article, a new species has been added to the diversity of fish living in the Gulf of Antalya.

REFERENCES

- Aguiar, A., & J.C. Quéro (1990). Trachipteridae. Vol. 2; 647-649. [In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post & L. Saldanha (eds.)]. Checklist of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris.
- Borme, D., & Voltolina, F. (2006). On the occurrence of the Ribbon fish *Trachipterus trachipterus* in the Gulf of Trieste. Ser. Hist. Nat. *Annales*, 16 (2), 181-188.
- Lipej, L., Trkov, D., & Mavric, B., (2018). Occurrence of Ribbonfish (*Trachipterus trachipterus*) in Slovenian waters (Northern Adriatic Sea). Ser. Hist. Nat. *Annales*, 28 (2), P129-134.
- Macali, A., Semenov, A., Paladini de Mendoza, F., Dinoi, A., Bergami, E., & Tiralongo, F. (2020). Relative Influence of Environmental Factors on Biodiversity and Behavioural Traits of a rare Mesopelagic Fish, *Trachipterus trachipterus* (Gmelin, 1789), in a Continental Shelf Front of the Mediterranean Sea. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8), 58, 1-13. <https://doi.org/10.3390/jmse8080581>
- Mytilineou, C., Anastasopoulou, A., Christides, G., Bekas, P., Smith, C.J., Papadopoulou, K.N., Lefkadiou, & E., Kavadas, S. (2013). New records of rare deep-water fish species in the Eastern Ionian Sea (Mediterranean Sea). *Journal of Natural History*, 47(25-28) 1645-1662. <https://doi.org/10.1080/00222933.2013.775372>
- Yapıcı, S. (2019). New and additional records of rare fish species from the Anatolian Coasts of Turkey. *Mugla Journal of Science and Technology*, 5(1), 13-16. <https://doi.org/10.22531/muglajsci.481750>

The Usage of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal as Alternative Protein Source in Carp Diets (*Cyprinus carpio*)

Hasan DOĞAN¹ , Funda TURAN^{1*} 

¹Faculty of Marine Science and Technology, İskenderun Technical University, 31200 İskenderun, Hatay, Turkey

*Corresponding author: funda.turan@iste.edu.tr.

Research Article

Received 28 February 2021; Accepted 25 June 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Doğan, H., & Turan, F. (2021). The usage of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as alternative protein source in carp diets (*Cyprinus carpio*). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 508-514. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.887967>

Abstract

A seventy-five-day feeding study was performed to investigate the usage of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as an alternative protein source in carp diets (*Cyprinus carpio*). In this study, experimental fish were fed with four different diets (fish meal-based without Black soldier fly larvae (BSFL) meal (BSFL0), 50% (BSFL50), 65% (BSFL65), and 75% (BSFL75) of fish meal substitution with BSFL), with triplicate. The carps (1.045±0.083 g) were randomly stocked into twelve flow-through tanks with a density of 50 fish per tank and reared for 75 days. Diet feed was provided to carps as a proportion of their biomass (5% of their mass per day) with two meals a day. Carps fed with BSFL65 meal showed positive effects on weight gain (WG), specific growth rate (SGR), protein efficiency ratio (PER), apparent net protein utilization (ANPU), and feed conversion ratio (FCR). There were significant differences in moisture, crude protein, lipid, and ash content in the whole body among dietary groups ($P<0.05$). The protein content of the carp-fed BSFL75 diet group (20.22%) was significantly the highest among all three diet groups. Consequently, a BSFL meal can be considered as an alternative animal source of protein for the carp diet.

Key Words: *Hermetia illucens*, Insect meal, Fish meal replacement, Common carp.

Sazan (*Cyprinus carpio*) Diyetlerinde Alternatif Protein Kaynağı Olarak Siyah Asker Sineği (*Hermetia illucens*) Larvası Ununun Kullanımı

Özet

Yetmiş beş günlük besleme çalışmasında, Sazan (*Cyprinus carpio*) diyetlerinde alternatif protein kaynağı olarak Siyah Asker Sineği (*Hermetia illucens*) Larvası Ununun kullanım imkânları araştırılmıştır. Çalışmada, üç tekrerrürlü olmak üzere, ASSL0 (Kontrol diyet grubu: sadece Balık unu), ASSL50 (Balık ununa ikame %50 ASSL), ASSL65 (Balık ununa ikame %65 ASSL) ve ASSL75 (Balık ununa ikame %75 ASSL) olacak şekilde dört farklı diyetle deneme balıkları beslenmiştir. Ortalama başlangıç ağırlıkları 1,045±0,083 g olan sazanlar (*Cyprinus carpio*) sürekli su akışının sağlandığı 12 adet tanka tesadüfi olarak ve her bir tanka stok yoğunluğu 50 adet olacak şekilde stoklanmış ve 75 gün süre ile besleme çalışması devam etmiştir. Deneme yemleri sazanlara vücut ağırlıklarının %5'i oranında sabah ve akşam olmak üzere günde iki kez verilmiştir. Deneme periyodu sonunda, ASSL65 diyet grubunda ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, protein etkinlik oranı, net protein kullanım oranı ve yem değerlendirme oranı pozitif yönde etkilenmiştir. Diyet grupları arasında nem, ham protein, yağ ve kül içeriği açısından önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($P < 0,05$). ASSL75 diyet grubunun protein içeriği (% 20.22), diğer diyet grupları arasında önemli ölçüde yüksek seviyede bulunmuştur. Sonuç olarak, Siyah asker sineği larvası unu sazan diyeti için alternatif hayvansal protein kaynağı olarak düşünülebilir.

Anahtar Kelimeler: *Hermetia illucens*, Böcek unu, Balık unu ikame, Sazan

INTRODUCTION

Nutrition demand in aquaculture production is the most important factor because it comprises about 50% of the production costs. Fish meal is an important ingredient in aquatic feeds due to its highly digestible protein, amino acids, and also being palatable. However, the increasing demand for fishmeal and unbalanced fishmeal production caused the cost of aquaculture production to increase. The limited availability of natural resources and increasing prices have led both producers and researchers to

alternative protein sources with less expensive and protein-rich animal or plant ingredients (Davis and Arnold, 2000; Zhou and Yue, 2012).

An insect is the ecosystem's largest community of organisms. In recent years, with the continual exploration and use of insect resources, the insect industry is gradually forming a healthy model of ecological development along with the agricultural industry and animal husbandry such as processing as feed protein (Sánchez-Muros et al., 2014). Besides, insects have attracted the attention of researchers due to their shorter production time and rich nutritious contents (Khan, 2018). In aquaculture, one of the most promising insect species for commercial operation is the Black soldier fly (*Hermetia illucens* L.). It has been reported that black soldier fly larvae contain 42.1% crude protein and the defatted black soldier fly larvae contain 56.9% crude protein (Makkar et al., 2014), which can be used as an alternative protein source as part of the natural diet of fish meal. Furthermore, the Larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) is one of the valuable feedstuffs, and has a better amino acid profile, and can replace better fish meal than soybean meal (Tran et al., 2015).

In many parts of the world, *H. illucens* is effectively used as a partial substitute of dietary fish meal in practical diets for finfish (freshwater and marine fish species) (Fasakin et al., 2003; Riddick, 2013; Magalhães et al., 2017; Belghit et al., 2019), shrimp (Cummins et al., 2017) and freshwater crustacean diets (Langer et al., 2011; Riddick, 2013). Li et al (2017) reported that at least 50% of fish meal protein could be replaced with black soldier fly meal without any adverse effects on growth performance, and digestive enzyme activities of juvenile Jian carp. Also, in the same study, it was observed that dietary stress and intestinal histopathological damage were observed when the level of soldier fly meal used exceeded 75% instead of fish meal. However, research on the optimum usage/application of black soldier fly larvae in the carp diet was scarce in the literature studies. Therefore, it has been revealed that studies should be conducted to determine the optimum usage rates of black soldier fly larvae in carp diets.

With this background, this study aims to investigate the effects of *H. illucens* larvae meal on growth performance, feed utilization, and body composition in common carp, to provide reference information for optimum usage rates of Black Soldier Fly larvae meal as a protein source.

MATERIAL and METHODS

Experimental Diets

The control diet (BSFL0) represented a commercial (Fish meal, FM100) diet where 50% of the oil was from a vegetable source (soya oil) and 50% from fish oil. The control diet (FM100) contained a 20 g 100 g⁻¹ fish meal, which was gradually replaced by Black Soldier Fly (BSFL) larvae. Black soldier fly eggs were taken from Tamer Calikoglu Ankara, Turkey. The resulting larvae were grown in plastic containers (400×600×150 mm) in a climate chamber at 26–27°C and 60%–70% humidity and were regularly fed restaurant waste once a day for 15 days. Restaurant waste was obtained from a student restaurant at Iskenderun Technical University and contained potatoes, rice, pasta, and vegetables. All larvae were harvested from a plastic container on day 15. Then, the larvae were washed in distilled water, drained, and smashed into a pulpous state with a pulverizer. So, BSFL larvae meal (40% protein, 45% lipid, 4800 Kcal kg⁻¹) were obtained for this experiment. The standard feed contained the ingredients; fishmeal (60% protein, 12% lipid, 2600 Kcal kg⁻¹), meat-bone meal, soybean meal, canola meal, cottonseed meal, sunflower meal, wheat bran, bentonite, mono-calcium, vitamin mixture. Three experimental diets were formulated, in which 50% (BSFL50), 65% (BSFL65), and 75% (BSFL) of the FM was replaced with BSFL, corresponding to dietary BSFL inclusion levels of 10 g 100 g⁻¹, 13 g 100 g⁻¹ and 15 g 100 g⁻¹, respectively (Li et al., 2017) (Table 1). The same ingredients have been used for the BSFL meal diet with the only difference that 20% of the fishmeal has been substituted by BSFL, which in turn corresponded to 5% of the final diet. The feeds were prepared at the laboratory of the Faculty of Marine Science and Technology of Iskenderun Technical University, Iskenderun, Hatay, Turkey. All ingredient feed materials were blended in a kitchen robot for a homogenous mix, and sufficient water (400 g kg⁻¹) was added to the mix from soft dough. The obtained dough was passed through a mincer with a 2 mm diameter die. The diets were then dried at 40 °C and stored in plastic bags at -18 °C until feeding (Gasco et al., 2016). The feed formulation and proximate composition of the diets are presented in Table 1.

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

Ingredients (g/100g)	Diets			
	BSFL0	BSFL 50	BSFL 65	BSFL 75
Fish meal	20	10	7	5
Black soldier fly larvae (<i>H. illucens</i>) meal	0	10	13	15
Meat-bone meal	11	15	16	17
Soybean meal	25	29	29	29
Canola meal	7	5	5	5
Cottonseed meal	6	5	5	5
Sunflower meal	16	16	16	16
Wheat bran	4	2	2	2
Fish oil	4	3	2	2
Soya oil	4	2	2	1
Bentonite	1.0	1.0	1.0	1.0
Mono-calcium	1.0	1.0	1.0	1.0
Vitamin mixture	1.0	1.0	1.0	1.0
Proximate composition (%)				
Dry matter*	88.95±0.03	89.05±0.04	88.88±0.03	89.12±0.07
Crude protein*	40.35±0.42	40.46±0.23	40.31±0.13	40.36±0.45
Lipid*	12.34±0.09	12.83±0.06	12.91±0.10	12.65±0.11
Ash*	12.75±0.02	12.35±0.03	11.98±0.04	12.05±0.01
Digestible Energy** (MJ/kg)	11.5	11.8	11.8	11.7

BSFL: Black Soldier Fly Larvae (*H. illucens*). All values except for digestible energy are reported as the mean of duplicate analyses. * Calculated from analyzed. ** Digestible energy determined according to 5.0 kcal/g protein, 9.0 kcal/g lipid, 2.0 kcal/g carbohydrate (Covey et al., 1972)

Feeding Trial

The feeding trial was conducted at Iskenderun Technical University Aquaculture Research Facility located in Iskenderun, Hatay, Turkey. Before the start of the feeding trial, carps were acclimated to the environmental conditions for two weeks. A total of 600 fish (1.045±0.083 g) were randomly distributed into 12 recirculating tanks (approximately 100 L), at a density of 50 fish per tank. The fish used in the experiment were of equivalent size and weight. Water inflow was adjusted at 6 L min⁻¹, and supplemental aeration was provided via air stone. Before the beginning of the feeding experiment, the experimental carp were fasted for 24 h and weighed.

The four experimental diets were randomly assigned to triplicate tanks and where the following: (1) a fish meal-based diet without BSFL (control diet: BSFL0), three diets with an inclusion of 50% (BSFL50), 65% (BSFL65), and 75% (BSFL75) of fish meal substitution, corresponding to BSFL dietary inclusion levels of 50% 75%, respectively. Diets were provided to carps as a proportion of their biomass (5% of their mass per day). Faces and waste feed were siphoned daily before feeding. The daily total feed ratio was separated between two equal parts and delivered at 8:00 am and 5:00 pm. The tanks were housed in a room controlled with an automatic photoperiod timing system (12 L: 12 D cycle) and each tank was supplied with continuous aeration. The water quality parameters were monitored on weekly basis, and the following parameters were recorded: the water temperature, dissolved O₂, and pH maintained at 23.0±1.5°C, 5.75 ± 1.50 mg L⁻¹, 7.65 ± 0.5, respectively. Dead fish were weighed and the mortalities were recorded during the experiments.

After 75 days, all the carps in each tank were collected, weighed, and counted for calculation of weight gain (Watanabe et al., 1990), survival rate (Watanabe et al., 1990), specific growth rate (SGR) (Clark et al., 1990). Feed use is estimated by feed conversion ratio (FCR) (Steffens, 1989), the protein efficiency ratio (PER) (Steffens, 1989), and apparent net protein utilization (ANPU) (Bender and Miller, 1953). At the beginning of the experiment, 15 fish randomly were treated with an overdose of phenoxyethanol (1.5 mg l⁻¹) solution and stored at -20 °C for the determination of body proximate composition. At the end of the feeding trial, 5 fish from each dose group (n=20 fish\per dose) were analysed for the final whole-body proximate composition (AOAC 2000).

Statistical Analysis

The data were analyzed by using the Statistical Package for the Social Sciences software (SPSS, Version 21.0). The results were subjected to Levene's test to determine homogeneity of variance and

no transformation was required. One-way ANOVA was used to determine the effects of the three diets on the various responses including growth parameters for all treatments. A post hoc Duncan's multiple range test was used to determine the statistical significance of the differences in means among the treatments (Zar, 1996). Results were considered to be significant at the ($P < 0.05$) level. The mean results were presented with \pm standard error (SE).

RESULTS

The effects of experimental diets on growth performance and survival rate are presented in Table 2.

Table 2. Effect of BSFLM on growth performance and survival rate of the experimental fish

	Dietary groups*			
	BSFL0	BSFL50	BSFL65	BSFL75
Initial weight (g)	1.024 \pm 0.004 ^a	1.019 \pm 0.001 ^a	1.121 \pm 0.094 ^a	1.018 \pm 0.003 ^a
Final Weight (g)	4.045 \pm 0.109 ^a	4.901 \pm 0.068 ^b	6.957 \pm 0.442 ^c	4.787 \pm 0.113 ^{ab}
Weight Gain (g)	3.021 \pm 0.112 ^a	3.882 \pm 0.069 ^b	5.836 \pm 0.358 ^c	3.768 \pm 0.112 ^b
Specific growth rate (%)	1.830 \pm 0.039 ^a	2.093 \pm 0.020 ^b	2.437 \pm 0.051 ^c	2.062 \pm 0.029 ^b
Feed conversion ratio	1.991 \pm 0.074 ^c	1.546 \pm 0.027 ^b	1.208 \pm 0.074 ^a	1.594 \pm 0.045 ^b
Protein Efficiency Ratio	1.258 \pm 0.468 ^a	1.617 \pm 0.029 ^b	2.084 \pm 0.128 ^c	1.570 \pm 0.046 ^b
Net Protein Utilization Rate	25.580 \pm 0.930 ^a	30.633 \pm 0.429 ^a	41.496 \pm 3.307 ^b	39.891 \pm 0.942 ^b
Survival rate (%)	74.66 \pm 0.66 ^a	74.00 \pm 1.15 ^a	74.00 \pm 1.15 ^a	74.66 \pm 0.66 ^a

*Values are means and standard errors with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$) from each other ($n=3$). WG (Weight Gain) (g) = Final weight-Initial weight; Specific Growth Rate (SGR) (%) = (Ln final weight - Ln initial weight) / total number of the experimental days \times 100; FCR (Feed Conversion Ratio) = Dry feed intake (g) / wet weight gain (g); PER (Protein Efficiency Ratio) = Live body weight gained (g) / protein intake (g); ANPU (Apparent Net Protein Utilization) (%) = (Protein retained / unit protein intake) \times 100; Survival rate (%) = Final number of fish harvested / initial number of fish stocked \times 100.

There were no significant differences in the initial weight of the experimental fish at the start of the trial ($P > 0.05$). After 75 days of feeding, it was observed that there were significant differences in the growth performance of carps among the four diet groups ($P < 0.05$). The mean final weight, weight gain (WG), and specific growth rate (SGR) of the carp fed with the BSFL65 diet were significantly ($P < 0.05$) higher than those carp fed with the other three diet groups (BSFL0, BSFL50, and BSFL75) (Table 2). The best weight gain (5.836 \pm 0.358 g) was found in the BSFL65 diet group and it was significantly higher than those of the other three groups (Table 2). These results indicated that the growth of carp was improved significantly by dietary Black soldier fly larvae incorporation. The highest mean specific growth rate (SGR) (2.437 \pm 0.051%) was obtained in the BSFL65 diet group whereas the lowest value (1.830 \pm 0.039%) was found in the group fed with a fish meal-based diet without BSFL (BSFL0) (Table 2).

Also, the best FCR (1.208 \pm 0.074), PER (2.084 \pm 0.128), and ANPU (41.496 \pm 3.307) were observed in the BSFL65 diet group were significantly ($P < 0.05$) higher than that of carp fed with other three diet groups (BSFL0, BSFL50, and BSFL75) (Table 2). After 75 days of rearing, the survival rate (SR) of carp showed a range of 74.00%-74.66% (Table 2). There were no significant differences in the survival rate of the BSFL treated groups. During the study, there were no abnormal behaviors in the general activities of treated experimental carps.

Table 3. Effect of Black soldier fly larvae meal on proximate composition in tissues of fish*

	Dietary groups *			
	BSFL0	BSFL50	BSFL65	BSFL75
Moisture (%)	79.708±0.154 ^c	79.296±0.265 ^{bc}	78.670±0.353 ^b	76.667±0.333 ^a
Crude protein (%)	15.726±0.591 ^a	16.059±0.244 ^{ab}	17.509±0.549 ^b	20.229±0.331 ^c
Lipid (%)	4.564±0.642 ^{ab}	4.644±0.377 ^b	3.819±0.366 ^{ab}	3.103±0.308 ^a
Ash (%)	1.133±0.029 ^a	1.802±0.085 ^c	1.603±0.023 ^b	1.767±0.048 ^{bc}

* Values (% w.w.) are means and standard errors with different superscripts in the same row are significantly different ($P < 0.05$) from each other (n=5)

The statistical analysis results of the body composition of the experimental fish are shown in Table 3. There were significant differences in moisture, crude protein, lipid, and ash content in the whole body among dietary groups ($P < 0.05$). The protein content of the carp-fed BSFL75 diet group (20.229%) was significantly the highest among all three diet groups (Table 3). The lipid content of BSFL treated groups was significantly lower than that of the control group ($P < 0.05$).

DISCUSSION

The current study showed that replacement of dietary fish meal by Black soldier fly larvae had a significant effect on the growth performance and feed conversion ratio of carp, suggesting that it is possible to substitute up to 65% fishmeal by BSFL meal in diets for Common carp without negative effect on growth performance and feed utilization. Protein replacement in fish diets has been investigated using the meals obtained from both larvae and prepupae of Black soldier fly for the following fish species: turbot (*Psetta maxima*) (Kroeckel et al., 2012), hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus X Oreochromis spilurus*) (Furrer, 2011), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Sealey et al., 2011), Atlantic salmon (*Salmo salar*) (Belghit et al., 2019), European seabass (*Dicentrarchus labrax*) (Magalhães et al., 2017), Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian) (Li et al., 2017).

Similar results have been reported by Li et al. (2017) who indicated that adding up to 50% BSFL meal in the Jian carp diet showed good growth performance. Besides, they reported that dietary stress and intestinal histopathological damage were observed when the replacement levels exceeded 75% in some studies. For this reason, our study was conducted to determine the optimum usage rates of black soldier fly larvae meal in carp diets. Our results showed that the effect of growth performance and feed efficiency of common carp were influenced by dietary composition. The final weight, weight gain, and SGR values of carp-fed BSFL diets (65% black soldier fly larvae meal replacement) were significantly improved when compared to those of carp fed on control (BSFL0) and other diets (BSFL50, BSFL75).

Moreover, Magalhães et al. (2017) pointed out similar results in their studies that when the BSFL meal was included in the seabass diets, growth and feed conversion parameters improved. Besides, they reported that up to 19.5% of the prepupae of black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal (corresponding to 22.5% of dietary protein) can replace 45% FM 'in diets for the European sea bass without any adverse effect on growth, and have positive effects on growth, feed use and digestive enzyme activity.

Previous studies have shown that adding insects to diets at different levels gives conflicting results in growth performance. Other studies in Nile tilapia found that replacing black soldier fly larvae with diet instead of the fish meal significantly reduced weight gain and specific growth rate, significantly improved feed intake and feed conversation rate (Webster et al., 2016). Kroeckel et al. (2012) reported that the replacement of black soldier fly larvae meal with diet instead of the fish meal significantly reduced the growth performance and feed utilization of turbot. These various results may be due to differences in fish species, fish size, insect species and substrates, and processing for the insect (Tschirner and Simon, 2015).

The survival rate was not significantly different among all groups (Table 2), suggesting that BSFL was palatable for *C. carpio*. The results of survival rate indicated that BSFL could be included in diets of carp without negative effects. Similar results have been found on juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio*), Jian carp (*Cyprinus carpio*), yellow catfish (*Tachysurus fulvidraco*), and juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio*) when BSF larvae were included in their diets (Li et al., 2016; Hu et al., 2017; Zhou

et al., 2018; Xu et al., 2020). In the current study, it was found that the protein content of *C. carpio* body mass (whole proximate composition) was significantly influenced by adding BSFL meals ($P < 0.05$) (Table 3). The highest protein content (20.229%) was observed in the diet feed with 75% BSFL meal (BSFL75), which had small differences from the other two groups (BSFL50 and BSFL65). The diet group (BSFL50) had the highest lipid content (4.644%) compared to the others and control group of BSFL. But, no significant differences were shown in whole-body lipid among the dietary treatments. Also, the values obtained from the whole body of carp were found to be between 76.66 and 79.70% for moisture and approximately 16-20% for protein, and these values are consistent with previous studies (Li et al., 2016; Zhou et al., 2018; Xu et al., 2020).

In conclusion, the results of this study clearly showed that the replacement of fishmeal with up to 65% BSFL meal in the diet of Common carp had positive effects on weight gain, specific growth rate, feed conversion rate, and protein efficiency ratio. This application may increase the expansion of the aquaculture industry. Therefore, we conclude that the insect meal made from BSF is a nutritionally appropriate source of protein for carp culture.

ACKNOWLEDGEMENT

This study has been summarized from the master's thesis of Hasan DOĞAN.

REFERENCES

- AOAC (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th (eds). Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Communities International, Animal Feeds.
- Belghit, I., Liland, N. S., Gjesdal, P., Biancarosa, I., Menchetti, E., Li, Y. & Lock, E. J. (2019). Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 503, 609-619.
- Bender, A.E., & Miller, D.S. (1953). A new brief method of estimating protein value. *Journal of Biochemistry*, 53, 7-9.
- Clark, A.E., Watanabe, W.O., Olla, B.L., & Wicklund, R.I. (1990). Growth, feed conversion, and protein utilization of Florida red tilapia feed isocaloric diets with different protein levels in seawater pools. *Aquaculture*, 88, 75-85.
- Cummins Jr, V. C., Rawles, S. D., Thompson, K. R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., & Webster, C. D. (2017). Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as a partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337-344.
- Cowey, C.B., Pope, J.A., Adron, J.W., & Blair, A. (1972). Studies on the nutrition of marine flatfish. The protein requirement of plaice (*Pleuronectes platessa*) *British Journal of Nutrition*, 28, 447-456.
- Davis, D.A., & Arnold, C.R. (2000). Replacement of fish meal in practical diets for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 185, 291-298.
- Fasakin, E.A., Balogun, A.M. & Ajayi, O.O. (2003). Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. *Aquaculture Research*, 34, 733-738.
- Furrer, T. (2011). Finding an adequate tilapia feed for rural fish farmers in Mombasa. *Environmental Sciences and Natural Resources*, Zürich University of Applied Sciences-ZHAW, Zürich, Germany.
- Gasco, L., Henry, M., Piccolo, G., Marono, S., Gai, F., Renna, M., Lussiana, C., Antonopoulou, E., Mola, P., & Chatzifotis, S. (2016). Tenebrio molitor meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal Feed Science and Technology*, 220, 34-45.
- Hu, J., Wang, G., Huang, Y., Sun, Y., He, F., Zhao, H., & Li, N. (2017). Effects of substitution of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) Diets. *The Israeli Journal of Aquaculture*, 69, 1-9.
- Khan, S.H. (2018). Recent advances in role of insects as alternative protein source in poultry nutrition. *J Appl Animal Research*, 46,1, 1144-1157.
- Kroeckel, S., Harjes, A. G., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute—Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364, 345-352.
- Langer, S., Bakhtiyar, Y. & Lakhnotra, R. (2011). Replacement of fishmeal with locally available ingredients in diet composition of *Macrobrachium dayanum*. *African Journal of Agricultural Research*, 6, 1080-1084.
- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Tian, J., Zhou, J., & Yu, H. (2016). Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, 465, 43-52.

- Li, S., Ji, H., Zhang, B., Zhou, J., & Yu, H. (2017). Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. *Aquaculture*, 477, 62-70.
- Magalhães, R., Sanchez-Lopez, A., Leal, R.S., Martínez-Llorens, S., Oliva-Teles, A. & Peres, H. (2017). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*. 476:79-85.
- Makkar, H. P., Tran, G., Heuzé, V., & Ankers, P. (2014). State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33.
- Rana, K. S., Salam, M. A., Hashem, S., & Islam, M. A. (2015). Development of black soldier fly larvae production technique as an alternate fish feed. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 5(1), 41-47.
- Riddick, E.W., 2013. Insect protein as a partial replacement for fishmeal in the diets of juvenile fish and crustaceans. In: Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G., Shapiro-Ilan, D.I. (Eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press, Waltham, MA, USA, pp. 565–582.
- Sánchez-Muros, M., Barroso, F. & Manzano-Agugliaro, F. (2014). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. *Journal of Cleaner Production*. 65, 16–27.
- Sealey, W. M., Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Tomberlin, J. K., McGuire, M. A., Ross, C., & St-Hilaire, S. (2011). Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1), 34-45.
- Smetana, S., Palanisamy, M., Mathys, A. & Heinz, V. (2016). Sustainability of insect use for feed and food: life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production* 137, 741-751.
- Steffens, W. (1989). *Principles of fish nutrition*. Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, U.K.
- Tacon, A. G. (2020). Trends in global aquaculture and aquafeed production: 2000–2017. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 43-56.
- Tran, G., Heuzé, V., & Makkar, H. P. S. (2015). Insects in fish diets. *Animal frontiers*, 5(2), 37-44.
- Tschirner, M., & Simon, A. (2015). Influence of different growing substrates and processing on the nutrient composition of black soldier fly larvae destined for animal feed. *J Insects Food Feed*, 1(3), 1-12.
- Watanabe, W.O., Clark, J.H., Dunham, J.B., Wicklund, R.I., & Olla, B.L. (1990). Culture of Florida Red Tilapia in Marine Cage. The Effect of Stocking Density and Dietary Protein on Growth. *Aquaculture*, 90, 123-124.
- Webster, C. D., Rawles, S. D., Koch, J. F., Thompson, K. R., Kobayashi, Y., Gannam, A. L., & Hyde, N. M. (2016). Bio-Ag reutilization of distiller's dried grains with solubles (DDGS) as a substrate for black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, along with poultry by-product meal and soybean meal, as total replacement of fish meal in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 22(5), 976-988.
- Xu, X., Ji, H., Yu, H., & Zhou, J. (2020). Influence of dietary black soldier fly (*Hermetia illucens* Linnaeus) pulp on growth performance, antioxidant capacity and intestinal health of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). *Aquaculture Nutrition*, 26(2), 432-443.
- Zar, J.H., 1996. *Biostatistical analysis*, 3rd edn. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs.
- Zhou, Q.C., & Yue, Y.R. (2012). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 43, 806-814.
- Zhou, J. S., Liu, S. S., Ji, H., & Yu, H. B. (2018). Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larvae meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture Nutrition*, 24(1), 424-433.

Kültür Deniz Balıkları İşleme Artıklarından Elde Edilen Balık Yağı ve Silajının Bazı Kalite Özellikleri

Fatma YAMUÇ¹, Ali GÜNLÜ^{2*}

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla

² Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Muğla

* Sorumlu yazar: aligunlu@mu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Geliş 05 Mart 2021; Kabul 15 Nisan 2021; Basım 01 Aralık 2021.

Alıntılama: Yamuç, F., & Günlü, A. (2021). Kültür deniz balıkları işleme artıklarından elde edilen balık yağı ve silajının bazı kalite özellikleri. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 515-524. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.891590>

Özet

Çalışmada, kültür deniz balıkları işleme endüstrisi artıklarından formik asit hidrolizi ile balık silajı ve balık yağı üretilmesi, elde edilen ürünlerin kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesinin tespiti ve balık yağının yağ asit kompozisyonunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen balık silajının nem içeriği %80,40, tüm aşamalarda ürün kalitesinin önemli göstergelerinden birisi olan pH değerinin de 3,62 ile 3,89 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Balık silajının kuru ağırlıktaki kuru madde, ham protein, ham yağ ve ham kül değerleri sırasıyla %19,60, %48,26, %15,17 ve 17,01 olarak bulunmuştur. Ayrıca ürünün toplam mezofilik aerob bakteri, toplam psikrofilik aerob bakteri ve toplam koliform bakteri bakımından güvenli olduğu, üretilen balık yağının toplam doymuş yağ asidi miktarı %20,64, doymamış yağ asidi miktarı ise %70,49 olarak belirlenmiştir. Toplam n-3 yağ asidi miktarı %12,15, toplam n-6 yağ asidi miktarı %19,87 ve n-3/n-6 oranı da 0,61 olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kültür deniz balıkları, balık işleme artığı, balık yağı, balık silajı, yağ asidi

Some Quality Characteristics of Fish Oil and Silage Produced From Culture Marine Fish Processing Waste

Abstract

It was aimed to produce fish silage and fish oil by formic acid hydrolysis, to determine the chemical and microbiological quality of the products obtained, and to reveal the fatty acid composition of fish oil in this study. The fish silage has a moisture content of 80.40 %, and the pH value, one of the important indicators of the product quality at all stages, has been determined to be between 3.62 and 3.89 . Values of the dry weight of the fish silage sample were 19.60 %, crude protein 48.26 %, crude fat 15.17 %, and crude ash 17.01 %. In addition, the total mesophilic aerobic bacteria, total psychrophilic aerobic bacteria, and total coliform bacteria safety of the produced fish oil, total saturated fatty acid amount of 20.64 %, 70.49 % percent of unsaturated fatty acid was determined. The total amount of n-3 fatty acid was 12.15 %, the total amount of n-6 fatty acid was 19.87 % and the n-3 / n-6 ratio was calculated as 0.61 %.

Keywords: Cultured marine fish, fish processing waste, fish oil, fish silage, fatty acid

GİRİŞ

Su ürünleri işleme artıkları önemli oranda proteine sahip olmasının yanında vitamin, mineral ve değerli yağ asitlerini de barındırmaktadır. Artıklar gıda, kozmetik, eczacılık, yem sanayi gibi çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır. Balık yağı, kollajen, protein hidrolizatu, jelatin, kitin ve kitosan bu ürünlerden sayılabilir (Taylor ve Alasalvar, 2002).

Türden türe değişmekle birlikte su ürünlerinin %20-50'lik kısmı insan gıdası olarak değerlendirilirken, geriye kalan kısmı da artık olarak ortaya çıkmaktadır. Bahsedilen bu artıklar dünya genelinde 20 milyon tona ulaşmak üzere olup uygun şekilde değerlendirilemediği bildirilmektedir (Pal ve Suresh, 2016; Gündüz vd., 2018). Aslında artıklar çeşitli işlemlerden geçirildikten sonra balık yemi, balık silajı, jelatin, sos, enzim ve yenilebilir film eldesin de kullanılabilirler. Özellikle Norveç'te önemli oranda balık silajı yapılmaktadır. Büyük kısmı işleme yan ürünlerinden oluşmak üzere yılda yaklaşık 140 bin ton balık silaj üretimi gerçekleştirilmektedir (Rustad, 2003; Kılınç, 2007; Gündüz vd., 2018).

Balık artıkları; su ürünleri işleme tesislerinde temizlenen balıklardan geriye kalan kafa, barsak, iç organlar, iskelet gibi kısımları ile diğer işleme teknikleriyle işlenmiş (dumanlanmış, tuzlanmış, konserve, marinat vb.) balıklardan geriye kalan kısımlardır. Bu katı artıklar oldukça büyük bir protein ve balık yağı potansiyelini oluşturmaktadır.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde maliyet ve verimliliği etkileyen unsurların başında balık yemi gelmektedir. Balık yemleri, balık türlerine ve büyüklüklerine göre farklı oranlarda protein içermektedir. Yemlerde istenilen düzeyde protein miktarını sağlamak amacı ile yüksek miktarda protein içeren yem ham maddeleri yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Balık silajı, bütün veya kıyılmış şekildeki balık etlerinin belli orandaki asitlerle işlenmesi ve enzimlerin aktivitesi sonucu elde edilen ve hayvan beslenmede protein kaynağı olarak kullanılan yem hammaddesidir (Güllü vd., 2015; Gündüz vd., 2018). Balıkların yenilmeyen kısımları ve ekonomik değeri düşük balıklar kullanılarak da balık silajı üretilebilmektedir (Kılınç, 2007; Gündüz vd., 2018). Balık unu ile kıyaslandığında daha ucuz olduğu için kanatlı ve büyük baş hayvan yemi üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. (Rustad, 2003; Mol, 2004; Goddard ve Perret, 2005; 2005; Kılınç, 2007; Borghesi vd., 2008).

Balık silajı ekonomik değeri düşük balıklar, yan ürünler ve işleme artıklarının karışımlarına %2-3'lük formik asit ilavesi sonrası oda sıcaklığında bekletilerek, balık dokusundaki endojen enzimlerin faaliyetlerinin maksimum seviyeye çıkarılmasıyla gerçekleştirilir. Karışım 2 gün boyunca 30-40°C'de depolanarak balık dokusundaki istenilen çözünme sağlanmış olur. İdeal hazırlanmış balık silajı karışımının pH değeri, balık pepsinlerinin optimum aktivite gösterdiği pH aralığı olan 3-4 aralığıdır. Balık silajları doğrudan hayvan yemi olarak kullanılabilir ya da yağları ayrılarak protein içeriği artırılmış ürün olarak da değerlendirilebilir. Düşük yatırım maliyeti ve basit işleme ekipmanlarının kullanılması gibi üretim avantajları vardır. En önemli dezavantajı yüksek su içeriği nedeniyle depolama ve nakliye zorluklarıdır. Buna rağmen ekonomik değeri düşük balıklardan ve işleme artıklarından silaj eldesi ile; su ürünleri tarafından sevilerek tüketilen, sindirilebilirlik değeri yüksek, hijyenik açıdan güvenilir yemlerin üretilmesi önemini artırmaktadır (Kılınç, 2007; Güllü vd., 2015; Gündüz vd., 2018).

Balık silajı, Norveç'te daha çok kürk hayvanları yemi olarak kullanılırken sonradan somon yetiştiriciliğinde kullanılmaya başlanmış ve iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Çaklı 2008; Çolakoğlu ve Künili, 2016; Jónsson ve Viðarsson, 2016). Balık silajı üretiminde daha çok endüstriyel pelajik balıklar (çaça, ringa balığı gibi) ve balık işleme artıklarının hammadde olarak kullanıldığı, istenilen pH aralığının sağlanmasında genellikle formik asit kullanıldığı bildirilmiştir (Archer vd., 2001).

Rustad (2003), dünyada her yıl 91 milyon tondan fazla balık ve kabuklu deniz ürünleri avlanmakta olduğu, avcılığın sadece %50-60'nın insan tüketimi için kullanıldığı, geriye kalan artıkların az bir kısmının yan ürünlerin eldesinde kullanıldığı ve çok büyük miktarının ise israf edilmekte olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada, Norveç'te morina balıkçılığında toplam 232.000 ton yan ürün elde edildiği, bu yan ürün üretiminin 125.000 tonunun kullanılmadan atıldığı ve 107.000 tonunun ise değerlendirildiği bildirilmiştir. İnsan tüketiminde toplam miktarın yaklaşık %15,5'ini oluşturan yalnızca 36.000 ton yan ürün kullanılmıştır. Geri kalan balık unu, silaj ve hayvan yemi üretiminde kullanılmıştır. Balık silajı balık unu ile kıyaslandığında daha ucuz olması nedeniyle kanatlı ve büyük baş hayvan üretiminde daha yaygın olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Rustad, 2003).

Gıdaların işlenmesi ile ortaya çıkan artıkların iyi bir şekilde değerlendirilmesi, çevresel artık birikimlerinin önlenmesi, sektörel çeşitliliğin artması ve ürün değerinin zenginleştirilmesi konusunda önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde, son yıllarda ki su ürünleri üretim artışına paralel olarak gelişen su ürünleri işleme endüstrisi ile hem yetiştiricilik hem de avcılık kaynaklı su ürünleri taze, dondurulmuş, iç organları çıkarılıp işlendikten sonra iç ve dış pazarlara sunulmaya başlanmıştır. Bu bağlamda su ürünleri işleme endüstrisi artıklarının önemli bir kısmını oluşturan baş, barsak, iç organların büyük bir kısmı ekonomik anlamda kullanılmadan atılmakta, çok az bir kısmı ise yem hammaddesi üretiminde kullanılabilir. Bu çalışma ile kültür balığı işleme artıklarından asit hidroliz yöntemiyle balık yağı ve balık silajının eldesi, silajın mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesinin belirlenmesi yanı sıra silaj üretim işlemi sonucunda elde edilen balık yağının yağ asit kompozisyonunun ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Ayrıca ülkemiz kültür balığı sektörünün en önemli sorunlarından biri olan balık unu yerine kullanılacak hidrolize balık proteini üretimi ile artıkların ülke ve bölge ekonomisine kazandırılmasına katkı sunulması da hedeflenmektedir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

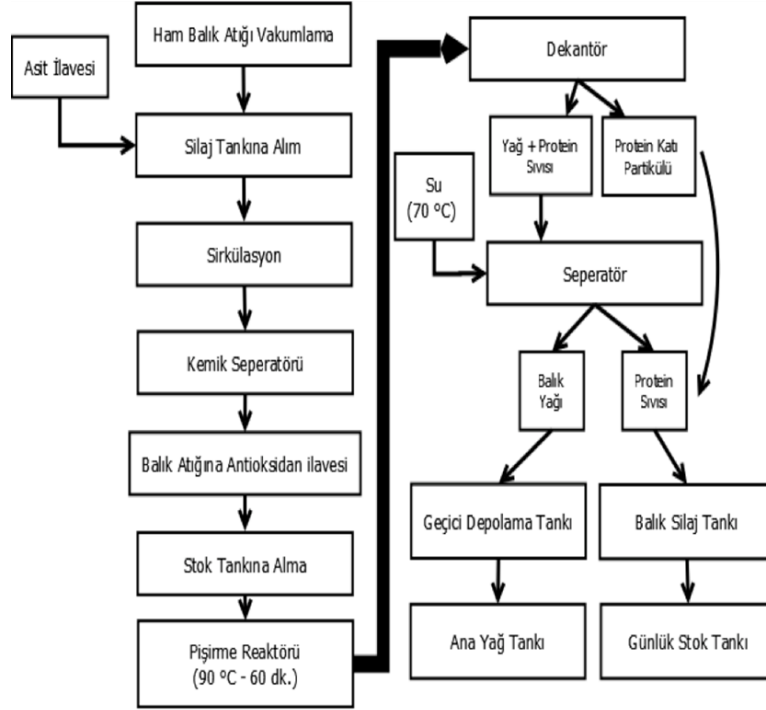
Araştırmada kullanılan kültür deniz balıkları (levrek ve çipura) işleme artıkları (kafa, omurga, yüzgeç, kırpıntı et ve deri parçaları) Bodrum/Muğla bölgesinde bulunan yerel işleme fabrikalarından temin edilmiştir. Artıklardan bölgede kurulu balık yemi üretim tesisinde kimyasal yöntemle üretilen balık yağı ve balık silajı örnekleri strafor kutu içerisinde soğuk zincir uygulamasıyla, vakit geçirilmeden Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri İşleme Teknolojisi Kalite Kontrol Laboratuvarına getirilmiştir. Örnekler kalite-kontrol analizleri yapılmaya kadar -85°C'lik ultra derin dondurucuda (Daihan WUF500, Korea) saklanmıştır.

Yöntem

Fileto işleminin sonrası kalan ham balık artıkları (3.000 kg levrek ve çipura) vakum sistemi ile çekilerek hiçbir işlemle geçirilmeden doğrudan içerisinde kesici bıçaklar bulunan parçalayıcı silaj tankına (Kayaoğlu Makine, Türkiye) alınmıştır. Tankın içine, % 0,85'lik formik asit (SoftAcid S E236) 100L ilave edilmiş ve yaklaşık 10 saat sürekli sağdan sola karıştırılarak homojen bir parçalanmanın gerçekleşmesi sağlanmıştır. Formik asit kullanılarak gerçekleştirilen asit hidroliz işleminden sonra kemik ayırıcı (Kayaoğlu Makine, Türkiye) ile üründen kemik parçaları ve 5 mm üzerindeki partiküller ayrılmış, hidroliz edilmiş balık artığı 2 tonluk ana hidroliz stok tankına pompalanmıştır. Bu aşama asit hidroliz aşaması olarak adlandırılmıştır. Hidroliz stok tankına alınmış asit hidroliz sıvısına oksidasyonu engellemek için 1000 kg'a 1 litre Bütil Hidroksi Toluen (BHT) ilave edilmiştir. Karışımın hidroliz stok tankında 3-4 saat süreyle kendi içinde sirkülasyon yaparak homojen kalması sağlanmıştır. Hidroliz stok tankına alınan süspansiyonun başlangıç pH değeri 6,4-7,0 değerinden pH 3,5-4 seviyelerine düşmesi asit ilavesi ile sağlanmıştır. Her biri 250 kg kapasiteli pişirme reaktörlerinde karışım 4'e ayrılarak üzerlerine 2 kg formik asit ilave edilmiş ve 90⁰ C'de 60 dakika ısı işlem uygulanmıştır. Isıl işleme maruz bırakılan hammadde 5 tonluk kapasitesi olan ve ürünün sıcaklığını 75-80 ⁰C aralığında tutabilen ana stok tankına aktarılmıştır. Ana stok tankından yüksek devirli dekantöre karışım aktarılarak balık artığının sıvı (yağ+protein sıvısı) ve katı (protein katı partikülü) olmak üzere iki faza ayrılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Dekantör santrifüjle süspansiyon örnek, yağlı su fazı ve yoğun hidrolize protein fazı olarak ayrılmıştır. Ayrılan yağlı su fazı içeren kısım pompa ile seperatöre aktarılmış, seperatöre 70 ⁰C sıcaklıkta su girişi yapılarak yüksek hızda santrifüj işlemi aracılığıyla su ile balık yağının birbirinden ayrılması sağlanmıştır. Separatörde ayrılan balık yağı, yağ geçiş tankına boru ile aktarılmış (Şekil 1.a), sıvı faz ise bir önceki aşamada çıkan yoğun proteince faz ile birleştirilmiştir (Şekil 1.b). Bu aşama da elde edilen ürün balık silajı olarak isimlendirilmiştir. Balık silajı ve yağı üretim akış şeması Şekil 2'de verilmiştir. Bu dört aşamadan alınan örneklerde % nem, % ham protein, % ham yağ, % ham kül ve pH analizleri yapılmıştır (n=6). Ayrıca son aşamada elde edilen hidrolize protein sıvı fazı liyofilize edilerek kurutulmuş ve kurutulmuş örnekte mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir (n=2). İşlem sonucunda elde edilen balık yağı ise yağ asit kompozisyon analizine tabi tutulmuştur (n=2).



Şekil 1. a) Balık yağı fazı, b) Balık silajı



Şekil 2. Balık artığı işleme akış şeması

Kimyasal Kompozisyon Analizleri

Çalışmada elde edilen balık silajının nem miktarı tayini AOAC (1990), ham protein miktarı AOAC (2005a), ham yağ miktarı (Sokshlet Metodu) AOAC (2005b) ve ham kül tayini AOAC (1990) metotları esas alınarak yapılmıştır.

Liyofilize Balık Silajı Örneklerinin Mikrobiyolojik Analizleri

Mikrobiyolojik analizler kapsamında liyofilize edilen balık silajı örneklerinde toplam mezofilik aerob, toplam psikrofilik aerob ve toplam koliform bakteri sayısı belirlenmiştir. Toplam mezofilik aerob ve toplam psikrofilik aerob bakteri sayısı analizleri için aseptik koşullarda balık silajı örneğinden 10 g alınıp steril stomacher poşetlere (Bagmixer intersince) konulmuş, üzerine 90 ml % 0,1 steril peptonlu su (Merck) ilave edilip stomacherde homojenize edilerek 10^{-1} 'lik dilüsyon elde edilmiştir. İstenilen seyrelti oranına kadar 9'ar ml steril peptonlu su içeren tüplere her bir önceki dilüsyondan 1'er ml eklendikten sonra tüpler vorteks (X620, CAT) ile iyice çalkalanarak seri dilüsyonlar oluşturulmuştur. Toplam koliform bakteri sayısının belirlenmesi için aseptik şartlar altında 10 g örnek içinde 90 ml MRD (Maksimum Recovery Diluent) çözeltisi olan şişelere eklenmiştir. Bu karışım stomacherda 2 dk homojenize edilmiştir. Bu şekilde hazırlanan 10^{-1} 'lik dilüsyondan deney tüplerine 10^{-2} - 10^{-7} 'lik diğer dilüsyonlar hazırlanmıştır. Her bir dilüsyondan çift paralelli olarak steril petri kaplarına dökme plak yöntemlerinde 1 ml, yayma plak yöntemlerinde 0,1 ml ekim yapılmıştır (Varlık vd 1993, Akçelik vd 2000, Ünlütürk ve Turantaş 2002, Sekin ve Karagözlü 2004).

Toplam mezofilik aerob bakteri ve toplam psikrofilik aerob bakteri sayısı Plate Count Agar (Merck)'lı besi yerinde sırasıyla 37°C 'de 24-48 saatlik ve 7°C 'de 10 günlük inkübasyon sonucunda, toplam koliform bakteri sayısı ise Violet Red Bile Agar (Merck)'lı besi yerinde 37°C 'de 24-48 saatlik inkübasyon sonucunda petrilerde gelişen bütün kolonilerin standart şekilde sayımı ile hesaplanmıştır (FAO, 1992).

Balık Yağında Yağ Asidi Kompozisyonu Analizi

Örneklerin yağ asitleri kompozisyonu gaz kromatografisi-alev iyonlaştırıcı detektör (GC-FID) kullanılarak belirlenmiştir. Ham yağ örneklerinin belirlenmesinde Bligh ve Dyer (1959) yöntemi kullanılmış ve elde edilen yağlar 4 ml 2N potasyum hidroksit eklendikten sonra vorteks ile 1 dk karıştırılmış ve 2 ml isooktan eklenerek metillendirme işlemi yapılmıştır. Daha sonra vorteks ile 1 dk karıştırılmış ve $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 4000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Süpernant kısmı endorf tüplerine alınarak gerekli olduğu durumda 1/3 oranında isooktan ile seyreltme uygulanmıştır (Ichihara vd., 1996). Örnekler GC cihazına verilineye kadar -85°C (Daihan WUF500, Korea)'de saklanmıştır. Metil

esterlerine dönüştürülen yağ asitleri Agilent 7820 GC model gaz kromatografi cihazında FID detektörü ile HP-88 kapiler kolon (60 m, 0.25 mm ID ve 0.25 µm) kullanılarak analiz edilmiştir. Sırasıyla enjektör ve detektör sıcaklıkları ile 220°C sonra 280°C'ye ayarlanmıştır. Bu sırada fırın sıcaklığı 140 °C'de 5 dakika tutulmuştur. Sonrasında 200 °C'ye kadar, her dakika 4 °C arttırılarak, 200 °C'den 220 °C'ye de her dakika 1°C arttırılarak getirilmiştir. Örnek miktarı 1 µl olup, taşıyıcı gaz kontrolü 16 psi'de olması sağlanmıştır. Split uygulaması 1:50 oranında gerçekleştirilmiştir. Yağ asitleri standart 37 bileşenden oluşan FAME (Supelco) karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Aynı şekilde yapılan iki paralelli GC analiz sonuçları ± standart hata değerleri ile % olarak ifade edilmiştir.

İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizler, istatistik paket programı (SPSS for Windows 16.0) kullanılarak yapılmıştır. Çizelge ve şekillerde analiz sonuçları ortalama±standart hata (SH) olarak verilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu test sonucunda önemli farklar bulunan varyans kaynakları arasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. İstatistiki karşılaştırmalarda önem seviyesi P=0.05 olarak alınmıştır.

BULGULAR

Kimyasal kompozisyon analiz sonuçları

Kültür deniz balıkları işleme artıklarından formik asit kullanarak balık silajı üretiminin her aşamasında yaş ve kuru ağırlıkta kimyasal içerikteki değişimleri gösterir analiz sonuçları Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Liyofilize balık silajı örneklerinin kimyasal kompozisyon analiz sonuçları (Yaş ağırlıkta)

	NEM	HAM PROTEİN	HAM YAĞ	HAM KÜL	pH
	%ORT±SH	%ORT±SH	%ORT±SH	%ORT±SH	OR ±SH
Asit Hidroliz aşaması	55,84±2,34 ^c	11,83±0,27 ^b	9,11±0,24 ^b	5,22±0,22 ^a	3,89±0,02 ^a
Ana Stok Tankı	62,39±0,37 ^b	12,61±0,16 ^a	12,71±1,26 ^a	4,94±0,07 ^a	3,62±0,06 ^b
Yoğun Proteinize Faz	80,28±0,44 ^a	9,95±0,28 ^c	4,12±0,71 ^c	2,45±0,06 ^c	3,67±0,04 ^b
Proteinize Sıvı Faz	80,40±0,28 ^a	9,44±0,23 ^c	2,97±0,32 ^c	3,34±0,11 ^b	3,86±0,08 ^a

ORT±SH: Ortalama±Standart Hata (n=6), Aynı sütunda farklı üstsel harfler bulunduran değerler arasında istatistik fark vardır(P<0,05).

Tablo 2. Liyofilize balık silajı örneklerinin kimyasal kompozisyon analiz sonuçları (Kuru ağırlıkta)

	KURU MADDE	HAM PROTEİN	HAM YAĞ	HAM KÜL	pH
	%ORT±SH	%ORT±SH	%ORT±SH	%ORT±SH	ORT±SH
Asit Hidroliz aşaması	44,16±2,34 ^a	27,31±2,03 ^c	21,00±1,46 ^b	11,96±0,71 ^b	3,89±0,02 ^a
Ana Stok Tankı	37,61±0,37 ^b	33,54±0,60 ^b	33,71±3,16 ^a	13,13±0,22 ^b	3,62±0,06 ^b
Yoğun Proteinize Faz	19,72±0,44 ^c	50,63±2,13 ^a	20,62±3,22 ^b	12,42±0,38 ^b	3,67±0,04 ^b
Proteinize Sıvı Faz	19,60±0,28 ^c	48,26±1,58 ^a	15,17±1,70 ^b	17,01±0,45 ^a	3,86±0,08 ^a

ORT±SH: Ortalama±Standart Hata (n=6), Aynı sütunda farklı üstsel harfler bulunduran değerler arasında istatistik fark vardır(P<0,05).

Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Asit hidroliz aşaması sonrası alınan örnek ile son aşamada hidrolize protein aşamasından alınan örnekler dondurulduktan sonra liyofilize edilerek kurutulmuş, liyofilize örneklerde mikrobiyolojik kalite analizleri yapılmıştır. Örneklerin mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre her iki örnek grubunda da toplam koliform ve psikrofil bakterileri bulunmamış, toplam bakteri yükü ise asit hidroliz aşaması örneğinde 5,3 log kob/g; proteinize sıvı faz örneğinde ise 5,7 log kob/g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 3. Liyofilize balık silajı örneklerinin mikrobiyolojik kalite analiz sonuçları (log kob/g)

	T. Mezofilik Aerob Bakteri	T. Psikrofilik Aerob Bakteri	T. Koliform
	ORT±SH	ORT±SH	ORT±SH
Asit Hidroliz Aşaması	5,3±0,05	<1,0±0,00	<1,0±0,00
Proteinize Sıvı Faz	5,7±0,04	<1,0±0,06	<1,0±0,00

Yağ asit analiz sonuçları

Kültür deniz balıkları işleme artıklarından hidrolize balık proteini üretimi sırasında elde edilen balık yağının yağ asit kompozisyonunu belirlemeye yönelik çalışmada 30 farklı yağ asidi belirlenmiş, toplam doymuş yağ asidi miktarı %20,64, doymamış yağ asidi miktarı ise %70,49 olarak bulunmuştur. Ayrıca toplam n-3 yağ asidi miktarı %12,15, toplam n-6 yağ asidi miktarı %19,87 ve n-3/n-6 oranı %0,61 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Su ürünleri işleme artıklarından elde edilen balık yağının yağ asit kompozisyonu (%)

Yağ asitleri	% ORT±SE
1 Laurik Asit C12:0	0,03±0,00 ^j
2 Tridekanoik Asit C13:0	0,01±0,00 ^j
3 Miristik Asit C14:0	2,34±0,00 ^{efg}
4 Miristeloik Asit C14:1	0,06±0,00 ^j
5 Pentadekanoik Asit C15:0	0,32±0,00 ^{ij}
6 Palmitik Asit C16:0	13,36±0,00 ^c
7 Palmiteloik Asit C16:1	1,99±1,88 ^{efgh}
8 Heptadekanoik Asit C17:0	0,28±0,04 ^{ij}
9 Steraik Asit C18:0	3,22±0,01 ^e
10 cis 10 Heptadekanoik Asit C17:1	0,39±0,01 ^{ij}
11 Trans Oleik Asit C18:1n9t	0,20±0,01 ^j
12 Oleik Asit C18:1n9c	32,40±0,02 ^a
13 Trans Linoleik Asit C18:2n6t	0,10±0,01 ^j
14 Linoleik Asit C18:2n6c	19,14±0,02 ^b
15 Arsidik Asit C20:0	0,26±0,02 ^{ij}
16 Gama Linoleik Asit C18:3n6	0,15±0,15 ^j
17 cis 11 Eikosenoik Asit C20:1n9	1,70±1,49 ^{fghi}
18 Alfa Linoleik Asit C18:3n3	2,11±0,00 ^{efg}
19 Enoikosenoik Asit C21:0	0,12±0,00 ^j
20 cis 11-14 Eikosadienoik Asit C20:2	1,02±0,00 ^{ghij}
21 Behenik Asit C22:0	0,22±0,01 ^{ij}
22 cis 8-11-14 Eikosatrienoik Asit C20:3n6	0,12±0,00 ^j
23 Erucic Asit C22:1n9	0,61±0,07 ^{hij}
24 cis 11-14 -17 Eikosatrienoik asit C20:3n3	0,61±0,08 ^{hij}
25 Arasidonik Asit C20:4n6	0,36±0,00 ^{ij}
26 Trikosanoik Asit C23:0	0,21±0,21 ^{ij}
27 cis 5-8-11-14-17 Eikosapentaenoik Asit C20:5n3	3,03±0,02 ^{ef}
28 cis 13-16 Dokosadienonik Asit C22:2	0,10±0,00 ^j
29 Lignoserik Asit C24:0	0,27±0,01 ^{ij}
30 Docosahegzaenoik Asit C22:6n3	6,41±0,00 ^d
ΣSFA	20,64
ΣUFA	70,49
ΣMUFA	37,36
ΣPUFA	33,14
Σn-6 PUFA	19,87
Σn-3 PUFA	12,15
n-3/n-6	0,61

ORT±SH: Ortalama±Standart Hata (n=2), Aynı sütunda farklı üstsel harfler bulunduran değerler arasında istatistik fark vardır(P<0,05).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Türkiye’de çok sayıda su ürünleri işleme tesisi bulunmaktadır. Bunların sayıları ise her geçen gün artmaktadır. Bu işletmelerde balık artıkları oldukça fazla olup bu artıklar protein ve balık yağı açısından oldukça zengindir. Son yıllarda ülkemizde su ürünleri işleme endüstrisi artıklarının balık yemlerinde balık ununun yerini alabilecek protein içeriği yüksek hidrolize balık proteini ve bu üretim süreci içerisinde elde edilen balık yağı üretimine yönelik ticari işletmeler faaliyete geçmiş bulunmaktadır.

Ülkemiz balık yetiştirme ve işleme konusunda dünya standartlarını yakalamış ve üstün kalite ve standartlarındaki ürünleri yurt dışı pazarlarına başarıyla sunmaktadır. Buna karşın ülkemizde balık artıklarının fermentasyon yoluyla değerlendirilmesine yönelik çalışmalar ise sınırlı sayıda kalmıştır. Özellikle Danimarka ve Norveç gibi İskandinav ülkelerinde balık silajı üretiminin önemli olduğu bilinmektedir. Balık silajı, Norveç'te çoğunlukla kürk hayvanları için bir yem olarak kullanılırken daha sonra bu teknoloji somon yetiştiriciliğinde uygulanmaya başlanmış ve iyi sonuçlar elde edilmiştir (Çaklı 2008; Çolakoğlu ve Künili 2016; Jónsson ve Viðarsson 2016). Norveç'te önemli bir kısmı su ürünleri işleme yan ürünlerinden olmak üzere, yılda yaklaşık 140 bin ton balık silajı üretimi gerçekleştirilmektedir. Balık unu ile balık silajı karşılaştırıldığı zaman daha ekonomik olması sebebiyle kanatlı ve büyük baş hayvan üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Rustad, 2003).

Güllü vd. (2015)'ne göre balık silajı; parçalanmış veya kıyılmış balık veya balık işleme artıklarına asit eklenerek, enzimatik faaliyetlerle sıvılaştırma şeklinde oluşturulan bir üründür. Balık silajı üretiminde, genellikle büyük miktarlarda yakalanan endüstriyel pelajik balıklar (çaça, ringa balığı, gibi) ve balık işleme artıkları hammadde olarak kullanılmaktadır. Asit hidroliz yöntemi ile üretimi sırasında genellikle formik asit kullanıldığı bildirilmektedir (Archer vd. 2001).

Küresel balık işleme sanayileri, işlenmiş balıkların % 60'ın dan fazlasını oluşturan balık artıklarını imha etmektedir. Çevre kirliliği ve artık problemleri yerine, bu artıkların silaj ve balık unu olarak üretime kazandırılması, hatta proteinler, hidrolizatlar, biyoaktif peptidler, kollajen ve jelatin gibi katma değeri daha yüksek ürünlere dönüştürülmesi önemli bir konudur. Protein hidrolizatları (FPH) şu anda balık artıklarının endüstriyel potansiyelini düşürmeye odaklanmaktadır. Bu ürünlerin amino asit içerikleri en büyük ilgi görmektedir. FPH'nin işlevsel ve biyoaktif özelliklerine ilişkin araştırmalara yoğunlaşılması gerekliliği bildirilmektedir (Halim vd., 2016).

Balık silajının balık işleme ürün artıklarından hazırlanması için gereken süre, karışıma eklenen formik asit miktarına ve ortamın sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Karışıma ilave edilen formik asit miktarının artırılması artıkların sıvılaştırma süresini kısaltmakta ancak üretim maliyetini artırmaktadır (Hossain ve Alam 2015). Silaj üretiminde depolamaya bağlı olarak pH değeri silaj ürünlerinin kalitesinin değerlendirilmesinde iyi bir indikatör olarak bilinmektedir (Tezel vd., 2016). Çalışmamız kapsamında kültür deniz balıkları işleme artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle elde edilen balık silajının üretim basamakları içerisindeki pH değeri 3,62-3,89 aralığında bulunmuştur (Tablo 1). Hossain ve Alam (2015) tarafından market artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle silaj üretimine yönelik çalışmalarında bulgularımızla uyumlu şekilde sıvı silajın pH'sı 3,77 olarak tespit edilmiştir. Çalışmamızla uyumlu şekilde Tezel vd., (2016) tarafından bütün inci kefali ve balıkçılık işleme artıklarından üretilen balık silajlarının pH içeriği 3,8-4,0 aralığında bildirilmiştir. Ramasubburayan vd. (2013) tarafından deniz balıkları işleme artıklarından farklı oranlarda formik asit kullanılarak üretilen balık silajının besinsel kalite karakteri belirlenmiştir. Bu çalışmada uygulanan asit yüzdesine (%2, %2,5 ve %3) bağlı olarak değişmekle birlikte pH değeri başlangıçta 5,23-4,60 aralığında, çalışma bulgularımıza uyumlu olarak 30. günde ise 3,42-3,98 aralığında bildirilmiştir. Çalışmamızla uyumlu şekilde Kristanto ve Riyadi (2018) tarafından kimyasal ve biyolojik silaj işleminin karşılaştırıldığı çalışmalarında, ton balığı kafa ve içorganları kullanılarak %3 formik asit ile 40 günlük muamele sonucu elde edilen balık silajının pH değeri 3,79 olduğu bildirilmiştir. Balık artıkları laktik asit bakterisi (*L. plantarum*), sülfirik asit ve organik asit karışımları (formik asit ve propiyonik asit) (1:1) kullanılarak silaj üretimi gerçekleştirilen bir çalışmada %4 (w/w) sülfirik asit ve %4 (w/w) organik asit karışımlarının (formik asit ve propiyonik asit) (1:1) balık silaj üretimi için en ideal oran olduğu bildirilmiştir (Pagarkar vd., 2006).

Kültür deniz balıkları işleme artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle üretilen balık silajının üretim süreci içerisindeki kuru madde içeriği asit hidroliz aşamasında %44,16'iken, son aşamada ise %19,60 olarak tespit edilmiştir (Tablo 2). Ramasubburayan vd. (2013) tarafından deniz balıkları işleme artıklarından farklı oranlarda formik asit kullanılarak üretilen balık silajının besinsel kalite karakteri belirlenmiştir. Bu çalışmada uygulanan asit yüzdesine (%2, %2,5 ve %3) bağlı olarak değişmekle birlikte kuru madde içeriği başlangıçta %19,15-%21,33 aralığında, çalışma bulgularımıza uyumlu olarak 30. günde ise %9,33-3,98 aralığında bildirilmiştir. Madage vd. (2015) tarafından kırmızı tilapia yan ürünlerinden formik asit ile üretilen silajda kuru madde içeriği bulgularımızla uyumlu olarak 200 g/kg (%20) olduğu bildirilmiştir.

Çalışmamız kapsamında kültür deniz balıkları işleme artıklarından asit hidroliz yöntemiyle üretilen balık silajının protein içeriği kuru ağırlıkta % 48,26, yağ ağırlıkta ise % 9,44 olarak bulunmuştur

(Tablo 1-2). Ramasubburayan vd. (2013) tarafından deniz balıkları işleme artıklarından farklı oranlarda formik asit kullanılarak üretilen balık silajının besinsel kalite karakteri belirlenmiştir. Bu çalışmada uygulanan asit yüzdesine bağlı olarak değişmekle birlikte kuru ağırlıkta ham protein içeriği depolamanın başlangıçta %40,38-%40,62 aralığında, 30. günde ise %36,06-%38,40 aralığında bildirilmiştir. Hossain ve Alam (2015) tarafından market artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle silaj üretimine yönelik çalışmalarında bulgularımızdan farklı olacak şekilde sıvı silajın protein içeriği %12 olarak bildirilmiştir. Bu farklılığın sebebi olarak kullanılan asidin yüzde konsantrasyonu ve balık türlerindeki farklılıklar olduğu düşünülmektedir. Madage vd. (2015) tarafından kırmızı tilapia yan ürünlerinden formik asit ile üretilen silajda yaş ağırlıkta ham protein içeriği bulgularımızla uyumlu olarak 97 gkg^{-1} (%9,7) olduğu bildirilmiştir. Bulgularımızla benzer şekilde Tezel vd., (2016) yılında bütün inci kefal ve balıkçılık işleme artıklarından üretilen balık silajlarının ham protein içeriği kuru ağırlıkta sırasıyla %47,38 ve %37,20 olarak bildirilmiştir. Kristanto ve Riyadi (2018) tarafından kimyasal ve biyolojik silaj işleminin karşılaştırıldığı çalışmalarında, ton balığı kafa ve iç organları kullanılarak %3 formik asit ile 40 günlük muamele sonucunda elde edilen balık silajının kuru ağırlıkta protein içeriği çalışmamızla uyumlu şekilde %10,7 olarak bulunmuştur.

Kültür deniz balıkları işleme artıklarından hidrolize protein üretimi çalışması sonucunda son aşamada balık silajının kuru ağırlıkta ham yağ içeriği %15,17 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Ramasubburayan vd. (2013) tarafından balık silajı üzerine yapılan çalışmada; kuru ağırlıkta lipit içeriği %2 asit uygulanmış örneklerde başlangıçta %8,08, depolamanın 30. gününde ise %10,66, %2,5 asit uygulanmış örnekte başlangıçta %8,19, 30. günde %11,19 ve %3 asit uygulanmış örnekte ise başlangıçta %8,27, 30. günde %12,24 olarak bildirilmiştir. Hossain ve Alam (2015) tarafından market artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle silaj üretimine yönelik çalışmalarında bulgularımızdan farklı olacak şekilde kurutulmuş toz halindeki silajın lipit içeriği %33,73 olarak bildirilmiştir. Bu farklılığın henüz örnekten yağ fazının ayrılmamış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Madage vd. (2015) tarafından kırmızı tilapia yan ürünlerinden formik asit ile üretilen silajda yaş ağırlıkta ham yağ içeriği 76 gkg^{-1} (%7,6) olduğu bildirilmiştir. Bulgularımızdan farklı olarak Tezel vd., (2016) tarafından, bütün inci kefalinden üretilen balık silajında kuru ağırlıkta ham yağ içeriği başlangıçta %26,79 iken asit ile muamele işleminin 150. gününde %25,93 olarak bildirilmiştir. Balıkçılık işleme artıklarından üretilen balık silajlarının kuru ağırlıkta ham yağ içeriği ise başlangıçta %30,21 iken asit ile muamele işleminin 150. gününde %32,71 olarak saptanmıştır. Kristanto ve Riyadi (2018) tarafından kimyasal ve biyolojik silaj işleminin karşılaştırıldığı çalışmalarında ton balığı kafa ve iç organları kullanılarak %3 formik asit ile 40 günlük muamele sonucunda elde edilen balık silajının yaş ağırlıkta lipit içeriği çalışmamızla uyumlu şekilde %1 olarak bulunmuştur.

Çalışma sonuçlarına göre üretilen balık silajının kuru ağırlıkta ham kül içeriğinin %17,01, yaş ağırlıkta ise %3,34 olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1). Ramasubburayan vd. (2013) tarafından balık silajı üzerine yapılan çalışmada; kuru ağırlıkta kül içeriği farklı yüzdelerde (%2, %2,5 ve %3) asit uygulanmış örneklerde %14,04 ile %14,60 aralığında tespit edilmiş olup bizim bulgularımızdan daha düşük olduğu görülmektedir. Hossain ve Alam (2015) tarafından market artıklarından formik asit hidroliz yöntemiyle silaj üretimine yönelik çalışmalarında bulgularımızdan uyumlu olacak şekilde sıvı silajın kül içeriği %3,73 olarak bildirilmiştir. Madage vd. (2015) tarafından kırmızı tilapia yan ürünlerinden formik asit ile üretilen silajda yaş ağırlıkta kül içeriği bulgularımızla uyumlu olarak 36 gkg^{-1} (%3,6) olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızdan farklı olarak Kristanto ve Riyadi (2018) tarafından ton balığı kafa ve iç organları kullanılarak %3 formik asit ile 40 günlük muamele sonucunda elde edilen balık silajının yaş ağırlıkta kül içeriği %8,5 olarak bulunmuştur.

Liyofilize edilerek kurutulmuş hidrolize protein örneklerinde yapılan mikrobiyolojik kalite analiz sonuçlarına göre toplam koliform ve psikrofil bakteri bulunmamış, toplam mezofilik aerob bakteri yükü ise 5,3-5,7 log kob/g aralığında belirlenmiştir (Tablo 3). Benzer şekilde Tezel vd. (2016) tarafından balıkçılık işleme artıklarından üretilen balık silajının asitle muamelenin 60. gününden sonra toplam aerobik mezofilik bakteri yükü, laktik asit bakteri sayısı ve maya-küf tespit edilmemiştir. Kristanto ve Riyadi (2018) tarafından kimyasal ve biyolojik silaj işleminin karşılaştırıldığı çalışmalarında, ton balığı kafa ve içorganları kullanılarak %3 formik asit ile 40 günlük muamele sonucunda elde edilen balık silajının yaş ağırlıkta mikrobiyolojik kalite analizlerinde toplam psikrofilik aerob bakteri yükünün azaldığı bildirilmiştir.

Balık yağları, esansiyel özellikli yağ asitlerini kapsayan doymamış yağ asit (UFA) içeriği yüksek ve fosfor, magnezyum, kalsiyum gibi mineralleri de önemli oranda ihtiva eden yağlardır. Yapılan

çalışmalar sonucunda; su ürünleri kaynaklı omega-3 yağ asitlerinin tansiyon, kanser, kardiyovasküler sistem hastalıklar, immün sistem kaynaklı rahatsızlıklarda koruyucu etki gösterdiği belirlenmiştir. Omega-3 yağ asitleri katkılı fonksiyonel ürünlerin, beslenme takviyeleri, fonksiyonel gıda, bebek mamaları ve meşrubatlarda gıda destek ürünü olarak kullanıldığı da bildirilmektedir (Rustad, 2003; Strobel vd., 2012).

Yoğun proteinize balık silajı üretimi işlemi sırasında elde edilen balık yağının yağ asit analiz sonuçlarına göre otuz (30) farklı yağ asidi belirlenmiş, toplam doymuş yağ asidi miktarı %20,64, doymamış yağ asidi miktarı ise %70,49 olarak bulunmuştur. Ayrıca toplam n-3 yağ asidi miktarı %12,15, toplam n-6 yağ asidi miktarı %19,87 ve n-3/n-6 oranı %0,61 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Çalışma sonuçlarımızdan farklı olarak Tezel vd., (2016) tarafından balıkçılık işleme artıklarından üretilen balık silajının asitle muamelenin başlangıcında toplam doymuş yağ asit miktarı %18,77 ve toplam doymamış yağ asit miktarı %57,10 (toplam tekli doymamış yağ asit miktarı %37,02, toplam çoklu doymamış yağ sit miktarı %20,09), toplam n-3 %6,67 ve n-6 3,51 olarak bildirilmiştir.

Sonuç olarak; mevcut çalışma ile su ürünleri işleme tesisi artıklarının, balık yem endüstrisi için balık unu ve yağı olarak kullanılabilir kalitede hidrolize balık proteini ve yağı eldesine uygun olduğu, yem sanayisi için alternatif bir ham madde kaynağı oluşturabileceği, artıkların bu şekilde değerlendirilerek çevre kirliliğinin önüne geçilebileceği gibi yeni hidrolize balık proteini ve balık yağı üretim tesislerinin kurulmasıyla bölge ve ülke istihdamına önemli katkılar sağlanabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Fatma YAMUÇ'un Yüksek Lisans tezinden özetlenmiştir. Çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 17/026 proje numarası ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Akçelik, M., Ayhan, K., Çakır, İ., Doğan, H.B., Gürgün, V., Halkman, A.K., Kaleli, D., Kuleaşan, H., Özkaya, D.F., Tunail, N. ve Tükel, Ç. (2000) *Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları*. II. Baskı. Sim Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara.
- AOAC, (1990) *Method No: 934.06, Association of Official Agriculture Chemists. Official Methods of Analysis*, 15th Ed. Published by AOAC Benjamin Franklin Station, Washington, DC.
- AOAC, (2005a) *Method No: 928.08. Nitrogen in meat. In Official Methods of Analysis*, 18th Ed., Assoc. of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, Maryland.
- AOAC, (2005b) *Method 960.39. Fat (crude) or ether extract in meat*. 18th Ed., Assoc. of Official Analytical Chemist, Gaithersburg, Maryland.
- Archer, M., Watson, R., ve Denton, J. W. (2001) *Fish Waste Production in the United Kingdom - The Quantities Produced and Opportunities for Better Utilisation*. The Sea Fish Industry Authority, Seafish Technology, Seafish Report Number SR537, 1-57.
- Bligh, E. G. ve Dyer, W. J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemistry Physiology*. 37: 911-917.
- Çaklı, Ş. (2008) *Su ürünleri işleme teknolojisi (Alternatif Su Ürünleri İşleme Teknolojileri)*, Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 77, İzmir.
- Borghesi, R., Arruda, L.F. ve Oetterer, M. (2008) Fatty acid composition of acid, biological and enzymatic fish silage. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*. 26: 205-212.
- Çolakoğlu, F. ve Künili, İ.E., (2016) Su Ürünleri Atıkları ve Değerlendirme Olanakları, *Dünya Gıda Dergisi*, 1: 58-64.
- FAO, (1992), The State of Food and Agriculture. FAO Agriculture Series No: 25, Roma.
- Güllü, K., Güzel, S. ve Tezel, R. (2015) Producing silage from the industrial waste of fisheries. *Ekoloji*, 24(95): 40-48.
- Gündüz, H., Öztürk, F., Hamzaçebi, S., Akpınar, M.D. (2018). Su Ürünleri İşleme atıklarının değerlendirilmesi. *Aquat. Sci. Eng.*, 33(1): 1-5.
- Halim, N. R. A., Yusof, H. M., ve Sarbon, N.M., (2016) Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51: 24-33.
- Ichihara, K., Shibahara, A., Yamamoto, K., & Nakayama, T. (1996). An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*, 31, 535-539.
- Goddard, J.S. ve Perret, J.S.M. (2005) Co-drying fish silage for use in aquafeeds. *Animal Feed Science and Technology*. 118: 337-34.

- Hossain, U. ve Alam, A.K.M.N. (2015) Production of Powder Fish Silage From Fish Market. Wastes. *Saarc J. Agri*, 13(2): 13-25.
- Jónsson, A., ve Viðarsson, J. R.. (2016) By-products from whitefish processing. *Matis - Food Research, Innovation & Safety*,1(2): 1-36.
- Kılınç, B. (2007). Balık atıklarının değerlendirilmesi. *Su Ürünleri Dergisi*, 24(3): 315-319.
- Kristanto, G.A. ve Riyadi, A. (2018) Waste minimization of fishery industry in Muara Angke, Jakarta: a comparison of chemical and biological silage processes. IOP Conf. Ser.: *Earth Environ. Sci.* 200, 012021:1-6.
- Madage, S.S.K., Medis, W.U.D. ve Sultanbawa. Y. (2015) Fish Silage as Replacement of Fishmeal in Red Tilapia Feeds. *Journal of Applied Aquaculture*, 27: 95–106.
- Mol, S. (2004) Su ürünleri alternatif ürün sanayi. Su İşleme Teknolojisi, Varlık, C. (Ed.). İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Fak. Yayın No:7, 441-476.
- Pal, G.K. ve Suresh, P.V. (2016) Sustainable valorisation of seafood by-products: Recovery of collagen and development of collagenbased novel functional food ingredients. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37: 201-215.
- Pagarkar, A.U., Basu, S., Mitra, A., Sahu, N.P. (2006) Preparation of biofermented and acid silage from fish waste and its biochemical characteristic. *Biotechnology and Environmental Sciences*, 8(2): 381- 387.
- Ramasubburayan, R., Iyapparaj, P., Subhashini, K.J., Chandran, M.N., Palavesam, A. ve Immanuel, G. (2013) Characterization ve nutritional quality of formic acid silage developed from marine fishery waste and their potential utilization as feed stuff for common carp cyprinus carpio fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 281-289.
- Rustad, T. (2003) Utilisation of marine by-products. *In Electronic Journal of vironmental, Agriculture and Food Chemistry*, 2 (4): 458-463.
- Sekin, Y. ve Karagözlü, N. (2004) *Gıda Mikrobiyolojisi. Gıda Endüstrisi İçin Temel Esaslar ve Uygulamalar*. Klaus Pichhardt 4. Basımdan Çeviri. Literatür Yayıncılık: 115, İstanbul, 358s.
- Strobel, C., Jahreis, G. ve Kuhnt, K. (2012) Survey of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish and fish products. *Lipids in Health and Disease*. 11: 144- 152.
- Taylor, T. ve Alasalvar, C. (2002) *Improved utilisation of fish and shellfish waste. Seafoods - quality, technology and nutraceutical applications*. Springer. 123- 136.
- Tezel, R., Güllü, K., Alisharlı, M., Ekici, K. ve Güzel, Ş. (2016) A Study On Chemical ve Microbiological Composition of Silage Made of Industrial Fisheries Processing Waste. *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(1) : 30-37.
- Ünlütürk, A. ve Turantaş, F. (2002) *Gıdaların Mikrobiyolojik Analizi*. II. Baskı. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. Bornova. İzmir.
- Varlık, C., Uğur, M., Gökoğlu, N. ve Gün, H. (1993) *Su Ürünlerinde Kalite Kontrol İlke ve Yöntemleri*. Gıda Teknolojisi Derneği, Yayın No:17, İstanbul, 174 ss.

Checklist of the Marine Brachyura of the North Western Persian-Arabian Gulf, with the New Record of *Phalangipus persicus* Griffin, 1973 (Crustacea: Brachyura: Epialtidae MacLeay, 1838) from the Iraqi Coast

Amaal Gh. YASSER^{1*}, Murtada D. NASER¹, Khaled Kh S. AL-KHAFAJI¹

¹Marine Science Centre, University of Basrah, Basrah, Iraq

*Corresponding author: email: a.ghazyasser@gmail.com

Research Article

Received 31 March 2021; Accepted 04 June 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Yasser, A., Naser, M., & Al-Khafaji, K. (2021). Checklist of the marine Brachyura of the northwestern Persian-Arabian Gulf, with the new record of *Phalangipus persicus* Griffin, 1973 (Crustacea: Brachyura: Epialtidae MacLeay, 1838) from the Iraqi coast. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 525-531. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.895968>

Abstract

The checklist of the marine Brachyura from the Iraqi coast has been analyzed and presently it comprises 29 species. The Pilumnidae, Leucosiidae, Camptandriidae, and Macrophthalmidae are the most diverse families in the northwestern Persian-Arabian Gulf. Specimens of *Phalangipus persicus* Griffin, 1973 have been collected from the northwest of the Persian-Arabian Gulf, Iraq, at the Fao region in July 2019. This species is widely distributed in the Persian-Arabian Gulf, Iran, Saudi Arabia, and UAE; however, it is recorded for the first time from the Iraqi coasts.

Keywords: Checklist, Fao region, *Phalangipus persicus*, Brachyura

Kuzeybatı Basra-Arap Körfezi'nde Denizel Brachyura'nın Tür Listesi ve *Phalangipus persicus* Griffin 1973'in, Irak Kıyılarından Yeni Kaydı (Crustacea: Brachyura: Epialtidae MacLeay, 1838)

Özet

Irak kıyılarında denizel Brachyura'nın tür listesinin 29 türden oluştuğu tespit edildi. Pilumnidae, Leucosiidae, Camptandriidae ve Macrophthalmidae, kuzeybatı Basra-Arap Körfezi'ndeki en yaygın familyalardır. *Phalangipus persicus* Griffin, 1973'ün örnekleri Temmuz 2019'da Irak'taki Basra Körfezi'nin kuzeybatısındaki Fao bölgesinden toplanmıştır. Bu tür, Basra-Arap Körfezi, İran, Suudi Arabistan ve BAE'de yaygın olarak bulunmaktadır. Irak kıyılarından ilk kez kaydedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kontrol listesi, Fao bölgesi, *Phalangipus persicus*, Brachyura

INTRODUCTION

The investigated area comprises Shatt Al-Arab estuary and many open lagoons, such as Khor Al-Khafga, Khor Al-Umaya, Khor Al-Rocka, and Khor Abdullah, which occupy the northwesternmost tip of the Arabian Gulf (Albadran et al., 2016). Given the limitation of 105 km of Iraqi coastline, 1034 km² of the continental shelf, and 716 km² of the territorial sea, these territories are considered the most productive region in the Gulf due to the Shatt Al-Arab River running off (Bibik et al., 1970).

Naderloo (2017) illustrated 256 species of Brachyura from the Persian Gulf and the Gulf of Oman, subsequently described or recorded in previous studies, such as Naser (2009); Ng et al. (2009); Naser et al. (2010); Naser (2011); Naser et al. (2012); Naser et al. (2013). New records followed from the Iraqi coast, such as Naser (2018); Naser (2019); Yasser and Naser (2019a); Yasser and Naser (2019b), and Yasser et al. (2021).

The genus *Phalangipus* (Latreille, 1828) is represented by only one species that is *P. persicus* Griffin, 1973 in the Persian-Arabian Gulf (Naderloo, 2017). Although the length of the coast is much larger in Kuwait and the habitat variation as well compared to the Iraqi coast, the species was not known from Kuwaiti coasts (Jones, 1986), while the species was recorded from Iran (Stephensen, 1946), from Saudi Arabia (Basson, et al., 1977) and UAE (Nobili, 1905).

In the present paper, a first checklist of the marine Brachyura of the northwestern Persian-Arabian Gulf, more precisely the Iraqi coasts, is provided based on the original and recently published data and the record of *P. persicus* is given.

MATERIALS AND METHODS

To prepare the comprehensive checklist of the known brachyuran specimens from Iraqi coasts the search in the Web of Science and Google Scholar sites were performed with the keywords *Brachyura, *Iraq, *Persian Gulf. A search in the Marine Science Centre (MSC) in Basrah, Iraq, was also carried out and the Library of the Basrah University, Iraq, was consulted.

Two specimens of *Phalangipus persicus* were collected from the northwestern Persian-Arabian Gulf, Fao region (Fig. 1) in July 2019. The specimens were cleaned, as they were covered with silt mud, photographed, preserved in 70% alcohol, and deposited in the Marine Science Centre (MSC), University of Basrah, Iraq. Sizes were recorded in millimetres (mm). Classification of the species was adopted from Naderloo (2017) and Griffin (1973). The following abbreviations were used: CW: carapace width; CL: carapace length.

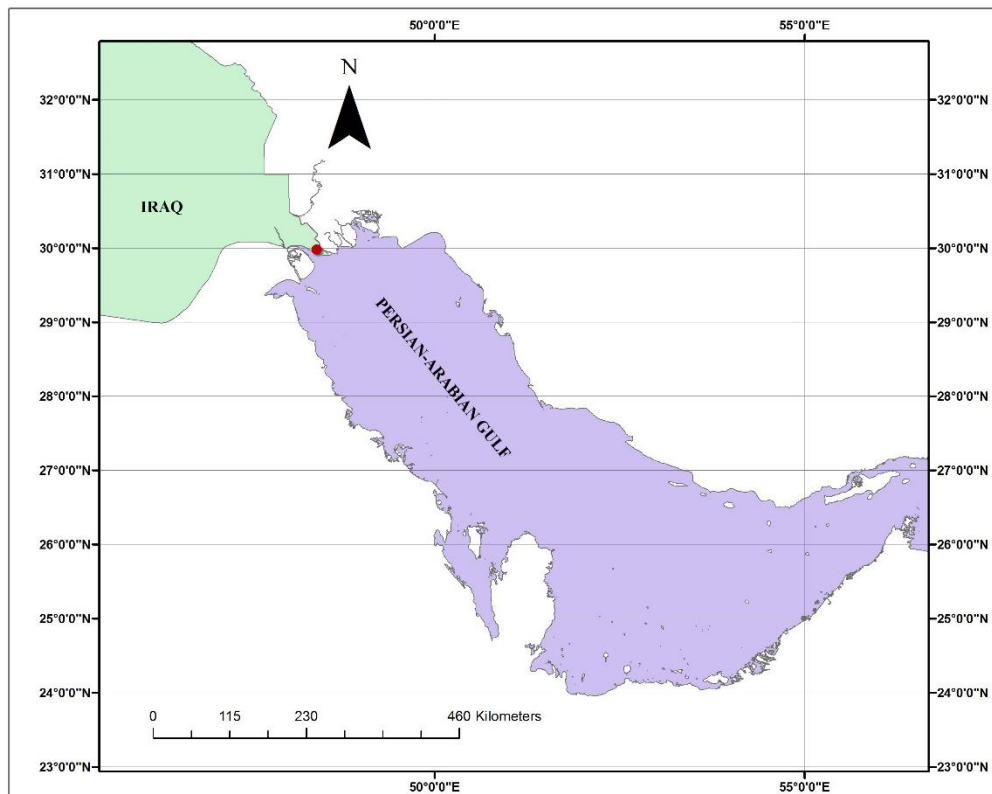


Figure 1. Sampling site (red dot)

RESULTS AND DISCUSSION

The first checklist of the brachyuran marine crabs of the Persian-Arabian Gulf, with particular attention to the Iraqi coast, is given in Table 1, where 29 valid species belonging to 14 families are listed. The most diverse family is Pilumnidae which is composed of 4 genera and 5 species (18%), followed by Leucosiidae (4 genera; 4 species 14%), and Camptandriidae (4 genera; 4 species 14%), Macrophthalmidae (3 genera; 3 species 11%). With 2 genera and 2 species (7%) the following families: Epialtidae, Varunidae, and Sesarmidae are present (Table 1).

The investigated area, the 105 km of Iraqi coast, seems to have a consistent Brachyuran fauna, even if the preliminary purpose of this paper, corroborating the fact that this territory is considered a productive region in the Gulf.

However, there are still limitations or insufficient samplings of Brachyura from the Arabian side of the Persian-Arabian Gulf, including many parts of UAE, Qatar, and Bahrain (Al-Kandari et al., 2020). A quite exhaustive sampling has been taken on the Iranian side of the Persian-Arabian Gulf and Gulf of Oman, which is particularly rich in decapod fauna (Naderloo, 2017).

Phalangipus persicus Griffin, 1973 (Fig. 2)

Examined material: 2 females (CL = 20.22 mm, CW = 16.50 mm, CL = 18.30 mm, CW = 14.90 mm) (MSC 98).

Description - Carapace broad pyriform; rostrum very short, usually longer than broad. Carapace with blunt spines. Branchial region has 4 small tubercles. Posterolateral region with 1-3 small spines or tubercles, while epibranchial region smooth. The rostrum is markedly short. Supraorbital hiatus with an intercalated spine. First walking legs longer than others, meri of all legs with a strong spine anteriorly on distal margin (Fig. 2). The abdomen of females with seven free moving somites.

Along the Iraqi coast, *P. persicus* lives subtidal up to 32 m on sandy and muddy substrates. The species is widely distributed in north western Indian Ocean, Red Sea, Gulf of Aden, and Persian-Arabian Gulf. Although the species was recorded from Iran as *P. longipes* (Stephensen 1946), from Saudi Arabia as *P. longipes* (Basson et al., 1977) and from UAE as *P. arachnoides* (Nobili, 1905), it is the first record from the Iraqi coast. Griffin (1973: 188-190) described the species from the Iranian Gulf, 10-49 m depth.



Figure 2. *Phalangipus persicus* Griffin, 1973. Female, CL = 20.22 mm, CW = 16.50 mm (MSC 98).

Table 1. Families and species list of marine Brachyura of the northwestern Persian-Arabian Gulf, Iraqi coast

Family	Species	Locality	References
Dorippidae	<i>Dorippe quadridens</i> (Fabricius, 1793)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Yasser and Naser, 2019b
Matutidae	<i>Matuta planipes</i> (Fabricius, 1798)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Al-Khafaji et al., 2017e
Leucosiidae	<i>Arcania erinacea</i> (Fabricius, 1787)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Yasser and Naser 2019a
	<i>Ixa holthuisi</i> (Tirmizi, 1970)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Yasser and Naser 2019a
	<i>Seulocia anahita</i> (Galil, 2005)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Yasser and Naser 2019a
	<i>Hiplyra sagitta</i> (Galil, 2009)	Rass Al-Beshaa area from the lower reaches of the Shatt Al-Arab in Fao city, Iraq	Al-Khafaji et al., 2017a
Hymenosomatidae	<i>Neorhynchoplax kempfi</i> (Chopra & Das, 1930)	Shatt Al-Arab, Basra, Iraq	Chopra and Das, 1930
Pilumnidae	<i>Eurycarcinus integrifrons</i> (de Man, 1879)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Naser, 2018
	<i>Eurycarcinus orientalis</i> (A. Milne Edwards, 1867)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Naser, 2019
	<i>Pilumnus savignyi</i> (Heller, 1861)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Yasser et al., 2020
	<i>Halimede tyche</i> (Herbst, 1801)	Khor Abudallah south Fao city, Iraq	Al-Khafaji et al., 2017d
	<i>Pilumnopeus convexus</i> (Maccagno, 1936)	Khor Al-Zubair, Basra, Iraq	Al-Khafaji, et al., 2017f
Epiplatidae	<i>Hyastenus hilgendorfi</i> (de Man, 1887)	Rass Al-Beshaa area from the lower reaches of the Shatt Al-Arab in Fao city, Iraq	Al-Khafaji, et al., 2017b
	<i>Phalangipus persicus</i> (Griffin, 1973)	North west of the Persian-Arabian Gulf, Fao region, Iraq	Present study

Xanthidae	<i>Atergatis laevigatus</i> (A. Milne-Edwards, 1865)	Fao region, Basra, Iraq	Al-Khafaji, et al., 2017c quoted as <i>Atergatis roseus</i> — Heller 1861-
Portunidae	<i>Portunus (Portunus) segnis</i> (Forskål, 1775)	Fao region, Basra, Iraq	unpublished record
Varunidae	<i>Eriocheir hepuensis</i> (Dai, 1991)	Shatt Al-Basra Canal, Basra, Iraq	Naser et al. 2012
	<i>Metaplax indica</i> (H. Milne Edwards, 1852)	Fao region, Basra, Iraq	Al Maliky et al., 2016
Camptandriidae	<i>Leptochryseus kuwaitensis</i> (Jones and Clayton, 1983)	Fao region, Basra, Iraq	Ng et al., 2009
	<i>Manningis arabicum</i> (Jones and Clayton, 1983)	Shatt Al-Basrah, Basra, Iraq	Ng et al., 2009
	<i>Nasima dotilliformis</i> (Alcock, 1900)	Fao region, Basra, Iraq	Ng et al., 2009
	<i>Opusia indica</i> (Alcock, 1900)	Fao region, Basra, Iraq	Ng et al., 2009
Macrophthalmidae	<i>Ilyograpsus rhizophorae</i> (Barnard, 1955)	Khor Al-Zubair, Basra, Iraq	Yasser et al., 2020
	<i>Venitus dentipes</i> (Lucas, 1836)	Fao region, Basra, Iraq	Yasser et al., 2013
	<i>Macrophthalmus (Mareotis) laevis</i> (A. Milne-Edwards, 1867)	Fao region, Basra, Iraq	Yasser et al., 2013
Sesarmidae	<i>Nanosesarma sarii</i> (Naderloo & Türkay, 2009)	Khor Al-Zubair, Basra, Iraq	Naser et al., 2013
	<i>Parasesarma persicum</i> (Naderloo & Schubart, 2010)	Khor Al-Zubair, Basra, Iraq	Naser, 2011
Ocypodidae	<i>Austruca sindensis</i> (Alcock, 1900)	Khor Al-Zubair, Basra, Iraq	Naser et al., 2010
Dotillidae	<i>Ilyoplax stevensi</i> (Kemp, 1919)	Shatt Al-Basrah, Basra, Iraq	Yasser et al., 2021

CONFLICTS of INTEREST

There are no conflicts of interest between the Authors.

ACKNOWLEDGEMENT

We would like to thank the anonymous reviewers for their valuable comments and suggestions to improve the quality of the paper.

REFERENCES

- Al Maliky, T. H. Y., Naser, M. D., Yasser, A. Gh., Ghazi, A.H. (2016). New record of the grapsoid crab *Metaplax indica* H. Milne-Edwards, 1852 (Decapoda: Brachyura: Thoracotremata) from the NW of the Arabian Gulf, Iraq. *Arthropods*, 5, 23–27.
- Albadran, B.N. Al-Mulla, S.T. and Abd-Alqader, M.M. (2016). Physiographic study of Shatt Al-Arab Delta south of Iraq by application of Remote Sensing Technique. *Mesopotamian Journal of Marine Science*, 31, 169–180.
- Al-Kandari, M., Anker, A., Hussain, S., Al-Yassen, Sh., Sattari, Z., & De Grave, S. (2020). New records of Decapod Crustaceans from Kuwait (Malacostraca: Decapoda). *Zootaxa*, 4803, 251–280.
- Al-Khafaji, K. K., Abdul-Sahib, I. M., & Ajeel, S.G. (2017a). First records of Leucosiid crabs: *Hiplyra sagitta* (Galil, 2009) from Iraqi coast, NW-Arabian Gulf. *International Journal of Aquaculture*, 7, 139-142.
- Al-Khafaji, K. K., Abdul-Sahib, I. M., & Ajeel, S.G. (2017b). The Epiplatid crab: *Hyastenus hilgendorfi* (De Man, 1887) a new spider crab record from Iraqi coast, NW-Arabian Gulf. *International Journal of Marine Science*, 7, 462-465.

- Al-Khafaji, K. K., Al-Waeli, A. A., & Al-Maliky, T.H. (2017c). New records of Xanthid crabs *Atergatis roseus* (Rüppell, 1830) (Crustacea: Decapoda: Brachyura) from Iraqi Coast, south of Basrah City, Iraq. *Arthropods*, 6, 54–58.
- Al-Khafaji, K. K., Mutlak, F. M., & Ukash, A.N. (2017d). New records of crabs: *Halimede tyche* (Herbst, 1801) (Crustacea: Decapoda) from Iraqi Coast, Iraq. *International Journal of Marine Science*, 7, 272-274.
- Al-Khafaji, K. K., Mutlak, F. M., & Yaseen, A.T. (2017e). First finding of Matutid crabs: *Matuta planipes* Fabricius, 1798 (Crustacea: Decapoda) from Iraqi Coast and Garmat Ali River, Basrah Area, Iraq. *International Journal of Aquaculture*, 7, 122-125.
- Al-Khafaji, K. K., Saoud, K. D., & Al-Maliky, T.H. (2017f). First records of Pilumnid crabs *Pilumnopeus convexus* Maccagno 1936 (Crustacea, Decapoda, Pilumnidae) from Khor Al-Zubair Canal, south of Iraq. *International Journal of Marine Science*, 7, 361-365.
- Basson, P.W., Burchard, J.A., Hardy, J.T., P.A. (1977). Biotopes of the Western Arabian Gulf: Marine Life and Environments of Saudi Arabia, 284 pp.
- Bibik, V. A., Iushin, A. E., Spiridonov, B. A., Assrev, Y. P., & Kozakov, E.G. (1970). Results of the Investigations of the Third Research Expedition of Azcherniro on Board the SRTM Myslitel to the Arabian Gulf, December 1969-March 1970. Iraqi Fishery State Company, 124 pp.
- Chopra, B., & Das, K.N. (1930). Further Notes on Crustacea Decapoda in the Indian Museum. I. On Two New Species of Hymenosomatid Crabs, with Notes on Some Other Species. *Records of the Indian Museum*, 32, 413–429.
- Jones, D.A. (1986). A field Guide to the Seashores of Kuwait and the Arabian Gulf, 1-192. (University of Kuwait, Kuwait).
- Naderloo, R. (2017). Atlas of Crabs of the Persian Gulf. Atlas of Crabs of the Persian Gulf. 1st ed. 20. <http://lib.ugent.be/catalog/ebk01:3710000001631207>.
- Naser, M. (2011). The Sesarmid Crab *Parasesarma persicum* Naderloo and Schubart, 2010 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae), new to the Iraqi Coastal Waters of Khor AlZubair and Shatt Al-Basrah Canal, Basrah, Iraq. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 4, 185–190.
- Naser, M. (2019). A New Record of *Eurycarcinus orientalis* A. Milne-Edwards, 1867 (Decapoda, Brachyura, Pilumnidae) from the Northwestern Part of the Persian-Arabian Gulf. *Journal of Biological Studies*, 4, 160–164.
- Naser, M. (2009). First Record of the Freshwater Crab, *Potamon mesopotamicum* Brandis, Storch & Türkay, 1998 (Decapoda, Brachyura, Potamidae) from the Al-Huwaizah Marshes, Iraq. *Crustaceana*, 82, 1599–1602.
- Naser, M. (2018). A New Record of *Eurycarcinus integrifrons* De Man, 1879 (Decapoda, Brachyura, Pilumnidae) from NW of the Persian – Arabian Gulf, Iraq. *Journal of Biological Studies*, 1, 9–13.
- Naser, M., M. Ali, and & A. Yasser. (2010). New Record of the Fiddler Crab *Uca (Paraleptuca) sindensis* (Crustacea: Brachyura: Ocypodidae) from Khor Al-Zubair, Basrah, Iraq. *Marine Biodiversity Records*, 3, 1–3.
- Naser, M., T. Page, N. Ng, A. M, Yasser A., Bishop, J.M., Ng P.K.L., and & Clark, P.F. (2012). Invasive Records of *Eriocheir hepuensis* Dai, 1991 (Crustacea: Brachyura: Grapsoidea: Varunidae): Implications and Taxonomic Considerations. *BioInvasions Records*, 1, 71–86.
- Naser, M.D., Alkhafaji, Kh. S., Yasser, A. Gh., & Darweesh Hs. (2013). New Record of *Nanosesarma sarii* (Naderloo and Turkay, 2009) (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Sesarmidae) from Khor Al-Zubair, South of Iraq. *Bulletin of the Iraq Natural History Museum*. *Iraq Natural History Museum*, 12, 35–41.
- Ng, P.K.L., Rahayu, D., & Naser, M.D. (2009). The Camptandriidae of Iraq with description of a new genus and notes on *Leptochryseus* Al-Khayat & Jones, 1996 (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Zootaxa*, 2312, 1–26.
- Nobili, G. (1905). Décapodes nouveaux des Cotes d'Arabie et du Golfe Persique (Diagnoses Préliminaires). *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris* 11, 11, 158–164.
- Stephensen, K. (1946). The Brachyura of the Iranian Gulf. Danish Scientific Investigations in Iran, Part IV. (pp. 57–237). E. Munksgaard, Copenhagen.
- Yasser, A. G., Alkhafaji, K. S., Darweesh, H. S., & Naser, M.D. (2020). A New Record of the Hairy Crab *Pilumnus savignyi* Heller, 1861 (Pilumnidae Samouelle, 1819) from the Northwest of the Persian-Arabian Gulf. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14, 7575–7577.
- Yasser, A. G., Naser, M. D., & Jabbar, I.M. (2020). Far from the Persian-Arabian Gulf, *Ilyograpsus rhizophorae* Barnard, 1955 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Macrophthalmidae) as a New Record of Khur Al-Zubair, Basra, Iraq. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14, 7645–7649.
- Yasser, A. Gh. AbdulSahib, I. M., Naser, M. D., Al-Khafaji, Kh. Kh., & Darweesh, H.S. (2013). Two Records of *Macrophthalmus* Desmarest, 1823 (Decapoda: Brachyura: Thoracotremata) from the NW of the Arabian Gulf. *Arthropods*, 2(3), 105–110.

- Yasser, A., & Naser, M. (2019a). First Report of Leucosiid Crabs (Decapoda, Brachyura) from the Iraqi Coast of the Persian Gulf. *Journal of Biological Studies*, 2, 25–30.
- Yasser, A., & Naser, M. (2019b). A New Record of *Dorippe quadridens* (Fabricius, 1793) (Decapoda, Brachyura, Dorippidae) from the Northwestern Persian-Arabian Gulf, Iraq. *Journal of Biological Studies*, 2, 1–3.
- Yasser, A.G., Naser, M.D., & Al-Khafaji, Kh. Kh S. (2021). A new record of dotillid crab *Ilyoplax stevensi* (Kemp, 1919) Crustacea: Brachyura: Dotillidae Stimpson, 1858) from Shatt Al-Basrah Canal, Iraq. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 77-79.

Effect of Biotic and Abiotic Factors on the Epidemiological Index of *Dactylogyrus heteromorphus* El Gharbi, 1994 (Monogenea) Parasitizing the Algerian Barbel *Luciobarbus callensis* (Cyprinidae) Inhabiting Foum-El-Khanga Dam (Souk-Ahras, Algeria)

Amel ALLALGUA^{1*}, Amel MENASRIA¹, Wahiba MOUAISSIA¹, Mourad BENSOUILAH²,
Nouha KAOUACHI¹

¹ Mohamed Cherif Messaadia University, Faculty of Natural and Life Sciences, Laboratory of Aquatic and Terrestrial Ecosystems, Souk Ahras, Algeria.

² Badji Mokhtar University, Faculty of Sciences, Laboratory of Ecobiology of Marine and Coastal Environments, Annaba, Algeria.

*Corresponding Author: a.allalgua@univ-soukahras.dz

Research Article

Received 19 March 2021; Accepted 13 August 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Allalgua, A., Menasria, A., Mouaïssia, W., Bensouilah M., & Kaouachi, N. (2021). Effect of biotic and abiotic factors on the epidemiological index of *Dactylogyrus heteromorphus* El Gharbi, 1994 (Monogenea) parasitizing the algerian barbel *Luciobarbus callensis* (Cyprinidae) inhabiting Foum-El-Khanga dam (Souk-Ahras, Algeria). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 532-540. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.896109>

Abstract

Examination of 341 individuals of *Luciobarbus callensis* caught in Foum El Khanga Dam during the year 2015, allowed us to collect 2782 specimens of the parasitic species *Dactylogyrus heteromorphus* El Gharbi, 1994. The statistical study of the epidemiological index distribution of *D. heteromorphus* shows that the parasitic infestation varies from one season to another. In contrast, the sex and size of *L. callensis* do not affect parasite infestation. Variations in the epidemiological index of *D. heteromorphus* concerning fifteen physicochemical water parameters were tested statistically. These variations are significant with temperature, salinity, nitrate, nitrite, chloride, phosphate, calcium, sulfate, hardness, turbidity, and electrical conductivity, however, no significant effect of the concentration of magnesium, dissolved oxygen, ammonium, and pH on these indexes according to the Pearson's parametric test.

Keywords: Monogenean, *Dactylogyrus heteromorphus*, *Luciobarbus callensis*, Foum-El-Khanga dam, Epidemiological index

Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Foum-El-Khanga Barajı'nda (Souk-Ahras, Cezayir) Yaşayan Cezayir Barbeli *Luciobarbus callensis* (Cyprinidae) Paraziti *Dactylogyrus heteromorphus* El Gharbi, 1994 (Monogenea) 'nın Epidemiyolojik İndeksi Üzerindeki Etkisi

Özet

2015 yılında Foum El Khanga Barajı'nda yakalanan 341 *Luciobarbus callensis* bireyinin incelenmesi ile *Dactylogyrus heteromorphus* El Gharbi, 1994 parazit türünden 2782 örnek toplandı. *D. heteromorphus*'un epidemiyolojik indeks dağılımının istatistiksel çalışması, parazit istilasının bir mevsimden diğerine değiştiğini gösterdi. Buna karşılık, *L. callensis*'in cinsiyeti ve boyutunun parazit istilasını etkilemediği belirlenmiştir. On beş fizikokimyasal su parametresine ilişkin *D. heteromorphus*'un epidemiyolojik indeksindeki varyasyonlar istatistiksel olarak test edildi. Pearson'ın parametrik testine göre sıcaklık, tuzluluk, nitrat, nitrit, klorür, fosfat, kalsiyum, sülfat, sertlik, bulanıklık ve elektriksel iletkenlik açısından önemli olarak bulunurken magnezyum, çözülmüş oksijen, amonyum ve pH konsantrasyonunun bu indeksler üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Monojen, *Dactylogyrus heteromorphus*, *Luciobarbus callensis*, Foum-El-Khanga barajı, Epidemiyolojik indeks

INTRODUCTION

Freshwater fish are an important part of biodiversity. They have great economic and social value with nearly 30,000 living species (Moyle and Cech, 2004). Taxonomically, freshwater fish are the most diverse hosts of parasites, with estimates of up to 30,000 species of helminth parasites (Williams and Jones, 1994).

Recently, parasitologists have shown more importance to parasitic ecology, which deals with the influence of environmental conditions on parasitic fauna (Sargsyan, 2013). Seasonal changes in abiotic factors and their influence on the presence of parasites have been the subject of numerous ecological

studies (Rohlenová et al., 2011; Alsarakibi et al., 2012; Singh et al., 2012; Khidr et al., 2012; Karvonen et al., 2013; Majumder et al., 2013; Wali et al., 2016). For example, the prevalence and intensity of parasitic infection have been assessed considering several parameters of water quality (temperature, dissolved oxygen, alkalinity, hardness, clarity) and water pollutants (heavy metals, petrochemicals, effluents, organic pollutants) (Siddall et al. 1997; Yeomans et al., 1997; Faulkner and Lochmiller, 2000; Lefcort et al., 2002; Billiard and Khan, 2003).

The composition of the helminth parasites of fish was influenced by the aquatic environmental stress, and the biology of the host. Consequently, they constitute a bio-indicator of the structure and the evolution of the host population. Monogenean species infest gill tissue and are exposed directly to the environment; they are also subject to variations in the abiotic environment in which their host evolves (Zargar et al., 2012).

Dactylogyrus heteromorphus El Gharbi 1994 comes from the class of ectoparasitic monogeneans with a direct life cycle parasitizing exclusively the gills of *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842). This host fish is a characteristic species of North Africa where it is very well represented in Algeria, Morocco, and Tunisia (Djemali, 2005). It is an important cyprinid species in the world for aquaculture because of its abundance, availability (year-round), affordability, and economic value (Mimeche et al., 2013).

Algerian continental waters are endowed with an ichthyological fauna that has emerged, especially in recent years, from numerous studies related to its biology, reproduction, and growth (Mimeche et al., 2015; Mouaïssia et al., 2017). In contrast, on the parasitological level, it can be considered that any research concerning the freshwater fish hosts is almost non-existent, on *L. callensis*, except those of Boucenna et al (2018), Menasria et al. (2019) in the Oued Charef Dam, and Tolba et al. (2018) in the Beni Haroun Dam.

The objective of this work is to assess the variation in the epidemiological index of *Dactylogyrus heteromorphus* infesting the Algerian barbel *Luciobarbus callensis* inhabiting the Foug El-Khanga Dam (Souk-Ahras, Algeria). It highlights the effect of some biotic (sex and size) and abiotic (season and physicochemical parameters) factors on the distribution of the monogeneans.

MATERIALS and METHODS

Study Area

The Foug El-Khanga dam is located on the Oued-Charef, in the communes of Zouabi and Bir Bouhouche, 20 km south-west of the town of Sedrata (Wilaya of Souk-Ahras). The area of the watershed is 1735 km² and its current capacity is 80 million cubic meters; the latter is used for upstream irrigation through releases on the perimeter of Guelma and forward illicit irrigation over 200 ha by farmers.

Study Method

During the year 2015 (from January to December), a total of 341 individuals of the Algerian barbel *Luciobarbus callensis* were sampled monthly using gill nets, after specific identification according to the nomenclature and criteria used by Lévêque et al. (1990, 1992). All fish were measured, weighed and the sex was also determined after dissection of the abdominal cavity, the gill arches were examined immediately or preserved with formaldehyde (8-10%) for later study.

The research was carried out by a careful examination of the gills under stereomicroscope (Olympus SZX 10).

The collected parasites were mounted using Magmberg's ammonium picrate glycerol (APG) mixture (Magmberg, 1957), the slide was looted with Canada balsam, and finally observed and measured using a phase-contrast microscope equipped with a photographic system and an ocular micrometer.

Some of our observations were made on fresh material. According to Lambert (1977), the examination of living Dactylogyroidea is the best technique.

The determination of the monogenean species was carried out under the microscope by following the key given by Bykhovskaya-Pavlovskaya et al. (1962), Gusev (1985), and Guegan (1988).

For physicochemical sampling, 15 water quality parameters were measured on the same day of host sampling. These are temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, and salinity, which were measured in situ using a multi-parameter, and turbidity, calcium, magnesium, chlorides, sulfate, phosphate, nitrate, nitrite, ammonia, and total hardness were carried out at the Chemistry Laboratory

of the Algerian Water Institution (Wilaya of Souk-Ahras). Physicochemical characteristics were established according to the standards of Rodier (1984) and AFNOR (1985).

Data Analysis

Prevalence, abundance, and mean intensity were calculated according to Bush et al. (1997).

The Chi-squared test (χ^2) was used to observe the significant effect of the different factors studied: sex, size classes, and seasons on prevalence. In addition, the variation in mean intensity by sex of host was statistically analyzed using the Mann-Whitney test.

The Kruskal-Wallis test was used to see the significance of mean intensity within different host size classes and over the four seasons. Pearson's correlation test was applied to determine the correlations between *D. heteromorphus* infection and the physicochemical parameters of the water. The differences were considered significant at the 5% threshold.

Statistical analysis of the data was performed using Statistica software (StatSoft version 8.0) for Windows.

RESULTS

Out of a total of 341 *L. callensis* examined, 68.91% were infested by 2782 individuals of *Dactylogyrus heteromorphus* (Figure 1) with parasitic loads of 8 parasites per fish examined (abundance) and 11 parasites per infested fish (mean intensity).

Effect of Biotic Factors

Effect of Sex

The highest rate of infestation was found in female of *L. callensis*, of which 75.70% of the examined population is infested. Moreover, parasite load values were higher in males (MI = 12.79; A = 8.42) compared to females (MI = 10.02; A = 7.59) (Table 1). Statistically, parasitizing by *D. heteromorphus* seems to evolve independently of the sex (prevalence: $\chi^2 = 0.64$; $p = 0.42$; mean intensity: $U = 6275$; $p = 0.93$).

Effect of Size Classes

The parasitic index of *D. heteromorphus* in different classes of host size shows that small individuals have the highest infestation rates and parasitic loads (Table 1). The statistical study shows that the size of the host appears to have no influence on the infestation (prevalence: $\chi^2 = 1.14$; $p = 0.56$; mean intensity: $H = 0.01$; $p = 0.99$).

Table 1 Variation in parasite index of *D. heteromorphus* as a function of biotic factors of *Luciobarbus callensis* (sex and size classes)

Biotic parameters		NP	NFE	NIF	P(%)	A	MI
Sex	Male	1970	234	154	65,81	8,42	12,79
	Female	812	107	81	75,70	7,59	10,02
Size classes (in Cm)	[26 - 31[	596	59	44	74,58	10,10	13,55
	[31 - 36[	1885	228	156	68,42	8,27	12,08
	[36 - 41[	301	54	35	64,81	5,57	8,60
Total		2782	341	235	68,91	8,16	11,84

NW : NP : number of parasites ; NFE : number of fish examined ; NIF : number of infested fish

Effect of Abiotic Factors

Seasonal Variation

Parasitic index values of *D. heteromorphus* show fluctuations between seasons. We also note that infestation rate and parasitic loads are the highest during the summer season and the lowest in the winter season (Figure 1).

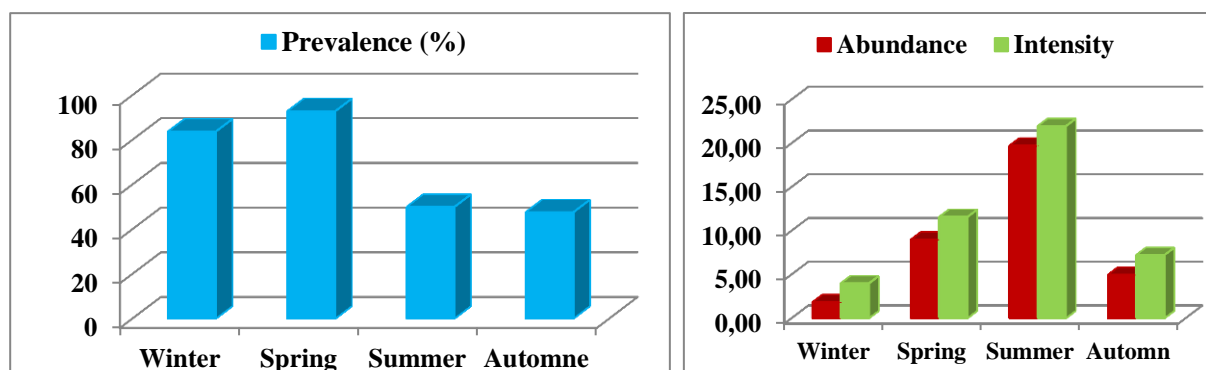


Figure 1. Seasonal variation in the parasite index of *D. heteromorphus* harvested from *Luciobarbus callensis*

The results of the statistical analysis show that the seasons have a very highly significant influence on prevalence ($\chi^2 = 18.87$; $p = 0.0003$) and mean intensity ($H = 18.32$; $p = 0.0004$).

Correlation Between Water Quality and Parasitic Index of *D. heteromorphus*

Analysis of the Pearson's correlation matrix (Table 2) allowed us to determine some significant relationships between the parasitic index of *D. heteromorphus* and water physicochemical parameters.

It was found a positive and highly significant correlation between prevalence and water temperature ($r = 0.79$). Nevertheless, the values of this index are inversely proportional to the values of salinity ($r = -0.86$), nitrate ($r = -0.84$), nitrite ($r = -0.76$), chloride ($r = -0.73$), phosphate ($r = -0.68$), calcium ($r = -0.67$), sulfate ($r = -0.67$), hardness ($r = -0.65$) and turbidity ($r = -0.60$). However, parasitic loads are negatively correlated with electrical conductivity where $r = -0.68$ for abundance and $r = -0.67$ for mean intensity (significant correlation).

Table 2 Pearson's correlation analysis between water quality and parasitic index of *D. heteromorphus* recorded in *L. callensis* in Fom El-Khanga dam

	<i>r</i> (Prevalence)	<i>r</i>	<i>r</i> (Mean)
pH (I)	0,13 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
T(°C)	0,79 ^{**}	0,33 ^{ns}	0,28 ^{ns}
Conductivity	-0,32 ^{ns}	-0,68 [*]	-0,67 [*]
Total Hardness	-0,65 [*]	-0,39 ^{ns}	-0,35 ^{ns}
Ca ⁺⁺ (mg/l)	-0,67 [*]	-0,23 ^{ns}	-0,18 ^{ns}
Mg ⁺⁺ (mg/l)	-0,13 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,10 ^{ns}
SO ₄ ³⁻ (mg/l)	-0,67 [*]	-0,55 ^{ns}	-0,52 ^{ns}
Turbidity (UNT)	-0,60 [*]	-0,51 ^{ns}	-0,46 ^{ns}
Salinity (S‰)	-0,86 ^{***}	-0,49 ^{ns}	-0,45 ^{ns}
Cl ⁻ (mg/l)	-0,73 ^{**}	-0,31 ^{ns}	-0,28 ^{ns}
PO ₄ ²⁻ (mg/l)	-0,68 [*]	-0,36 ^{ns}	-0,36 ^{ns}
O ₂ (mg/l)	0,57 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,39 ^{ns}
NO ₂ ⁻ (mg/l)	-0,76 ^{**}	-0,38 ^{ns}	-0,37 ^{ns}
NO ₃ ⁻ (mg/l)	-0,84 ^{***}	-0,54 ^{ns}	-0,50 ^{ns}
NH ₄ (mg/l)	-0,44 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,19 ^{ns}

NW : * ($p \leq 0,05$) ; ** ($p \leq 0,01$) ; *** ($p \leq 0,001$) ; ns ($p > 0,05$)

DISCUSSION

The most common measures of the extent of parasite populations in hosts are prevalence, abundance, and mean intensity (Margolis et al., 1982). Calculation of these indexes will make it possible to determine statistically whether communities of monogenean parasites vary according to biotic (sex and host size) and abiotic factors (season and physicochemical parameters of water). For this reason, the ectoparasite *D. heteromorphus* was examined in 341 specimens of *L. callensis* species during the year 2015 from January to December.

Evaluation of parasitic index of *D. heteromorphus* according to host sex does not indicate a significant difference in prevalences and mean intensity between male and female fish. The absence of influence of fish sex on infestation has already been demonstrated by Allalgua et al. (2015) in *Cyprinus carpio* infested by monogenean parasites in Fom El Khanga dam and by Boucenna et al. (2018) in *L. callensis*.

According to Rohde (1993), only very rare parasite species prefer the sex of the host. However, some studies have found that Monogenean infestation is sometimes correlated with the sex of host fish (Ibrahim, 2012; Chaibi, 2014).

Concerning the distribution of parasitic index by size classes, our results show that the infestation rate and parasitic loads increase with the decrease in total length of *L. callensis*, it is indeed the small specimens that are the most infested by *D. heteromorphus*. Our observations are consistent with those of Fazio et al. (2008) who revealed a negative correlation between individual size and parasite infestation. This can be explained by the fact that young fish are more susceptible to parasite infestation and indeed have a somewhat fragile immune system compared to those of mature (older) fish. Contrary to these results, Ibrahim (2012) reported a significant correlation of prevalence and mean intensity of monogenean infracommunities with the total body length of *Tilapia zillii* collected from Lake Manzalah in Egypt.

According to Luque and Alves (2001), the relationship between host size and epidemiological index of parasites is a widely studied model in marine and freshwater fish. In contrast, Poulin (2000) stated that this model cannot be generalized, because in many systems the host-parasite relationship is positive but weak and not significant. Nevertheless, some quantitative differences and qualitative data are found in size class studies for fish.

Evaluation of parasite index indicates that collected *D. heteromorphus* specimens show seasonal variations. Indeed, the highest infestation rates and parasitic loads are noted in the warm season (spring and summer) and the lowest in the cold season (autumn and winter). Several authors have indicated an increase in pest infestation in the warm periods and a decrease in the cold periods (Turgut et al., 2011; Lekeufack-Folefack and Fomena, 2013; Allalgua et al., 2015).

Koyun (2011) also agreed with our results and reported a higher infection of *A. alburnus* by *D. alatus* in summer. In addition, a higher prevalence of *D. marteau* from *B. barbuis* was reported in spring (Kadlec et al., 2003; Stojanovski et al., 2010). Some authors reported no temporal variation in infestation (Genç et al., 2005; Knopf, 2006).

According to Chubb (1970) and Hanzelova and Zitnan (1985), changes in temperature and season have a major influence on the dynamics of *Dactylogyrus* populations, some of which tend to produce more at higher water temperatures, others prefer a cold-water temperature.

Variations in the epidemiological index of *D. heteromorphus* in the fish host *L. callensis* concerning fifteen physicochemical parameters were tested statistically. According to the Pearson's parametric test, the prevalence shows a significantly positive correlation with water temperature. Similar observations were obtained in several studies showing a positive correlation between the increase in water temperature and the oviposition rate of monogeneans (Marchiori et al., 2015; Bayoumy et al., 2015; Gilbert and Avenant-Oldewage, 2016; Ojwala et al., 2018).

Water temperature is the most important factor affecting the life cycle of parasites in the aquatic ecosystem (Karvonen et al., 2013). According to El-Naggar and Khidr (1986) and Zargar et al. (2012), water temperature affects the survival, growth, reproduction, and progression of parasitic helminths.

In contrast, the present study indicates a significantly negative correlation between prevalence and salinity, nitrate, nitrite, chloride, phosphate, calcium, sulfate, hardness, and turbidity. Similar to our results, a study by Khidr (2012) shows a negative correlation between the average intensity of *Microcotyloides* sp and salinity. Numerous works show the impact of salinity and temperature on the longevity of larvae of *A. crassus* (Kennedy and Fitch, 1990; Schippers et al., 1991). These authors report that in freshwater, free-living larvae can live for up to 3 to 4 weeks, but their life span is reduced to 3-4 days if the meeting with the host is not carried out and if the salinity of the environment is high with the absence of temperature increase.

In vitro, Buchmann et al. (1987) and Crespo et al. (1995) also assumed that long-term treatment with sodium chloride reduced the intensity of infestation of European Eel *A. Anguilla* by the *P. anguillae* and *P. bini* monogeneans. These authors found that sodium chloride was very effective in controlling *Cichlidogyrus* infestation.

Ndour's (2007) work on *Sarotherodon melanotheron heudelotti* (Cichlidae) in some dams in Senegal concluded that high salinity could be a preventive measure against parasitic infections since it affects the biological conditions of both the host and its parasites. The results of Schippers et al. (1991), also point in the same direction, they report that in freshwater, free larvae of *A. crassus* can live for up to 3-4 weeks, but their longevity is reduced to 3-4 days if the encounter with the host is not made and if the salinity of environment is high with no temperature increase.

In our result, Pearson's correlation test revealed an inversely proportional correlation between electric conductivity values and parasitic loads (mean intensity and abundance). In accordance with our results, negative correlations between *P. ichthyoxantho* infestation intensity and water conductivity were shown by Gilbert and Avenant-Oldewage (2016).

Several studies have shown that there is a close and very sensitive correlation between abiotic factors and parasitism (Alsarakibi et al., 2014; Hagen et al., 2014; Pilecka-Rapacz et al., 2015; Smallbone et al., 2016). According to Esch et al. (1977), environmental factors are important in the recruitment, transmission, colonization, fertility, and survival of adult and larval parasites.

Monogenean parasites are recognized as useful bio-indicators of quality because of their predictable numerical responses to chemical pollution (Pietrock and Marcogliese, 2003; Thomas et al., 2005). They tend to increase in number when exposed to low and medium concentrations of pollutants but disappear at high concentrations (Moles and Wade, 2001; Khan and Payne, 2004).

Conclusively, this study shows that the parasitic index of *D. heteromorphus* is also strongly influenced by variations in abiotic factors (seasons and physicochemical parameters). However, biotic factors (sex and size of *L. callensis*) do not affect the parasite infestation.

ACKNOWLEDGMENTS

Thanks are given to Mm Sena MESMI (assistant professor at Messaadia Mohamed Chérif University, Souk-Ahras, Algeria) for his participation in the English language, and to the Chemistry Laboratory of the Algerian Water Institution (Wilaya of Souk-Ahras) for physicochemical data.

FUNDING INFORMATION

This work falls within the framework of a research project PRFU (2016-2019) code: D00L03UN410120150001, intituled “Eco-biology and parasitic species of the genus *Barbus* inhabiting three dams in eastern Algeria (Foum El Khanga, Ain El Dalia and Beni Haroun)”, under the responsibility of Pr. Nouha KAOUACHI (*Laboratory of Aquatic and Terrestrial Ecosystems*). It was supported by the National Fund for Scientific Research of General Direction of Scientific Research and Technology Development.

REFERENCES

- AFNOR (1985). Recueil des normes françaises des eaux, méthodes d'essais, AFNOR. 2^{ème} édition, Paris, pp 566-622.
- Allalgua, A., Guerfi, S., Kaouachi, N., Boualleg, C., Boucenna, I., Barour, C., Menasria, A., & Bensouilah, M. (2015) L'infestation de *Cyprinus carpio* (Cyprinidés) peuplant le barrage Foum El-Khanga (Souk Ahras, Algérie) par les monogènes parasites. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 140 :217-232.
- Alsarakibi, M., Wade, H., & Li, G. (2012). Freshwater abiotic components' impact on the viability of fish lice, *Argulus* sp., in Guangdong province, China. *Parasitology Research*, 111:331–339.
- Alsarakibi, M., Wade, H., & Li, G. (2014). Influence of environmental factors on *Argulus japonicus* occurrence of Guangdong Province, China. *Parasitology Research*, 113:4073-4083.
- Bayoumy, E.M., Abou-El-dobal, S.K.A., & Hassanain, M.A. (2015). Assessment of Heavy Metal Pollution and Fish Parasites as Biological Indicators at Arabian Gulf off Dammam Coast, Saudi Arabia. *International Journal of Zoological Research*, 11:198-206.
- Billiard, S.M., & Khan, R.A. (2003). Chronic stress in cunner, *Tautoglabrus adspersus*, exposed to municipal and industrial effluents. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 55 :9–18.
- Boucenna, I., Khelifi, N., Boualleg, C., Allalgua, A., & Bensouilah, M. (2018). L'infestation de *Luciobarbus callensis* (Cyprinidés) par les copépodes parasites dans le barrage Foum El Khanga (Souk-Ahras, Algérie). *Bulletin de la Société zoologique de France*, 143 :199-212.
- Buchmann, K., Møllergaard, S., & Koie, M. (1987). *Pseudodactylogyrus* infections in eel. *Diseases of Aquatic Organisms*, 3(1):51–57.
- Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., & Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83(4):575-583.

- Bykhovskaya-Pavlovskaya, I.E., Gusev, A.V., Dubinina, M.N., Izyumov, N.A., Smirnova, T.S., Sokolovskaya, I.L., Shtein, G.A., Shulman, S.S., & Epshtein, V.M. (1962). Key to Parasites of Freshwater Fish of the USSR. Translated by Israel Program for Scientific Translations, *Jerusalem*, pp 180-218.
- Chaibi, R. (2014). Connaissance de l'ichtyofaune des eaux continentales de la région des eaux et du Sahara septentrional avec sa mise en valeur. PhD thesis, Biology option, University Mohamed Khider, Biskra, Algeria 237 p.
- Chubb, J.C. (1970). La faune parasitaire de l'eau douce en Colombie Poissons. Dans aspects de poisson parasitologie, *Symposium de BSP* 8 :119-144 .
- Crespo, F.J., Crespo, F.R., Velarde, I.F., Montenegro, V.Y., & Pelaz, V.C. (1995). Evaluation of chemotherapeutic drugs against cichlidogyrasis in tilapia fish (*Oreochromis hornorum*) in Mexico. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 37:179–187.
- Djemali, I. (2005). Evaluation de la biomasse piscicole dans le plan d'eau douce tunisienne. PhD thesis, Tunisia, 180p.
- El-Naggar, M.M., & Khidr, A.A. (1986). Population dynamics of some monogeneans from the gills of three *Tilapia spp.* from Demieta Branch of the River Nile in Egypt. *Proceedings of the Zoological Society A.R. Egypt*, 12:275–286.
- Esch, G.W., Hazen, T.C., & Aho, J.M. (1977). *Parasitism and r- and K-selection*. pp. 9–62. In : *Regulation of parasite populations*. Esch G. W. (ed). Academic Press. 253 pp.
- Faulkner, B.C., & Lochmiller, R.L. (2000). Ecotoxicity revealed in parasite communities of *Sigmodon hispidus* in terrestrial environments contaminated with petrochemicals. *Environmental Pollution*, 110:135–145.
- Fazio, G., Sasal, P., Lecomte-Finiger, R., Da Silva, C., Fumet, B., & Moné, H. (2008). Macroparasite communities in European eels, *Anguilla anguilla*, from French Mediterranean lagoons, with special reference to the invasive species *Anguillicola crassus* and *Pseudodactylogyrus spp.* *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 06:390-391.
- Genç, E., Şahan, A., Altun, T., Cengizler, I., & Nevşat, E. (2005). Occurrence of the swimbladder parasite *Anguillicola crassus* (Nematoda, Dracunculoidea) in European eels (*Anguilla anguilla*) in Ceyhan River, Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29:661-663.
- Gilbert, B.M., & Avenant-Oldewage, A. (2016). Effects of altered water quality and trace elements on the infection variables of *Paradiplozoon ichthyoxanthon* (Monogenea: Diplozoidae) from two sites in the Vaal River system, South Africa. *Acta Parasitologica*, 61(1):52–62.
- Guegan, J.F., Lambert, A., & Euzet, L. (1988). Etude des Monogenes des Cyprinidae du genre *Labeo* en Afrique de l'Ouest. - I. Genre *Dactylogyrus* Diesing, 1850. *Revue d'hydrobiologie tropicale*, 21 :135-151.
- Gusev, A.V. (1985). Class Monogenea, In: O.N. Bauer, (Ed.), Keys to Parasites of the Freshwater Fish Fauna of the USSR, (Parasitic Metazoa), *Leningrad Publishing House Nauka, Leningrad*, 2:10-253 (in Russian).
- Hagen, A.G., Hytterød, S., & Olstad, K. (2014). Low Concentrations of Sodium Hypochlorite Affect Population Dynamics In *Gyrodactylus Salaris* (Malmberg, 1957): Practical Guidelines For The Treatment Of The Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L. Parasite. *Journal of Fish Diseases*, 37 :1003–1011.
- Hanzelova, V., & Zitnan, R. (1985). Epizootiologic importance of the concurrent monogenean invasion in carp. *Journal of Helminthologia*, 22 : 277-283.
- Ibrahim, M.M. (2012). Variation in parasite infracommunities of *Tilapia zillii* in relation to some biotic and abiotic factors. *International Journal of Zoological Research*, 8(2):59-70.
- Kadlec, D., Šimková, A., Jarkosvký, J., & Gelnar, M. (2003). Parasite communities of freshwater fish under flood conditions. *Parasitology Research*, 89:272-283.
- Karvonen, A., Kristjansson, B.K., Skulason, S., Lanki, M., Rellstab, C., & Jokela, J. (2013). Water temperature, not fish morph, determines parasite infections of sympatric Icelandic three spine sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*). *Ecology and Evolution*, 3(6):1507–1517.
- Kennedy, C.R., & Fitch, D.J. (1990). Colonization, larval survival and epidemiology of the nematode *Anguillicola crassus*, parasitic in the eel, *Anguilla anguilla*, in Britain. *Journal of Fish Biology*, 36 :117-131.
- Khan, R.A., & Payne, J.F. (2004). Comparative Study of oil well drill Cuttings and polycyclic aromatic hydrocarbons on parasitism in winter Flounder: A dose response study. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 73:652- 658.
- Khidr, A.A., Said, A.E., Abu Samak, O.A., & Abu Sheref, E.S. (2012). The impacts of ecological factors on prevalence, mean intensity and seasonal changes of the monogenean gill parasite, *Microcotyloides sp.*, infesting the *Terapon puta* fish inhabiting coastal region of Mediterranean Sea at Damietta region. *Journal of Basic and Applied Zoology*, 65:109–115.
- Knopf, K. (2006). The swimbladder ne atode *Anguillicola crassus* in the European eel *Anguilla anguilla* and the Japanese eel *Anguilla japonica*: Differences in susceptibility and immunity between a recently colonized host and the original host. *Journal of Helminthology*, 80(2):129-136.

- Koyun, M. (2011). Seasonal distribution and ecological of some Dactylogyrus species infecting *Alburnus alburnus* and *Carassius carassius* (Osteichthyes: Cyprinidae) from Porsuk River, Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 10(7) :1154–1159.
- Lambert, A. (1977). Les Monogènes Monopisthocotylea parasites de poissons d'eau douce de la faune de la France méditerranéennes. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle : Paris*, (429) Zool: 299: 177-214.
- Lefcort, H., Aguon, M.Q., Bond, K.A., Chapman, K.R., Chaquette, R., Clark, J., Kornachuk, P., Lang, B.Z., & Martin, J.C. (2002). Indirect effects of heavy metals on parasites may cause shifts in snail species compositions. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 43 :34–41.
- Lekeufack-Folefack, G.B., & Fomena, A. (2013). Structure et dynamique des infracommunautés de Myxosporidies parasites de *Ctenopoma petherici* GÜNTHER, 1864 (Anabantidae), *Clarias pachynema* Boulenger, 1903 (Clariidae) et *Hepsetus odoe* (Bloch, 1794) (Hepsetidae) dans la rivière Sangé au Cameroun. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(6):2301-2316.
- Lévêque, C., Paugy, D., & Teugels, G.G. (1990). *Faune de poissons d'eau douce et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Faune Tropicale XXVIII, MRAC, Tervuren. ORSTOM. Paris, 902 P.
- Lévêque, C., Paugy, D., & Teugels, G.G. (1992). *Faune de poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest*. Faune Tropicale XXVIII, MRAC, Tervuren. ORSTOM. Paris, 902 P.
- Luque, J.L., & Alves, D.R. (2001). Ecologia das comunidades de metazoários parasitas do xareu, *Caranx hippo* (L.) e do xerelete *Caranx latus* Agassiz (Osteichthyes, Carangidae) dolitoral do Estado do Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18:399-410.
- Majumder, S., Panda, S., & Bandyopadhyay, P.K. (2013). Effect of temperature on the prevalence of different parasites in *Cirrhinus mrigala* Hamilton of West Bengal. *Journal of Parasitic Diseases*, 39:110–112.
- Malmberg, G. (1957). Om forekomsten av Gyrodactylus på svenska fiskar. Skr. Södra Sveriges Fiskeforen. *Arsskrift* 1965:19-76. (In Swedish).
- Marchiori, N.C., Gonçalves, E.L.T., Tancredo, K.R., Pereira-Junior, J., Garcia, J.R.E., Martins, M.L. (2015). Effect of water temperature and salinity in oviposition, hatching success and infestation of *Aphanoblastella mastigatus* (Monogenea, Dactylogyridae) on *Rhamdia quelen*. *Brazilian Journal of Biology*, 75 4 suppl 1, S245-S252.
- Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M., & Schad, G.A. (1982). The use of ecological terms in parasitology (report of an ad hoc committee of the American Society of parasitologists). *Journal of Parasitology*, 68:131-133.
- Menasria, A., Barčák, D., Kaouachi, N., Bensouilah, M., Scholz, T., & Hernández-Orts, J.S. (2019). Redescription of *Acanthogyrus* (Acanthosentis) *maroccanus* (Dollfus, 1951) (Acanthocephala: Quadrigyridae), a parasite of the Algerian barb *Luciobarbus callensis* (Valenciennes) (Cyprinidae) in Algeria, and first molecular data. *Journal of Helminthology*, 1–12.
- Mimeche, F., Belhamra, M., & Mimeche, H. (2015). Croissance de *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 (Cyprinidae) dans le barrage El K'sob dans la Wilaya de M'sila (Algérie). *C d s* 19:59- 64.
- Mimeche, F., Biche, M., Ruiz-Navarro, A., & Oliva-Paterna, F.J. (2013). The Population structure, age, and growth of *Luciobarbus callensis* (Cyprinidae) in a man-made lake from Maghreb (NE, Algeria). *Limnetica* 2:391-404.
- Moles, A., & Wade, T.L. (2001). Parasitism and phagocytic function among sand lance *Ammodytes hexapterus* Pallas exposed to crude oil-laden sediments. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 66: 528–535.
- Mouaïssia, W., Kaouachi, N., Boualleg, C., Tolba, M., Khelifi, N., Sahtout, F., & Bensouilah, M. (2017). Reproductive biology of Algerian barb *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Cyprinidae) in Beni Haroun dam, north-east of Algeria. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation - International Journal of the Bioflux Society*, 10(6):1671–1682.
- Moyle, P.B., & Cech, J.J. (2004). Fishes: an introduction to ichthyology. No. 597 *MOY. Naturels*, 47: 387 p.
- Ndour's, I. (2007). *Comparaison des populations de poissons amont/ anal du barrage anti- sel de Maka sur Casamance au Sénégal*. Diplôme d'étude approfondie. Univ Cheikh Anta Diop Sénégal 98p.
- Ojwala, R.A., Otachi, E.O., & Kitaka, N.K. (2018). Effect of water quality on the parasite assemblages infecting Nile tilapia in selected fish farms in Nakuru County, Kenya. *Parasitology Research*, 117(11):3459-3471.
- Pietroock, M.T., & Marcogliese, D.J. (2003). Free – living endohelminth stage: at mercy of environmental conditions. *Trends in Parasitology*, 19:293–299.
- Pilecka-Rapacz, M., Piasecki, W., Czerniawski, R., Sługocki, Ł., Krepski, T., & Domagała, J. (2015). The effect of warm discharge waters of a power plant on the occurrence of parasitic Metazoa in freshwater bream, *Abramis brama* (L.). *Bulletin- European Association of Fish Pathologists*, 35:94–103.
- Poulin, R. (2000). Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*, 56:123-137.

- Rodier, J. (1984). *Analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. 7^{ème} édition Dunod Paris, 1365 p.
- Rohde, K. (1993). *Ecology of marine parasites*. CAB International 2nd edition, Wallingfor, Oxon, 298 p.
- Rohlenová, K., Morand, S., Hyršl, P., Tolarová, S., Flajšhans, M., & Šimková, A. (2011). Are fish immune systems really affected by parasites? An immunoeological study of common carp (*Cyprinus carpio*). *Parasites & Vectors*, 4:120–138.
- Sargsyan, N.H. (2013). Influence of abiotic factors on infection of rock lizards *Darevski araddei* by geohelminth *Spauligodon saxicolae*. *Chemistry & Biology*, 2:44–47.
- Schippers, C., Booms, G.H.R., & Boon, J.H. (1991). Susceptibility of *Anguillicola crassus* in the swimbladder of European eel (*Anguilla anguilla*) to high water temperatures. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 11(2): 92-95, 8.
- Siddall, R., Koskivaara, M., & Valtonen, E.T. (1997). *Dactylogyrus* (Monogenea) infections on the gills of roach (*Rutilus rutilus* L.) experimentally exposed to pulp and paper mill effluent. *Parasitology*, 114:439–446.
- Singh, N., Kumar, P., & Singh, D.K. (2012) Variant abiotic factors and the infection of *Fasciola gigantica* larval stages in vector snail *Indoplanorbis exustus*. *Journal of Biology and Earth Sciences*, 2(2):110–117.
- Smallbone, W., Cable, J., & Maceda-Veiga, A. (2016). Chronic nitrate enrichment decreases severity and induces protection against an infectious disease. *Environment International*, 91:265–270.
- Stojanovski, S., Hristovski, N., Cacic, P., Hristovski, M., Velkova-Jordanoska, L., & Blazekovic, D. (2010). Monogenean trematods of chub (*Leuciscus cephalus albus* Bonaparte, 1838) from lake Ohrid (Macedonia). *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(Special Edition):623-627.
- Thomas, F., Renaud, F., & Guegan, J.F. (2005). *Parasitism and ecosystems*. Oxford university press, Inc; New York, PP. 221.
- Tolba, M., Kaouachi, N., Boualleg, C., Mouaïssia, W., Allalga, A., Berrouk, H., & Boulahbal, S. (2018). Impact of Parasitic Helminths on the Growth of *Luciobarbus callensis* (Valenciennes, 1842) (Cyprinid fish) Populating Beni Haroun Dam (East of Algeria). *WORLD JOURNAL OF ENVIRONMENTAL BIOSCIENCES*, 7(1):92-99.
- Turgut, E., Ozgul, G., & Buhan, E. (2011). Seasonal changes of metazoan parasites in *Capoeta tinca* and *Capoeta capoeta* in Almus Dam Lake, Turkey. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 31(1):23-30.
- Wali, A., Balkhi, M.H., Maqbool, R., Darzi, M.M, Shah, F.A., Bhat, F.A., & Bhat, B.A. (2016). Distribution of helminth parasites in intestines and their seasonal rate of infestation in three freshwater fishes of Kashmir. *Journal of Parasitology Research*, 2016:8901518.
- Williams, H.H., & Jones, A. (1994). *Parasitic Worms of fish*. Taylor & Francis Ltd London UK pp. 77-89, 593p.
- Yeomans, W.E., Chubb, J.C., & Sweeting, R.A. (1997). Use of protozoan communities for pollution monitoring. *Parassitologia*, 39:201–212.
- Zargar, U.R., Yousuf, A.R., Chishti, M.Z., Ahmed, F., Bashir, H., & Ahmed, F. (2012). Effects of water quality and trophic status on helminth infections in the cyprinid fish, *Schizothorax niger* Heckel, 1838 from three lakes in the Kashmir Himalayas. *Journal of Helminthology*, 86:70–76.

Antimicrobial Susceptibility of *Flavobacterium psychrophilum* Isolated from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Gülşen ULUKÖY¹, Ayşegül KUBİLAY^{2*}, Pınar YILDIRIM², Ahmet DURU², Tom WIKLUND³

¹Department of Aquaculture, Diseases Division, Faculty of Fisheries, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla-Turkey, 48000

²Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, Turkey, 32200

³Laboratory of Aquatic Pathobiology, Environmental and Marine Biology, Åbo Akademi University, Åbo, Finland, 20520

*Corresponding Author: aysegulkubilay@isparta.edu.tr

Research Article

Received 07 April 2021; Accepted 19 July 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Uluköy, G., Kubilay, A., Yıldırım, P., Duru A., & Wiklund, T. (2021). Antimicrobial susceptibility of *Flavobacterium psychrophilum* isolated from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 541-547. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.910309>

Abstract

This study was conducted to determine antibiotic susceptibility of *Flavobacterium psychrophilum* isolated in diseased rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from two hatcheries in the Mediterranean region of Turkey. The samples were taken from the kidney and spleen for bacteriology from rainbow trout juveniles (weight 0.7-1 g) in April and isolates obtained on tryptone yeast extract salts (TYES) agar medium at 15°C for 72 hours. Fourteen isolates were identified as *F. psychrophilum* using biochemical, physiological, and morphological characteristics and API ZYM test. Antibiotic sensitivities of the isolates were determined by the disc diffusion method on TYES agar, and the results were evaluated according to CLSI standards. Only one isolate from each hatchery was used for the antibiogram test. Both isolates were sensitive to amoxicillin/clavulanic acid 2:1, penicillin, nitrofurantoin, florfenicol, amoxicillin, clindamycin, chloramphenicol, ampicillin, doxycycline, streptomycin, and erythromycin; resistant to sulfadiazine, sulfamethoxazole/trimethoprim, oxolinic acid, vancomycin, trimethoprim/sulfadiazine, gentamicin, kanamycin, nalidixic acid, oxacillin, enrofloxacin, flumequine, tobramycin. The results show that isolating *F. psychrophilum* and performing the antimicrobial susceptibility testing is important issue in disease control.

Keywords: antibiotics resistance, RTFS, hatcheries, rainbow trout fry.

Gökkuşığı Alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*) İzole Edilen *Flavobacterium psychrophilum* İzolatlarının Antimikrobiyal Duyarlılığı

Özet

Bu çalışma, Türkiye'nin Akdeniz bölgesindeki iki kuluçkahaneden temin edilen hasta gökkuşığı alabalıklarından (*Oncorhynchus mykiss*) izole edilen *Flavobacterium psychrophilum*'un antibiyotik duyarlılığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Nisan ayında hasta gökkuşığı alabalığı yavrularının (ağırlığı 1-2 g) böbrek ve dalağından alınan örneklerlemelerde tryptone yeast extract salts (TYES) agar besiyerine ekim yapılarak 15°C de 72 saat inkübe edilerek izolatlar elde edilmiştir. Biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik özellikler ve API ZYM testi kullanılarak 14 izolat *F. psychrophilum* olarak tanımlanmıştır. İzolatların antibiyotik duyarlılıkları TYES agarda disk difüzyon yöntemi ile belirlenmiş, sonuçlar CLSI standartlarına göre değerlendirilmiştir. Her kuluçkahaneden sadece bir izolat antibiyogram testi için kullanılmıştır. Her iki izolat da amoksisilin / klavulanik asit 2:1, penisilin, nitrofurantoin, florfenikol, amoksisilin, klindamisin, kloramfenikol, ampisilin, doksisisiklin, streptomisin ve eritromisine duyarlı; sülfadiazin, sülfametoksazol / trimetoprim, oksolinik asit, vankomisin, trimetoprim / sülfadiazin, gentamisin, kanamisin, nalidiksik asit, oksasilin, enrofloksasin, flumequine, tobramisine dirençlidir. Sonuçlar, *F. psychrophilum*'un izole edilerek antimikrobiyal duyarlılık testinin yapılmasının hastalıkla mücadelede de önemli olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Antibiyotik direnci, RTFS, kuluçkahane, yavru gökkuşığı alabalığı.

INTRODUCTION

The Gram-negative bacterium, *Flavobacterium psychrophilum*, causing bacterial cold water disease (BCWD) and rainbow trout fry syndrome (RTFS) has been seen in mostly freshwater salmonids. During the last twenty years, RTFS has become one of the most serious bacterial diseases

in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) hatcheries in many parts of Europe. Outbreaks of diseases caused by *F. psychrophilum* are treated with antibiotics. A limited number of commercial vaccines are currently available in Chile and Norway but they are not suitable for fry fish (Madetoja, 2002; Gómez et al., 2014; Boyacioglu et al., 2015; Hoare et al., 2017). The only course of action which occurs in fry is the antibiotic treatment which has led to increased levels of antibiotic resistance (Henríquez-Núñez et al., 2012, Wahli and Madsen, 2018, Saticioglu et al., 2019).

In recent years, RTFS is causing mortality rates between 10% and 30%. Also, the cumulative mortality rate of fries found to be up to 70% in Turkey (Gultepe and Tanrikul, 2006; Kubilay et al., 2009; Özcan and Sarieyyüpoğlu, 2014; Boyacioglu et al., 2015). Previously, oxytetracycline and chlortetracycline were the only antimicrobial agents licensed for use in aquaculture. Currently, the use of oxytetracycline has dropped about 55% and 75% to treat flavobacteriosis disease in fish farms in the western Aegean region (Kum et al., 2008; Boyacioglu and Akar 2012). Nowadays, oxolinic acid and florfenicol antibiotics are licensed for use in fish. Today, florfenicol is the drug of choice. Until now, the resistance of *F. psychrophilum* to florfenicol has scarcely been reported in Turkey (Kum et al., 2008; Saticioglu et al., 2019).

Several studies carried out in different countries have also shown the differences in resistance profiles among *F. psychrophilum* isolates. Valdebenito and Avendano-Herrera (2009) found that *F. psychrophilum* isolates from Chile were resistant to sulphamethoxazole+trimethoprim but highly sensitive to amoxicillin. In Denmark, *F. psychrophilum* isolates were resistant to amoxicillin (11.6%), oxolinic acid (65.9%), oxytetracycline (67.7%), and sulphamethoxazole+trimethoprim (98.2%) (Bruun et al. 2000). In another study, Del Cerro et al. (2010) found that *F. psychrophilum* isolates originating from Spain were found resistant to oxytetracycline. Özcan and Sarieyyüpoğlu (2013), evaluated the antibacterial susceptibility of resistance profiles strains and found that strains sensitive to oxytetracycline, florfenicol, enrofloxacin, and ciprofloxacin. Among the studies, it is seen that much more variations on the antimicrobial resistance profile of *F. psychrophilum* that is the causative agent of RTFS.

This study aimed to determine the antimicrobial susceptibility of *F. psychrophilum* isolated from sick rainbow trout fries from two hatcheries in the Mediterranean region of Turkey.

MATERIALS and METHODS

Samples Bacterial Isolation and Identification

Fish samples were obtained from two hatcheries (F1 and G1) in the Mediterranean region of Turkey. Tissue samples for bacteriology were taken from rainbow trout fries which showed signs of diseases in April. Fish weighted 0.7-1 g and a total of 14 fish were examined. The samples were collected from the kidney and spleen and streaked onto rypitone yeast extract salts (TYES) agar (Holt et al., 1994). Agar plates were incubated at 15°C for 72 hours. Isolates were identified by using biochemical, physiological, and morphological characteristics by following the guidelines for the diagnosis of fish diseases and the international and national guidelines for animal welfare (OIE, 2003; Buller, 2004; Austin and Austin, 2016). and a rapid identification kit by using API ZYM test (Austin and Austin, 2016).

Antimicrobial Susceptibility Testing

Antimicrobial sensitivities of the isolates were determined by the disc diffusion method on TYES agar. Only one isolate from each hatchery (F1, G1) was used for the antibiogram test. Antibiotic discs (Oxoid, England) (Total 24) were used for determining the resistance profiles. The results were evaluated according to guidelines of the Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2014). Briefly, TYES broth was used to prepare bacterial suspensions. The turbidity of suspensions was adjusted to McFarland 0.5 and 100 µl aliquots were spread over TYES agar surface. Antibiotic discs were placed on the surface of the inoculated agar plates and the plates were incubated at 15°C for 5 days. After the incubation period, the inhibition zone diameters were measured and the results were evaluated according to the CLSI, 2014 and Van Vliet et al., 2017.

RESULT and DISCUSSION

In this study, sick fish samples (14 fish) were obtained from two hatcheries (F1 and G1) in April from farms where the water temperature at (F1) was 8 °C and another hatchery (G1) had 13 °C and the fries infected with RTFS showed signs of diseases such as dorsal fin erosion, darkening body, and

splenomegaly (Figure 1). The result of the rapid identification test API ZYM on the isolates (F1 and G1) showed the pathogen as *F. psychrophilum* (Figure 2).



Figure 1. Dorsal fin deep erosion (left) and splenomegaly (right) in rainbow trout fries with RTFS



Figure 2. Result of API ZYM test for *F. psychrophilum*

The improvement of antimicrobial resistance by *F. psychrophilum* could be a concern since outbreaks regularly require the utilize of antimicrobials. During outbreaks, *F. psychrophilum* strains (Figure 3) were identified in fries of rainbow trout in the hatcheries. Both isolates from rainbow trout were sensitive to amoxicillin/clavulanic acid 2:1, penicillin, nitrofurantoin, florfenicol, amoxicillin, clindamycin, chloramphenicol, ampicillin, doxycycline, streptomycin, erythromycin, and tetracycline. The isolates were resistant to sulfadiazine, oxolinic acid, vancomycin, nalidixic acid, oxacillin, and tobramycin. While the examined isolates were sensitive to florfenicol, they were resistant to sulfonamides. The results indicate that antimicrobial susceptibility testing of *F. psychrophilum* is an important issue to be able to fight RTFS disease outbreaks.

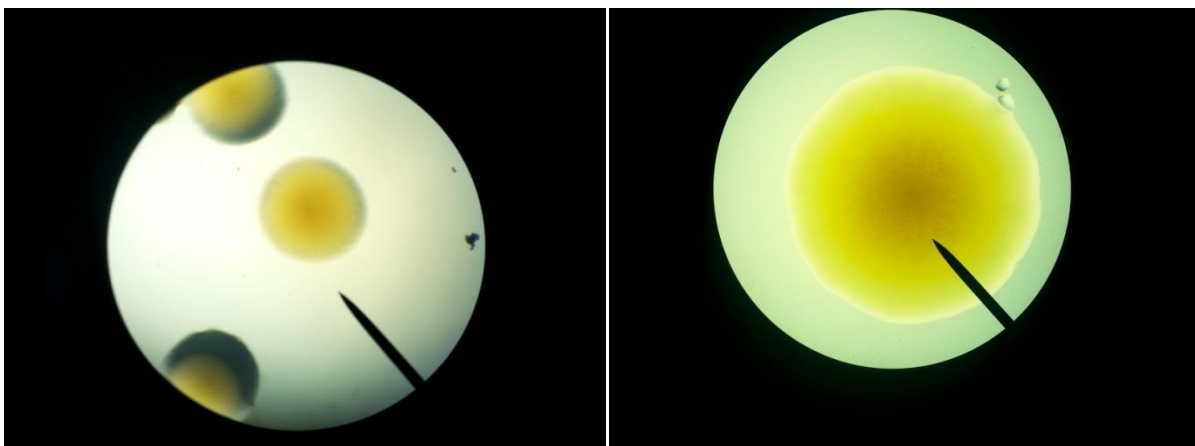


Figure 3. Typical yellow colonies of *F. psychrophilum* on TYES agar

The results of the antibiotic susceptibility test in both *F. psychrophilum* isolates were found to be susceptible to 12, intermediate to 3, and resistant to 5 out of 24 examined antibiotics (Table 1). While, isolate F1 showed resistance against trimethoprim/sulfadiazine and kanamycin, isolate G1 was

susceptible to these antibiotics (Figure 4). The reason for it might be the developing resistance of the bacteria to these antibiotics in the hatchery F1. Saticioglu et al. (2019) reported that all isolates of *F. psychrophilum* were susceptible to amoxicillin and florfenicol.

Table 1. Antibiotic susceptibility profiles of *F. psychrophilum* isolates

Antibiotic Disc	Isolate, F1	Isolate, G1
Sulfadiazine (25µg)	R (0 mm)	R (0 mm)
Florfenicol (30µg)	S (53mm)	S (57mm)
Sulphamethoxazole/Trimethoprim (25µg)	I (10mm)	I (14mm)
Chloramphenicol (30µg)	S (47mm)	S (43mm)
Ampicillin (10µg)	S (38mm)	S (39mm)
Erythromycin (15µg)	S (22mm)	S (24mm)
Oxolinic acid (2µg)	R (0 mm)	R (0 mm)
Streptomycin (10µg)	S (28mm)	S (35mm)
Vancomycin (30µg)	R (0 mm)	R (13mm)
Trimethoprim/ Sulfadiazine (30µg)	R (0 mm)	S (25mm)
Gentamycin (10µg)	I (13mm)	S (15mm)
Nitrofurantoin (300µg)	S (57mm)	S (53mm)
Doxycycline (30µg)	S (41mm)	S (34mm)
Kanamycin (30µg)	R (0 mm)	S (20mm)
Nalidixic Acid (30µg)	R (0 mm)	R (0 mm)
Amoxicillin (25µg)	S (53mm)	S (55mm)
Penicillin (10µg)	S (57mm)	S (60mm)
Clindamycin (2µg)	S (47mm)	S (44mm)
Oxacillin (1µg)	R (0 mm)	R (0 mm)
Enrofloxacin (5µg)	I (15mm)	I (20mm)
Flumequin (30µg)	I (20mm)	I (10mm)
Tetracycline (30µg)	S (38mm)	S (30mm)
Tobramycin (30µg)	R (0 mm)	R (0 mm)
Amoxicillin/Clavulanic acid 2:1 (30µg)	S (60mm)	S (60mm)

R, Resistance; S, Susceptible; I, Intermediate

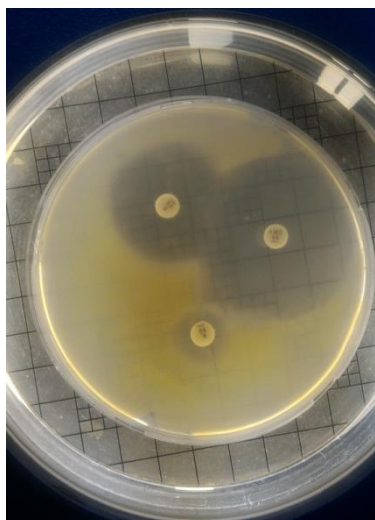


Figure 4. Susceptibility test of *F. psychrophilum* against Amoxicillin/Clavulanic acid 2:1 (S), Chloramphenicol (S) and Oxacillin (R)

Many studies have been performed to determine the antibiotic resistance profiles of *F. psychrophilum* in various regions of Turkey and quite variable profiles have been observed. Balta (1997) recorded that *F. psychrophilum* was sensitive to nitrofurans but resistant to flumequine, sulphonamides, and oxolinic acid. Diler et al. (2003) have reported that two *F. psychrophilum* isolates were sensitive to amoxicillin-clavulanic acid, oxytetracycline, and gentamicin but resistant to trimethoprim. In another study, five *F. psychrophilum* isolates from rainbow trout farms in eastern Anatolia were reported to be sensitive to oxytetracycline, erythromycin, gentamicin, nitrofurans, and amoxicillin-clavulanic acid, but resistant to chloramphenicol and penicillin (İspir et al., 2004). Boyacıoğlu (2007) reported that a total of 20 *F. psychrophilum* strains isolated from an outbreak in Muğla province were resistant to ampicillin (95%), sulphamethoxazole (95%), erythromycin (45%), and oxytetracycline (20%) but sensitive to enrofloxacin (100%). In these studies, different techniques were used to evaluate antibiotic resistance profiles. In the Mediterranean region, 13 *F. psychrophilum* strains isolated from different outbreaks were resistant to enrofloxacin (23%), amoxicillin (46.2%), erythromycin (61.5%), kanamycin (30.8%), cefoperazone (46.2%), and oxolinic acid (53.8%) (Didinen et al., 2005). Durmaz et al. (2012), showed that *F. psychrophilum* isolates were resistant to neomycin, ampicillin, amoxicillin, and kanamycin. Furthermore, 80%, 40%, 20%, and 20% of these isolates were resistant to erythromycin, cefoperazone, oxolinic acid, and sulphamethoxazole+trimethoprim, respectively. However, all the strains were 100% sensitive to oxytetracycline and enrofloxacin. It was considered that these variable resistance profiles may be due to the widespread use of different antibiotics or to differences among the strains. Several studies carried out in different countries have also shown the differences in resistance profiles among *F. psychrophilum* isolates. Valdebenito and Avendano-Herrera (2009) found that *F. psychrophilum* isolates from Chile were resistant to sulphamethoxazole+trimethoprim but highly sensitive to amoxicillin. 387 *F. psychrophilum* isolates were resistant to amoxicillin (11.6%), oxolinic acid (65.9%), oxytetracycline (67.7%), and sulphamethoxazole+trimethoprim (98.2%) in Denmark (Bruun et al., 2000). In another study, Del Cerro et al. (2010) found that 25 *F. psychrophilum* isolates originating from Spain were found resistant to oxytetracycline (>80%). The findings of the present study were not in agreement with those mentioned above. However, Rangdale et al. (1997), reported identical results to the current study concerning sensitivity to enrofloxacin. These differences in antibiotic resistance profiles of *F. psychrophilum* might be due to the use of different techniques or isolated strain variations. Ngo et al. (2018) determined the antimicrobial susceptibilities of 133 *F. psychrophilum* strains. They found a high categorical agreement between the classifications of the isolates for florfenicol (100%), oxytetracycline (93%), and oxolinic acid (99%). Mwega et al. (2020), reported that assessing the antimicrobial susceptibility of Flavobacteriaceae family members isolated from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The antimicrobial susceptibility of 67 Flavobacteriaceae isolates originating mainly from ponds and Lake Victoria against 19 antimicrobial agents was determined. Overall, most isolates were found to be susceptible to enrofloxacin (97%). Özcan and Sarıyüpeoğlu (2013), found *F. psychrophilum* strains were sensitive to oxytetracycline, florfenicol, enrofloxacin, and ciprofloxacin. These results are similar to our results for florfenicol (sensitive) but different for enrofloxacin (intermediate).

In conclusion, *F. psychrophilum* was isolated from commercial rainbow trout hatcheries in the Mediterranean region of Turkey. To control *F. psychrophilum* infections and to ensure the rational use of antibiotics, it is important to run the antibiotic susceptibility tests by using standard methods (CLSI, 2014). It is concluded that the most critical point is *F. psychrophilum* antimicrobial resistance patterns should be determined to treat the disease in farms in each region and country.

ACKNOWLEDGMENTS

The author P.Y. is supported by Turkish Council of Higher Education (YOK) 100/2000 PhD scholarship program.

REFERENCES

- Austin, B. and A. Austin (2016). Bacterial fish pathogens: Disease in farmed and wild fish. 6th ed.; Publisher: Springer-Praxis, Goldalming.
- Balta, F. (1997). Kültürü yapılan alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) görülen *Flexibacter psychrophila* enfeksiyonu. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu. 17-19 Eylül 1997. Eğirdir/İsparta. 641-648.

- Bruun, M.S., Schmidt, A.S., Madsen, L., & Dalsgaard, I. (2000). Antimicrobial resistance patterns in Danish isolates of *Flavobacterium psychrophilum*. *Aquaculture*, 187, 201-212.
- Boyacioglu, M., (2007). Gökkuşluğu alabalıklarında (*Oncorhynchus Mykiss*) RTFS'ye (Rainbow Trout Fry Syndrome) neden olan *Flavobacterium Psychrophilum* etkeninin izolasyonu ve antibakteriyel sağaltım seçeneğinin belirlenmesi. T.C. Adnan Menderes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı, Aydın.
- Boyacioglu, M., & Akar, F. (2012). Isolation of *Flavobacterium psychrophilum* causing rainbow trout fry syndrome and determination of an effective antibacterial treatment in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Journal of The Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University*; 18: 197–203.
- Boyacioglu, M., Kum, C., Kirkan, Ş., Sekkin, S., Parin, U., Karademir, Ü., & Akar, F. (2015). Comparison of in vitro and in vivo antibacterial efficacy for the control of *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry: the first genotypical evidence in West Aegean region of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39(3), 314-321.
- Buller, N., 2004. Bacteria from fish and other aquatic animals: A practical identification manual. Publisher: CABI Publishing, UK.
- CLSI (2014). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing of Bacteria Isolated from Aquatic Animals; *Second Informational Supplement*. CLSI document VET03/04-S2. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, PA.
- Del Cerro, A., Marquez, I., & Prieto, J.M. (2010). Genetic diversity and antimicrobial resistance of *Flavobacterium psychrophilum* isolated from cultured rainbow trout, *Onchorynchus mykiss* (Walbaum), in Spain. *Journal of Fish Diseases*, 33,285-291.
- Didinen, B.I., Diler, O., Ekici, S., & Altun, S. (2005). *Flavobacterium psychrophilum* izolatlarının teşhisinde API ZYM kullanımı ve ATB VET ile antimikrobiyal duyarlılığın belirlenmesi. *SDÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1, 64-70.
- Diler, Ö., Altun, S., & Işıklı, B.I. (2003). Kültürü yapılan gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'ndan izole edilen *Flavobacterium psychrophilum*'un fenotipik karakterleri. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 1-8.
- Durmaz, Y., Onuk, E. E., & Ciftci, A. (2012). Investigation of the presence and antibiotic susceptibilities of *Flavobacterium psychrophilum* in rainbow trout farms (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in The Middle and Eastern Black Sea Regions of Turkey. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 59, 141-146.
- Gómez, E., Mendez, J., Cascales, D., & Guijarro, J.A. (2014). *Flavobacterium psychrophilum* vaccine development: A difficult task. *Microbial Biotechnology*. 7:414–423.
- Gultepe, N., & Tanrikul, T. T. (2006). Treatment methods of *Flavobacterium psychrophilum*: cause of rainbow trout fry syndrome (RFTS) and bacterial cold water disease (BCWD) in Turkey. *Journal of Fisheries International*, 1(2-4), 102-105.
- Henríquez-Núñez, H., Evrard, O., Kronvall, G., & Avendaño-Herrera, R. (2012). Antimicrobial susceptibility and plasmid profiles of *Flavobacterium psychrophilum* strains isolated in Chile. *Aquaculture*, 354, 38-44.
- Holt, J. G., Krieg, N. R., Sneath, P. A., Staley, J. T., & Williams, S. T. (1994). *Bergey's Manual of Determinate Bacteriology*. 9th edn. Williams & Wilkins, Baltimore, USA.
- Hoare, R., Ngo, T. P., Bartie, K. L., & Adams, A. (2017). Efficacy of a polyvalent immersion vaccine against *Flavobacterium psychrophilum* and evaluation of immune response to vaccination in rainbow trout fry (*Onchorynchus mykiss* L.). *Veterinary Research*, 48(1), 1-13.
- İspir, Ü., Şeker, E., Sağlam, N., & Dörücü, M. (2004). Doğu Anadolu Bölgesi'nde bazı Gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) işletmelerinde görülen *Flavobacterium psychrophilum* enfeksiyonunun araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(4), 718-724.
- Kubilay, A., Altun, S., Didinen, B.I., Ekici, S., & Diler, O. (2009). Isolation of *Flavobacterium psychrophilum* in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of The Faculty of Veterinary Medicine, Kafkas University*; 15: 709–715 (in Turkish with English abstract).
- Kum, C., Kirkan, S., Sekkin, S., Akar, F., & Boyacioglu, M. (2008). Comparison of in vitro antimicrobial susceptibility in *Flavobacterium psychrophilum* isolated from rainbow trout fry. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20(4), 245-251.
- Madetoja, J. (2002). *Flavobacterium psychrophilum*: characterisation, experimental transmission and occurrence in fish and fish farming environments. Academic Dissertation, Finland, 1-37.
- Mwega, E., Chengula, A., Colquhoun, D., Mutoloki, S., Mdegela, R., Evensen, Ø., & Wasteson, Y. (2020). Antimicrobial susceptibility of Flavobacteriaceae isolates from Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Tanzania. *African Journal of Microbiology Research*, 14(1), 42-50.
- Ngo, T. P., Smith, P., Bartie, K. L., Thompson, K. D., Verner-Jeffreys, D. W., Hoare, R., & Adams, A. (2018). Antimicrobial susceptibility of *Flavobacterium psychrophilum* isolates from the United Kingdom. *Journal of Fish Diseases*, 41(2), 309-320.

- OIE (Office International des Epizooties). (2003). Manual of diagnostic tests for aquatic animals, 4th edn. Office International des Epizooties.
- Özcan, M., & Sarieyyüpoğlu, M. (2013). Elazığ ilindeki bazı alabalık işletmelerinde izole edilen *Flavobacterium psychrophilum*'un antibakteriyel duyarlılıklarının incelenmesi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2013(2) 11-19.
- Özcan, M., & Sarieyyupoglu, M. (2014). Identification and Investigation of Phenotypic and Genotypic Characteristics of *Flavobacterium psychrophilum* in Fry Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) in Some Trout. *International Journal of Sciences*. 3 (3) 24-34.
- Rangdale, R.E., Richards, R.H., Alderman, D.J. (1997). Minimum inhibitory concentrations of selected antimicrobial compounds against *Flavobacterium psychrophilum* the causal agent of rainbow trout fry syndrome (RTFS). *Aquaculture*, 158, 193-201.
- Saticioglu, I. B., Duman, M., Smith, P., Wiklund, T., & Altun, S. (2019). Antimicrobial resistance and resistance genes in *Flavobacterium psychrophilum* isolates from Turkey. *Aquaculture*, 512, 734293.
- Wahli, T., & Madsen, L. (2018). Flavobacteria, a never ending threat for fish: a review. *Current Clinical Microbiology Reports*, 5(1), 26-37.
- Valdebenito S., & Avendano-Herrera, R. (2009). Phenotypic, serological, and genetic characterization of *Flavobacterium psychrophilum* strains isolated from salmonids in Chile. *Journal of Fish Diseases*, 32, 321-333.
- Van Vliet, D., Loch, T. P., Smith, P., & Faisal, M. (2017). Antimicrobial susceptibilities of *Favobacterium psychrophilum* isolates from the Great Lakes Basin, Michigan. *Microbial Drug Resistance*, 23(6), 791-798.

Effect of some Biotic and Abiotic Factors on Hard and Soft-shell of Crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823): A Case Study from Hirfanlı Dam Lake

Mehmet CİLİZİBİZ¹

Food Control Laboratory Directorate, Isparta, Turkey

Corresponding Author: mehmetcilbiz@gmail.com

Research Article

Received 13 April 2021; Accepted 28 May 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Cilbiz, M. (2021). Effect of some biotic and abiotic factors on hard and soft-shell of crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823): A case study from Hirfanlı Dam Lake. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 548-555. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.915080>

Abstract

In this study, the effect of some biotic (total length, sex) and abiotic (sampling station and month) factors on the shell status (soft or hard) of *Pontastacus leptodactylus* were investigated in a natural crayfish population. The study was carried out in Hirfanlı Dam Lake (Central Anatolia), where one of the most important crayfish harvesting areas of Turkey, with a monthly basis between Jun-2017 and May-2018. Permutational multivariate analysis of variance (*PERMANOVA*) was used for the determination of the differences between nonparametric variables. A total of 5920 crayfish were checked, ultimately determined as 106 (1.79%) individuals with a soft shell and 5814 (98.21%) hard shell. Shell status was shown statistical difference with total length, stations, and sampling month ($p < 0.05$), while it was no significant by sex group ($p > 0.05$).

Keywords: *PERMANOVA*, Hirfanlı Dam Lake, moulting, narrow-clawed crayfish

Bazı Biyotik ve Abiyotik Faktörlerin Kerevit (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Kabuğunun Yumuşak veya Sert Olma Durumu Üzerine Etkileri: Hirfanlı Baraj Gölü Örneği

Özet

Çalışmada, doğal bir popülasyonda, bazı biyotik (total boy, eşey) ve abiyotik (örnekleme istasyonu, örnekleme dönemi) faktörlerin kerevit (*Pontastacus leptodactylus*) kabuğunun yumuşak veya sert olması üzerine etkileri araştırılmıştır. Arazi çalışmaları Türkiye'nin en önemli kerevit üretim merkezlerinden bir tanesi olan Hirfanlı Baraj Gölü'nde Haziran-2017 ile Mayıs-2018 döneminde aylık örnekleme dayalı olarak yürütülmüştür. Parametrik olmayan değişkenlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde permütasyonel çok değişkenli varyans analizi (*PERMANOVA*) kullanılmıştır. Toplamda 5920 adet kerevit kontrol edilmiş ve sonuçta 106 (%1.79) örneğin kabuğunun yumuşak, 5814 (%98.21) örneğin kabuğunda sert olduğu belirlenmiştir. Kerevit kabuğunun sert veya yumuşak olma durumu total boy, örnekleme dönemi ve örnekleme istasyonuna göre istatistiksel farklılık göstermiş ($p < 0.05$), eşeye göre değerlendirildiğinde ise istatistiksel farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Anahtar kelimeler: *PERMANOVA*, Hirfanlı Baraj Gölü, kabuk değişimi, dar kısıkaçlı kerevit

INTRODUCTION

As an extremely old group freshwater crayfish (159 million years ago) is very important for the freshwater ecosystem and they carry out some key roles in the environment such as water quality indicators, biodiversity indicators, keystone trophic regulators, and ecological engineering (Reynolds et al., 2013). Besides ecological importance, freshwater crayfish are very importance for economically as well. Although quality value of crayfish meat was also known in medieval times (Gherardi, 2011), as commercial mass harvesting (both fisheries and aquaculture based) started in 20th century according to official records. The narrow-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus*, Eschscholtz 1823) is the only commercial crayfish in Turkey, almost all of the products are export to the European country. Total annual production occurred as 696 t in 2019 (TurkStat, 2020).

The moulting process is very important for crustaceans because size increasing connected with moulting frequency. Crayfish growth is discontinuous and can be resolved into two components: moulting increment and intermoulting interval (McLay and van den Brink, 2016). Hence, exhibiting the factors that can affect moulting is extremely important for both comprehending species life history and managing of the commercial stock. Crayfish with soft shells are undesirable in Turkey's commercial inland

fisheries in that marketing is almost impossible. Discrimination is an improbable soft and hard shell in fishing operations because of the used catching technique, ultimately, all of them are harvested from fyke nets onboard. Finally, crayfish with soft shells are most likely convert to discard. If close season applied in the mass moulting period, this strategy can be directly affected the decrease of discard ratio. Current and similar studies are very important for the management of natural stocks when results using within this scope.

There are very limited studies conducted on the shell status of commercially exploited natural crayfish stock. It is seen that similar research is focus on indoor aquaculture studies (TaugbØL and Skurdal, 1992, Kouba et al., 2010, Kozák et al., 2009, Renai et al., 2007, Hesni et al., 2009, Yu et al., 2020). Turvey and Merrick (1997) investigated relationships of moulting frequency and moult increments with biological or environmental factors for freshwater crayfish *Euastacus spinifer* in Sydney Region, Australia. Coughran (2011) investigated basic biology (including population structure, behaviour, reproduction, growth, and moulting) of Blood Crayfish (*Euastacus gumar*) in the north-eastern New South Wales region (Australia). Walsh and Walsh (2013) researched growth rates and moult frequency of Tasmanian giant freshwater crayfish (*Astacopsis gouldi*) with using marking technic (tailfan clips and Passive Integrated Transponder) in northern Tasmania.

The aim of this study was to investigate the effect of some biotic (total length, sex) and abiotic (sampling station and month) factors on having whether soft or hard-shell in a natural crayfish population.

MATERIAL AND METHODS

The study was conducted in Hirfanlı Dam Lake (Ankara, Aksaray, Kırşehir- Turkey) where one of the most important crayfish harvesting areas of Turkey (Figure 1). The dam was constructed on Kızılırmak river in 1959 and its average surface area 218.81 km² and average depth 20.15 m (Gençoğlu and Ekmekçi, 2016). Fishing operations were conducted six stations where determined from the introduction section of the river in the dam toward to dam body. All stations were in a commercial crayfish fishing area. The study was conducted monthly between June-2017 and May-2018. Single-input crayfish fykes equipped with red net with 210d/12 rope thickness and 18mm mesh were used during sampling. 600 fyke nettings were used during sampling, 100 at each site.

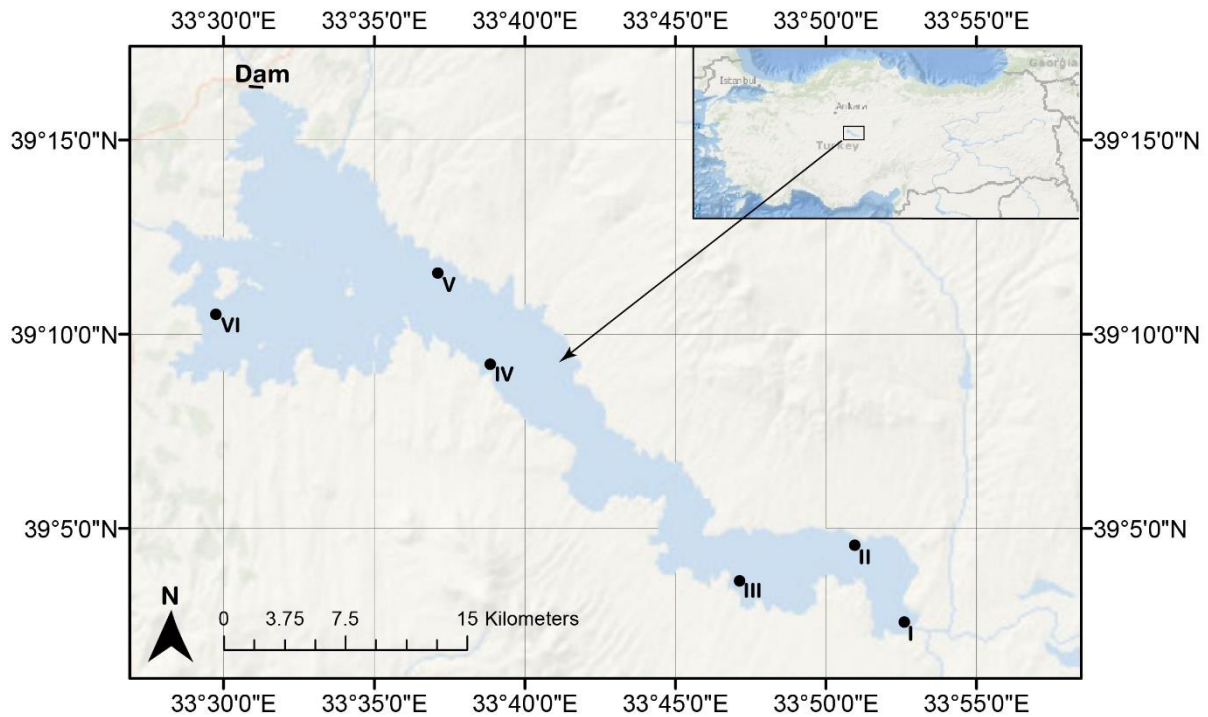


Figure 1. Hirfanlı Dam Lake and sampling stations

The sex of caught crayfish was determined macroscopically and carapace and abdomen length were measured with a digital calliper in 0.01 precision. Total length was obtained with the summing of carapace and abdomen length. The shell status (soft or hard) was determined as organoleptically from the same body part (carapace bilateral area) for each individual.

Determining the effect of some biotic and abiotic factors on crayfish shell status (soft-hard) permutational multivariate analysis of variance (*PERMANOVA*) was used. All of the categorical data were transformed as numerical before statistical analysis. Polychoric Correlation Analysis (Drasgow,1986) was used to determination the correlations between variables through *polycor* (0.7-10) *R* package (Fox, 2019). *vegan* (v 2.5-7) *R* package, *adonis2* function was used for statistical evaluation (Oksanen et al, 2020). *Bray-Curtis* distance matrices with 999 permutations were performed on the function. We utilized from *GGally* (v 2.1.0) *R* package for plotting of the interactions between variables (Schloerke et al, 2020). All statistical process was computed with *R* (v4.0.3) based *RStudio* (v1.3.1093) software.

RESULTS

At the end of the fishing trial, a total of 5920 crayfish were caught consist of 2595 females and 3325 males. Shell status of caught each crayfish was checked, in conclusion, we determined 106 (1.79%) individuals with a soft shell and 5814 (98.21%) hard shell. The status of a shell (soft or hard) was shown remarkable differences by total length class of crayfish. (Table 1). This difference was found significant as statistically ($p < 0.05$) (Table 3), on the other hand, correlations between shell status and total length were founded weak correlation (Table 2). The status of the shell is shown in Table 1 by sampling stations. Caught number crayfish were shown differences by stations despite applied equal fishing pressure. The ratio of having soft shells was founded different by stations ($p < 0.05$) (Table 2). It can say that moulting frequency is more intense in the middle areas of the dam than the beginning and last part. Sampling month was another important variable effected on the moulting process, in this case, most crayfish with soft shell were sampled in May (Table 1). Despite the founded weak correlation between shell status and sampling month (Table 2), differences shown significant as statistically ($p < 0.05$) (Table 3). Crayfish inhabit Hirfanlı Dam Lake have generally chosen spring months for moulting by this result. When evaluating the shell status by sex very similar result was gained (Table 1), no statistical significant was founded between variables ($p > 0.05$) (Table 3). All both double and tribble interactions between variables were found to be insignificant ($p > 0.05$) (Table 3). The monthly mean water temperatures were measured as 5.8, 7.4, 9.2, 13.8, 16.4, 23.3, 25.2, 26.1, 22.8, 15.2, 10.7, 9.1°C from January to December respectively.

Table 1. Shell status by biotic and abiotic factors

Shell	Total Length (cm)												
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Hard	8	32	218	921	1111	719	1016	1004	571	166	43	5	
Soft	0	0	1	14	42	20	12	9	8	0	0	0	
		Sampling Location											
		Sarıyahşi (1)		Sıddıklı (2)		Evren (3)		Geçitli (4)		Savcılı (5)		Şanlıkişla (6)	
Hard		198		656		2203		1194		1321		242	
Soft		13		23		33		29		7		1	
		Sampling Month											
		Jan.(1)	Feb.(2)	Mar.(3)	Apr.(4)	May.(5)	Jun.(6)	Jul.(7)	Aug.(8)	Oct.(9)	Sep.(10)	Now.(11)	Dec.(12)
Hard		505	277	1163	1123	512	420	272	136	172	253	392	589
Soft		0	0	0	3	58	16	6	7	7	9	0	0
		Sex											
		Female (1)						Male (2)					
Hard		2545						3269					
Soft		50						56					

Table 2. Polychoric correlation matrix of variables

Variables	Shell status	Total length	Sampling location	Sampling month
Total length	0.181	-	-	-
Sampling location	-0.223	-0.078	-	-
Sampling month	0.355	0.110	0.065	-
Sex	-0.034	0.081	-0.053	-0.144

Table 3. PERMANOVA results on the differences in crayfish soft or hard-shell by other variables

Source of Variation	df	Sum of square	R ²	F	p
<i>tl</i>	1	0.3602	0.6999	45.3870	0.0039
<i>ss</i>	1	0.0539	0.1047	6.7910	0.0336
<i>sm</i>	1	0.0108	0.0210	22.7190	0.0012
<i>sex</i>	1	0.0064	0.0124	0.0807	0.3869
<i>tl * ss</i>	1	0.00425	0.00826	0.5357	0.4870
<i>tl * sm</i>	1	0.00777	0.01510	0.9791	0.3461
<i>tl * sex</i>	1	0.00111	0.00216	0.1399	0.7218
<i>ss * sex</i>	1	0.00236	0.00459	0.2974	0.6343
<i>sm * sex</i>	1	0.00840	0.01632	1.0582	0.3375
<i>tl * ss * sex</i>	1	0.00178	0.00346	0.2241	0.6688
<i>tl * sm * sex</i>	1	0.00202	0.00393	0.2547	0.6511
Residual	1	0.05556	0.10795		
Total	18	0.51462	1.00000		

(*tl*: total length, *ss*: sampling station, *sm*: sampling month)



Figure 2. Plot matrix of interaction between variables

DISCUSSION

In our study, which investigated the effects of some biotic and abiotic factors on the hardness or softness of shells of individuals in a natural crayfish population, total length and sex as biotic factors and sampling period and station as abiotic factors were evaluated. Kouba et al. (2010) revised the

effect of several abiotic and biotic environmental factors on growth (or moult frequency) of crayfish, by the author, *abiotic factors* are temperature, photoperiod, the composition of the bottom substrate, shelter availability, pH, available calcium and *biotic factors* are age, sex, density, size, feeding frequency, individual growth rate and food source (Abrahamsson 1966, Mason 1979, Price and Payne 1984, Appelberg 1986, Lowery 1988, Gydemo 1989, Gydemo and Westim 1989, Hessen et al. 1991, Ackefors et al. 1992, Skurdal and Taugbol 1994, Jussila and Evans 1996, Savolainen et al. 2003, Ulikowski and Krzywosz 2004, Ahvenharju et al. 2005).

Correlations between variables were found to be quite weak in the study. This situation does not constitute any handicap in terms of the applied statistical method. As a matter of fact, according to Pasin et al. (2016), *PERMANOVA* is insensitive to correlations between dependent variables, and it also uses permutation techniques while calculating artificial (Pseudo) *F* test statistics and *p*-value. For this reason, this method does not require any distribution assumption. Therefore, the normal distribution assumption could not be achieved. The use of *PERMANOVA* in areas such as environment, ecology, medicine, and genetics has been increasing in recent years (Killi, 2020; Postnikoff et al., 2020; Kim et al., 2020). In this context, it is believed that *PERMANOVA* method, which we used in the evaluation of non-parametric data, is a current and accurate method.

It was observed that only 1.79% of the samples examined in the study had a softshell. The main reason for this low rate is that it is often difficult to sample crayfish that have entered the moulting cycle. Reynolds et al. (2013) explain this situation as follows: the moulting, or ecdysis, is hazardous to the individual, which must find somewhere to hide until its new, larger exoskeleton has hardened. The soft-shelled crayfish we caught were probably those that shed their shells in the fyke net (shell fragments were observed from time to time in the fyke nets during fishing operations) and those that have entered the shell hardening process. The softness of the shell was accepted as an indication that the sample had recently shed its shell.

Softshell texture was observed to be relatively intense in the 7, 8, and 9 cm length class (Figure 2), and the difference between total length and shell condition was found to be statistically significant (Table 2). This situation is thought to be since the shell change occurred more intensely in young individuals (6, 7, 8 cm total length) in this length class compared to other height classes. A similar result was reported by Wals and Wals (2013) for *A. gouldi*. By the authors, smaller specimens moulted more frequently than other individuals. Similarly, Reynolds (2002) reported that juveniles moult many times at first, larger individuals only once or twice a year in temperate regions. By the Turvey and Merrick (1997), small individuals (20-35 mm carapace length (*CL*)) of *E. spinifer* usually moult three times per year, the medium size class (35-55 mm *CL*) typically moults twice and large specimens (>55 mm *CL*) moult once per year. In addition, the authors reported that there are no differences in annual frequencies of moult related to sex and site.

In the study, it was observed that the softness of the crayfish shell peaked in May and June (Figure 2). It was observed that the sampling period was quite effective on moulting. The main reason for this situation is thought to be the water temperature. Because the process of moulting is inhibited when water temperatures are lower than 10 – 11°C (Ackefors et al. 1989; Henttonen et al. 1993). The effect of water temperature on moulting frequency has been revealed more clearly in aquaculture studies conducted under controlled conditions. Kouba et al. (2010) reported that higher temperature influenced growth in juvenile noble crayfish (*Astacus astacus*) by causing a higher moulting frequency. Another reason for the seasonal difference in shell change is based on the reproductive biology of the species. Females with eggs in their pleopods cannot change their shells in the December-May period (Cilbiz, 2020). In the study, the increase in the number of soft-shelled crayfish in May and June is the fact that female crayfish start to moulting immediately after they get rid of their eggs.

The amount of catch and the correspondingly soft or hard shell varied significantly between the sampling stations. This situation is generally thought to be caused by the ecological characteristics of the habitat (depth, vegetation, pollution, ground structure, etc.). Particularly in the 1st station, which represents the region where the river enters the reservoir, unlike the other stations, the floor was covered with mud as a result of the precipitation of suspended solid material over the years. However, crayfish mostly prefer sandy-gravelly ground areas (Alpbaz, 2005). Another issue regarding habitat preference is vegetation. Reynolds et al. (2013) stated that in most open water crayfish, juveniles live away from the adults in vegetation, litter or gravel, usually in shallower, warmer water, and grow

relatively rapidly through many moults. This situation may also cause a difference in length between stations. According to France (1993), acidification may have severe impacts on moulting and egg survival (Reynolds et al., 2013), in this context, the difference of water quality criteria in the reservoir depending on the fishing area may have caused the differentiation of the moulting process.

In addition to the increasing pollution, global climate change has caused serious changes especially on the lives of aquatic creatures on a global scale and continues to do so. Recently, plasticity has been among these negative factors. According to Reynold et al. (2013), unsuspected plasticity is affecting crayfish ecology such as physiology, behaviour, and reproductive strategies. In this direction, it causes changes in the life cycles of living things. For example, in Eğirdir Lake (Isparta-Turkey), it has been observed that crayfish with a total length of 11-12 cm, which is generally not expected to change their shells in the 2020 hunting season, have moulted densely. The soft-shelled catch is directly discarded in line with the demands of the traders (unpublished data). This has resulted in increased fishing pressure on the stock, whose sustainability is already severely troubled (more fishing has been required to reach the targeted marketable quota). By clearly demonstrating the seasonal moulting, the discard rate can be significantly reduced by applying the closed season in fishing during these periods. Therefore, it will be useful to carry out similar studies in other fishing areas.

In this study, it is demonstrated that shell status was shown statistical difference with total length, stations and sampling month ($p < 0.05$), while it was no significant by sex group ($p > 0.05$). Results of the study will contribute both understanding of the biological properties of *P. leptodactylus* and improving the management of its natural stocks.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry General Directorate of Agricultural Research and Policies with TAGEM/HAYSUD/2017/ A11/P-02/1 grant number.

REFERENCES

- Abrahamsson, S. (1966). Dynamics of an isolated population of the crayfish *Astacus astacus* Linne. *Oikos*, 17(1):96-107
- Ackefors, H., Castell, J.D., Boston, L.D., Raty, P. & Swensson, M. (1992). Standard experimental diets for crustacean nutrition research. II. Growth and survival of juvenile crayfish *Astacus astacus* (Linne) fed diets containing various amounts of protein, carbohydrate and lipid. *Aquaculture*, 104(3-4):341- 356.
- Ahvenharju, T., Savolainen, R., Tulonen, J. & Ruohonen, K. (2005). Effects of size grading on growth, survival and cheliped injuries of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* Dana) summerlings (age 0+). *Aquaculture Research*, 36(9):857-867.
- Aiken, D.E. & Waddy, S.L. (1992). The growth process in crayfish. *Reviews of Aquatic Sciences*, 6(3-4):335–381.
- Alpbaz, A. (2005). Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Alp Yayınları. 548p.İzmir
- Appelberg, M. (1986). The crayfish *Astacus astacus* L. in acid and neutralized environments. PhD Dissertation. Uppsala University, Uppsala, Sweden.
- Cilbiz, M. (2020). Pleopodal fecundity of narrow-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823). *Invertebrate Reproduction & Development*, 64(3), 208-218.
- Coughran, J. (2011) Biology of the Blood Crayfish, *Euastacus gumar* Morgan 1997, a small freshwater crayfish from the Richmond Range, northeastern New South Wales. *Australian Zoologist*, 35, 685-697.
- Dragow, F. (1986) Polychoric and polyserial correlations. Pp. 68–74 in S. Kotz and N. Johnson, eds., The Encyclopedia of Statistics, Volume 7. Wiley.
- France, R.L. (1993). Effect of experimental lake acidification on the crayfish *Orconectes virilis* population recruitment and age composition in north-western Ontario, Canada. *Biological Conservation*, 63(1), 53–59.
- Fox, J. (2019). polycor: Polychoric and Polyserial Correlations. R package version 0.7-10. <https://CRAN.R-project.org/package=polycor>
- Gençoğlu, L. & Ekmekçi, F.G. (2016) Growth and reproduction of a marine fish, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in a freshwater ecosystem. *Turkish Journal of Zoology*, 40, 534-542.
- Gherardi, F. (2011) Towards a sustainable human use of freshwater crayfish (Crustacea, Decapoda, Astacidea). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, (401), 02.
- Gydemo, R. & Westin, L. (1989). Growth and survival of juvenile *Astacus astacus* L. at optimized water temperature. Pp. 383-391, In: Aquaculture - A biotechnology in progress. DePauw N, Jaspers E, Ackefors H and Wilkins N, (eds.). European Aquaculture Society, Bredene, Belgium.

- Gydemo, R. (1989). Studies on reproduction and growth in the noble crayfish, *Astacus astacus* L. PhD Dissertation. University of Stockholm, Stockholm, Sweden.
- Hesni, M.A., Shabanipour, N., Zahmatkesh, A. & Toutouni, M.M. (2009) Effects of temperature and salinity on survival and moulting of the narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* eschscholtz, 1823 (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana*, 82, 1495-1507.
- Hessen, D., Kristiansen, G. & Lid, I. (1991). Calcium uptake from food and water in the crayfish *Astacus astacus* (L. 1758), measured by radioactive ⁴⁵Ca (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana*, 60(1), 76-83.
- Jussila, J. & Evans, L.H. (1996). On the factors affecting marron, *Cherax tenuimanus*, growth in intensive culture. *Freshwater Crayfish*, 11, 428-440.
- Killi, N. (2020). Meroplankton Composition of a low productive Lagoon System (Köyceğiz-Dalyan): temporally but not spatially variations. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 48(4), 367-372.
- Kim, H.G., Song, S.J., Lee, H., Park, C.H., Hawkins, S.J., Khim, J.S., & Rho, H.S. (2020). A long-term ecological monitoring of subtidal macrozoobenthos around Dokdo waters, East Sea, Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 156, 111226.
- Kouba, A., Kanta, J., Buřič, M., Polcar, T. & Kozák, P. (2010) The effect of water temperature on the number of moults and growth of juvenile noble crayfish, *Astacus astacus* (Linnaeus). *Freshwater Crayfish*, 17, 37-41.
- Kozák, P., Buřič, M., Kanta, J., Kouba, A., Hamr, P. & Polcar, T. (2009) The effect of water temperature on the number of moults and growth of juvenile signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* dana. *Czech Journal of Animal Science*, 54, 286-292.
- Lowery, R.S. (1988). Growth, moulting and reproduction. Pp. 309–340, In: *Freshwater Crayfish: Biology, Management and Exploitation*. Holdich DM and Lowery RS, (eds.). Croom Helm, London, UK.
- Mason, J.C. (1979). Effects of temperature, photoperiod, substrate and shelter to survival, growth, and biomass accumulation of juvenile *P. leniusculus* in culture. *Freshwater Crayfish*, 4, 73-82.
- McLay, C.L., van den Brink, A.M. (2016). Crayfish growth and reproduction. In: Longshaw M, Stebbing P (eds) *Biology and ecology of crayfish*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2020). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.5-7. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pasin, Ö., Ankaralı, H., Cangür, Ş. & Sungur, M.A. (2016) An Application of Non-Parametric Factorial Manova in Health Research [in Turkish]. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 9, 13-20.
- Postnikoff, C.K., Willis, K.A., Rezonzew, G., Gaggar, A., Nichols, K.K., & Lal, C.V. (2020). The Closed Eye Harbors a Distinct Microbiome in Dry Eye Disease: A Randomized Clinical Trial of the Efficacy of a Saline Rinse Upon Awakening. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 61(7), 3222-3222.
- Price, J.O. & Payne, J.F. (1984). Postembryonic to adult growth and development in the crayfish *Orconectes neglectus chaenodactylus* Williams, 1952 (Decapoda, Astacidea). *Crustaceana*, 46(2), 176–194.
- 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*. *BFPP - Bulletin Francais de la Peche et de la Protection des Milieux Aquatiques*, 39-54.
- Reynolds, J.D. (2002). Growth and reproduction. Pp. 152–191, In: *Biology of Freshwater Crayfish*. Holdich D.M., (ed.). Blackwell Science, Oxford, England.
- Reynolds, J., Souty-Grosset, C., & Richardson, A. (2013). Ecological roles of crayfish in freshwater and terrestrial habitats. *Freshwater Crayfish*, 19(2), 197-218.
- RStudio Team (2020). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Savolainen, R., Ruohonen, K. & Tulonen, J. (2003). Effects of bottom substrate and presence of shelter in experimental tanks on growth and survival of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana) juveniles. *Aquaculture Research*, 34(4), 289-297.
- Schloerke, B., Cook, D., Larmarange, J., Briatte, F., Marbach, M., Thoen, E., Elberg, A. & Crowley, J. (2020). GGally: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.0.0. <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>
- Skurdal, J. & Taugbøl, T. (1994). Do we need harvest regulations for European crayfish? *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 4(4), 461-485.
- Taugbøl, T., & Skurdal, J. (1992) Growth, mortality and moulting rate of noble crayfish, *Astacus astacus* L., juveniles in aquaculture experiments. *Aquaculture Research*, 23, 411-420.
- TurkStat, 2020. Fishery Statistics, Available from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=97&locale=tr>, Access date: December 24, 2020
- Turvey, P. & Merrick, J.R. (1997) Moults increments and frequency in the freshwater crayfish, *Euastacus spinifer* "(Decapoda: Parastacidae)", from the Sydney Region, Australia. *Proceedings of the Linnean Society of New South Wales*, 118, 187-204.

- Ulikowski, D. & Krzywosz, T. (2004). The impact of photoperiod and stocking density on the growth and survival of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.) larvae. *Archives of Polish Fisheries*, 12(1):81-86.
- Walsh, T.S. & Walsh, B.B. (2013) A study of growth and moulting rates of *Astacopsis gouldi* clark. *Freshwater Crayfish*, 19, 97-101.
- Yu, J.X., Xiong, M.T., Ye, S.W., Li, W., Xiong, F., Liu, J.S. & Zhang, T.L. (2020) Effects of stocking density and artificial macrophyte shelter on survival, growth and molting of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) under experimental conditions. *Aquaculture*, 521: 735001.

The State of Water Management in Ethiopia: Problems and Solution Approaches

Awol Kedir JEWARO^{1*}, İbrahim DİLER²

¹Süleyman Demirel University Institute of Water Sciences, Department of Water Management, 32000 Isparta, Turkey

²Isparta University of Applied Sciences Department of Fisheries, 32000 Isparta, Turkey, E-mail:

*Corresponding Author: awolkedir25@gmail.com

Research Article

Received 14 April 2021; Accepted 22 June 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Jewaro, A. K., & Diler, İ. (2021). The state of water management in Ethiopia: Problems and solution approaches. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 556-568. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.915819>

Abstract

Water management is considered to be a field that searches for optimal solutions to the problems posed by society's need for water and the availability of water in nature. Urbanization and rapid increase in population have brought many problems related to water resources, especially in developing countries like Ethiopia. As a result, millions of people do not have access to potable water and improved sanitation. This study found that the main water problems in Ethiopia are more likely to result from weaknesses in coordination, lack of adequate authorized institutions, rapid population growth, technical, financial, and hydro political problems rather than water scarcity. The country's policy on sharing its natural resources, allocation, and management of transboundary water resources creates major problems between upstream and downstream countries. The study recommends advanced management mechanisms and appropriate approaches that can solve the existing problems and promote the socio-economic development of the country.

Keywords: Ethiopia, Nile River, Water Allocation, Water Management, Water Resources

Etüpyopya'da Su Yönetiminin Durumu: Sorunlar ve Çözüm Yaklaşımları

Özet

Su yönetimi, toplumun suya olan ihtiyacının ve suyun doğadaki mevcudiyetinin yarattığı sorunlara en uygun çözümler arayan bir alan olarak kabul edilmektedir. Kentleşme ve nüfusun hızla artması, özellikle Etiyopya gibi gelişmekte olan ülkelerde su kaynakları ile ilgili birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Sonuç olarak, milyonlarca insanın içme suyuna ve gelişmiş sanitasyona erişememektedir. Bu çalışma, Etiyopya'daki asıl su sorunlarının su kıtlığından çok su kaynaklarının koordinasyondaki zayıflıklardan, yeterli yetkilendirilmiş kurumların eksikliğinden, hızlı nüfus artışından, teknik, finansal ve hidropolitik sorunlardan kaynaklanma olasılığının daha yüksek olduğunu bulmuştur. Ülkenin doğal kaynaklarının paylaşımı, sınırışan su kaynaklarının tahsisi ve yönetimine ilişkin politikası, yukarı ve aşağı havza ülkeleri arasında büyük sorunlar yaratmaktadır. Bu çalışma, mevcut sorunları çözebilecek ve ülkenin sosyo-ekonomik kalkınmasını destekleyebilecek gelişmiş yönetim mekanizmaları ve uygun yaklaşımlar önermektedir.

Anahtar Kelimeler: Etiyopya, Nil Nehri, Su Tahsisi, Su Yönetimi, Su Kaynakları

INTRODUCTION

Water is considered the elixir of life in the world. It would not be an exaggeration to say that without effective water resource management, the world's social and economic development will be severely constrained or even threatened in the future. Both developed and developing countries need to implement more effective water management policies and practices for better water quality and ensure the availability of water in nature (UNEP, 2010).

According to Prasifka (1994), water covers about three-quarters of the earth's surface. However, it is worth noting that freshwater is unevenly distributed across the world. To illustrate, only the Amazon River carries one-fifth of the water discharged by all the world's rivers. The Amazon is theoretically enough to supply twice the world's freshwater needs. The great river of China, Yangtze Kiang, has enough water to supply every person on the planet with about 500 liters of water in a day.

The Nile, considered the longest river in the world and originating in Ethiopia, is known as the main source of water supply for Egypt and Sudan. With nearly 72% of the river's potential originating from the highlands of Ethiopia, the issue of exploiting the Nile River is now the focus of interest for

the Ethiopian government. These concerns are the effect of increasing demand in using the river for various purposes by the Ethiopian government as well as downstream countries, especially Egypt (Bilen, 2009).

Political and social problems will likely arise between the riparian states and Ethiopia as a result of the exploitation of the Nile River (Loucks and Van, 2017). As water is nowadays a limiting factor for the socio-economic development of any country, international, regional, and local conflicts overutilization of water are increasing significantly. In addition to the impact of global change on water resources in the world due to increasing demand, excessive water extraction from underground aquifers and rapid population growth are among these problems.

The issue of cross-border waters has arisen since the earliest time over who owns a body of water, who has a right to use it, or how water should be allocated and shared among those who claim it (Loucks and Van, 2017). The fact that all countries involved in disputes over transboundary waterways have still not signed the 1997 General Convention UN on the Non-Navigational Use of International Waterways is a worrying situation. This case; thus, has some marginal implications for the resolution of current and future water disputes (Schelwald et al., 2009).

Although the increase in water demand in agricultural production has been of great concern worldwide in recent years, the provision of water for energy production is ignored by water professionals and development experts. Sustainable development and advanced economic growth, sanitation, wastewater treatment, and water supply cannot be achieved without adequate energy resources, especially in developing countries. Similarly, it is not possible to produce electricity on a large scale without large quantities of water (Asit, 2008).

Water resources development and management strategies can be considered in terms of economic and non-economic measures. The all-inclusive National Water Management Development (2000) strategy initiated by the Ethiopian government shows more attention to the use of non-economic measures of water demand management than the previous supply-driven plan. It recommends that the use of water tariffs to reduce water demand must be complemented by education campaigns on water conservation and use (MoWR, 2002).

According to WWAP (2012), water management is not only a technical term but also encompasses various scientific disciplines and activities. It requires a combination of practices and measures, including policies, regulations, principles, prices, and other incentives, and changes in physical infrastructure and facilities. Integrated Water Resources Management (IWRM), which is intensively voiced nowadays, focuses on the necessary integration of water management between sectors, policies, and institutions. These can be divided into three categories: Management of resources, Management of water services, and Management the necessary balance between supply and demand. Management of water resources refers to the management of rivers, lakes, and groundwater. It includes water allocation, assessment and protection from pollution, natural and man-made infrastructure, and groundwater discharge to maintain, distribute and store water-related ecosystems and water quality. Water service management extends from the water supplier to the end user's demand. Management of balancing supply and demand also involves a wide range of socio-economic interests, administrative activities related to allocation, authorization, and agreements (Tortajada and Biswas, 2009).

Sub-Saharan Africa in general, and Ethiopia in particular, face significant water challenges (UNEP, 2002). While Ethiopia has relatively adequate water resources that are technically and economically viable, the majority of the population lacks proper sanitation and hygiene facilities and access to clean water. Public drinking water is supplied from unprotected lakes, rivers, wells, ponds, and streams that are unsafe and most likely highly polluted (EWNHS, 2018).

MATERIALS AND METHODS

The study area

The Federal Democratic Republic of Ethiopia is a landlocked country in the Horn of Africa. Ethiopia is bordered by Eritrea and Djibouti to the north, Somalia to the east, Kenya and Somalia to the south, and Sudan and South Sudan to the west. The country has an area of 1,127 km², including a water area of 7,444 km², with an altitude ranging from 4,550m (Ras dejan mountain) to 125 m (Dalol depression) below sea level (EWNHS, 2018). According to World Bank (2019), the country has ten (as of 2020) autonomous regions and two city administrations (Addis Ababa and Dire Dawa) (Figure 1). The regional states and city administrations are divided into sub-regions. With a population of

more than 110 million, the country comprises more than 80 ethnic groups and as many languages and religions.

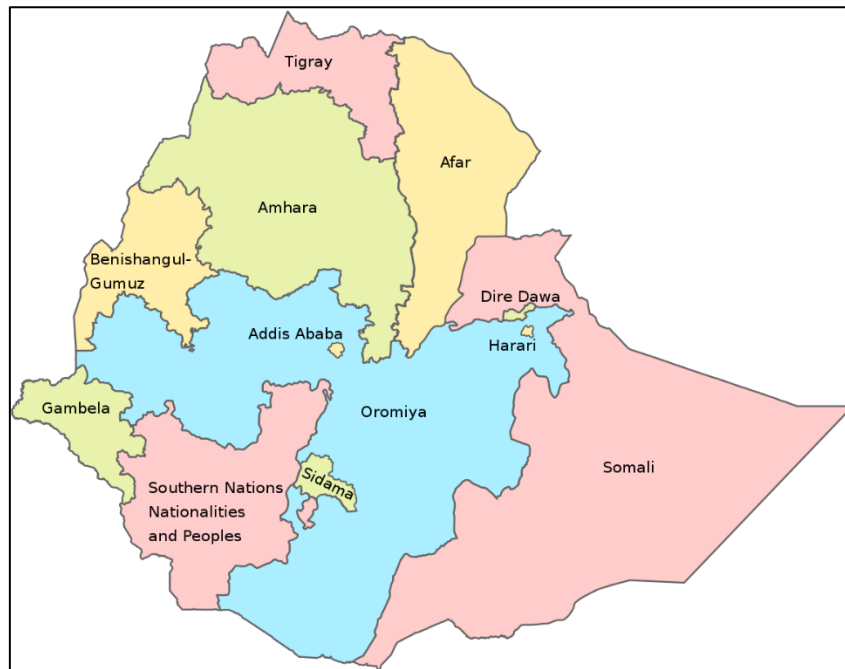


Figure 1. Ethiopia's political and administrative map (Anonymous, 2020)

Methodology

The necessary primary data for this study were collected from various sources. For this purpose, field observations and interviews were conducted between January and March 2019. During the interviews and field observations at Oromia Mining and Water Bureau, Awash Basin Authority, Adama City Water Bureau, Koka Water Supply Centre, and other interrelated agencies, the following main topics were discussed. The general status of water resources, regulations, policies, coordination among different stakeholders and sectors, and most importantly the problems of water management were discussed. Other qualitative data were obtained from interviews and observations. The data collected during the field observation and interview was also written in a holistic approach.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Water Status in Africa

Africa has enormous potential water resources that can be harnessed and help to achieve the Sustainable Development Goal that the UN has set for the world by 2030. Although Africa is rich in water resources with major rivers such as the Nile, Congo, and Lake Victoria (Figure 2), many African countries still face difficulties in utilizing water resources due to economic and political problems. According to UNEP (2002), it is estimated that millions of Africans will face serious water shortages by 2030 unless the necessary investments are not made and measures taken in time.



Figure 2. Africa's largest river basins (UNEP, 2002).

Africa is the second driest and most populous continent in the world. Poverty is also a widespread issue in Africa except a few regions. The majority of the continent's population lives in rural areas where there is no access to potable water, inadequate sanitation, and hygiene. The average annual per capita water availability is far below the global average of 6,498 m³/person/year (Table 1). In Ethiopia, access to safe drinking water is 57 percent and improved sanitation remains woefully low at only 28 percent nationwide (UNEP, 2002).

Table 1. Global distribution of freshwater resources (UNEP, 2002)

Continent/Region	Annual volume (km ³)	Percentage of fresh water resources (%)	Per capita (m ³ /year) 2008
World	43,802	100	6498
Africa	3931	9.0	4008
Asia	12393	28.3	3037
South America	12380	28.3	32165
Central America and the Caribbean	781	1.8	9645
North America	6877	15.7	15166
Oceania	892	2.0	32366
Europe	6548	14.9	8941

Potential and Current Situation of Water Resources in Ethiopia

Ethiopia has 12 major river basins, 11 lakes, 9 salt lakes, 4 crater lakes, and more than 12 major swamps (Figure 3). The average annual flow of the river basins is estimated to be 122.19 billion m³. With this enormous flow of its water resources, Ethiopia is called the "water tower of East Africa".

This does not necessarily mean that it has abundant water resources that are easily accessible for use. Although Ethiopia has relatively adequate water resources (about 124 billion m³ of surface water, 2.6 billion m³ of groundwater, and hydroelectric potential of 161,000 Gwh/year), only a portion of this enormous potential has been harnessed to contribute meaningfully to the socio-economic development of the country (MoWR, 2002).

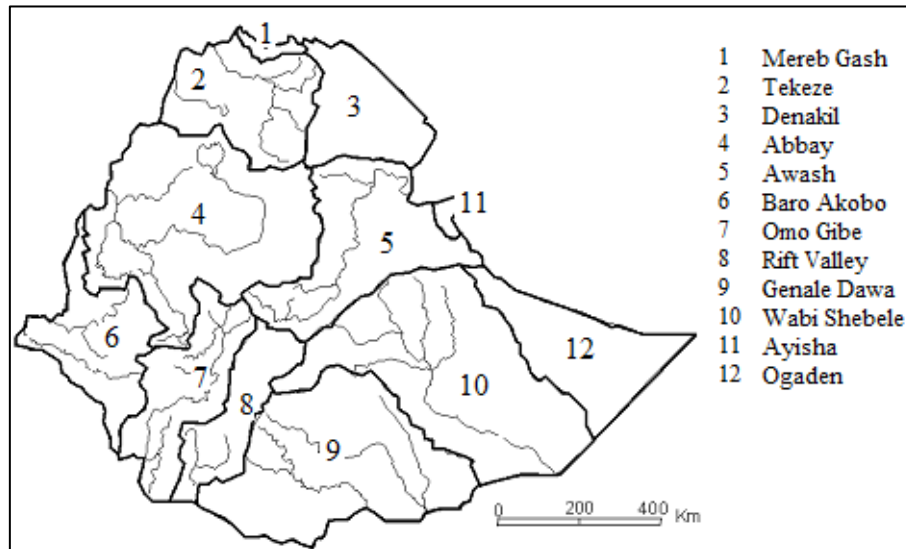


Figure 3. Major basins of Ethiopia (EWNHS, 2018)

Even the estimated 2.6 billion m³ of groundwater widely dispersed in the lowlands of the country could not be properly utilized stemming from financial and technical capacity problems. The findings of the research revealed that the majority of the country's population has access to ponds, springs, swamps, streams and rivers, and rainwater for domestic use. Water consumption per capita varies from 10-20L/day in some urban areas to 3-4 liters per person in rural areas. An estimated 86% of all water withdrawals in the country are used for agricultural purposes, 13% for domestic use, and 1% for industry, compared to global averages of 70%, 11%, and 19%, respectively (CIA, 2019).

Nile River

The Nile is a basin with a drainage area of 2.9 million km², which makes up 10% of the entire African continent and is shared by nine countries (Burundi, Egypt, Ethiopia, Kenya, Rwanda, Tanzania, Sudan, Uganda, and Zaire). The basin takes its name from the main watercourse of the basin, the Nile. The Nile, the longest river in the world, has a length of 6825 km from the equator in Africa to the Mediterranean Sea (Figure 4).



Figure 4. The Nile River (Loucks & Van, 2017)

As it flows towards South-North, it takes most of its source from Lake Tana, Ethiopia. The annual volume of water supplied to the Nile from Ethiopia is about 72 billion m^3 , which is about 72% of the total river flow. The Upper Nile, also known as White Nile, originates from the equatorial lakes, particularly Lake Victoria and the largest freshwater swamp in the world (Sudd). The Nile then takes the Atabara River at Khartoum and there is no further major water inlet until it reaches the Mediterranean Sea (Bilen, 1997).

Nile River Treaties and Water Rights of Upstream Countries

According to the protocol signed in 1891 between Italy on behalf of Ethiopia and the British Colonial Administration in Egypt, Ethiopia was not allowed to build any hydraulic structures on the Blue Nile that would alter the amount of water flowing into the Nile River. Then, on May 15, 1902, the agreement was concluded between Ethiopia and the British colonial administration that defined the boundaries of Ethiopia. Through this agreement, the Ethiopian administration committed not to build any infrastructures that would alter the flow and volume of the Nile River to Egypt (Bilen, 2009).

With the Tripartite Agreement signed between Britain, France, and Italy on 13 May 1906, the notes were exchanged in Rome in 1925 between Italy and England. In addition, Egypt's interests in the Nile were reaffirmed without regard to the rights of the riparian states in the upper basin. The Nile Water

Agreement of May 1929 is of particular importance for the water policy of the Nile. The most important article of the agreement makes it clear that no irrigation, power, or other development activities should be undertaken in Sudan and other countries under the British administration that would reduce or retard the amount of water flowing into Egypt. In 1935, an American company obtained permission from the Ethiopian government to build a dam at the outlet of Lake Tana. However, this initiative was stopped by England based on the agreement signed in 1929 (Bilen, 1997).

The Nile River Agreement (1959) provides no water allocation for the countries in the upper basin of the river. This inequitable allocation (see Table 2) still causes serious disputes in the region; especially between Ethiopia, the largest contributor to the Nile River (72%), and Egypt, the largest user (55%). The old colonial system, the British and French colonial periods, has left deep traces in the legal arrangements of the Nile. The protocols and notes supporting this agreement were signed in 1959 between Egypt and Sudan after the 1929 treaty that regulated the Nile's use regime. Even worse, the articles of the agreement include the following:

Except for the annual water allocations to Egypt and Sudan, the provisions of the 1929 agreement were adopted without much change.

Sudan agreed to the construction of the Aswan Dam, with part of the reservoir remaining in its territory.

Of the total annual volume of water that would flow into the Aswan Dam, Egypt (55.5 billion cubic meters) and Sudan (18.5 BCM) would each receive a share. Provided Sudan meets its quota, the construction of Roseries Dam and other facilities would be approved by Egypt.

Before construction could begin, all countries remaining in the upstream part of the Nile Basin had to apply and receive approval by submitting the relevant technical details to the joint technical committee formed by Egypt and Sudan.

Sudan could take measures to reduce water losses in the marshes and wetlands in the south of Sudan by agreeing with Egypt.

Table 2. Allocation of the Nile River according to 1959 Treaty (Bilen, 1997)

Country	Country's contribution to water potential (Billion m ³)	Water allocation according to the 1959 Treaty (Billion m ³)
Egypt	0	55.5
Sudan	0	18.5
Ethiopia	72	0
Other Countries	12	0
Evaporation Losses	-	10
Total	84	84

Analyzing (Table 2), it can be seen that the highest shares of the contribution to Nile River were supplied by Ethiopia. However, the lowest share was consistently provided by Egypt and Sudan, which were allocated the highest share for utilization. The 1959 agreement did not provide for the allocation of water to other riparian states, including Ethiopia, whose highlands contribute about 72% of the flow to the river basin.

To intermit Egypt's violation of international transboundary water law and to achieve effective and reasonable use of transboundary water resources with riparian states, fair regional cooperation and agreements should be reached, taking into account the principles (geographical, hydrographical, climatic, ecological, and natural) of international and regional agreements. Above all, the bilateral agreements (the 1929 Treaty Anglo-Egyptian and its modified version, the 1959 agreement), which completely disregarded water allocation to other riparian states, should be reconsidered with the participation of all states under international transboundary water law. In this way, it is possible to halt Egypt's aggressive approach to the use of the Nile and introduce a strong resolution as soon as possible.

Water Ownership and Usage Rights

On 8 July 1997, the General Assembly of UN adopted the Decision on the Non-Navigational Use of International Waterways. Looking at the Nile Rivers, Sudan was in favor of an agreement, Egypt and Ethiopia abstained, and Burundi was also against the agreement. This suggests that both upstream

and downstream countries are unlikely to sign the convention and are unwilling to resolve disputes over transboundary water issues (Varis et al., 2008). In addition, Ethiopia's stance on the use of the Nile River in recent years and Egypt's stance on the allocation of the river could complicate the existing tensions over the use of the river.

Ethiopia's water policy and water rights declaration make it clear that surface and groundwater resources located within the country's geographic, ecological and natural boundaries are the common property of the Ethiopian people and the state. Under the national laws of the country and international conventions, every Ethiopian citizen has the right to access clean water for basic needs (FNGoE, 2000). Accordingly, the country must allocate and use its water resources in a sustainable manner to achieve a nationwide supply of clean water.

According to NGoE (1994), Article 44 of the Ethiopian Constitution, which is still in force and was adopted in 1995, states that all international agreements and relations entered into, established, or conducted by the state shall protect and ensure Ethiopia's right to sustainable development (FDRE, 1995). In addition, the Constitution clarifies that all-natural resources (including water) are the common property of the Ethiopian people and the state. The Ministry of Water, Irrigation, and Energy (MoWIE) is responsible for the overall planning, development, management, use, and protection of the country's water resources, as well as the supervision of all medium and large irrigation projects. However, the country still lacks strict enforcement of natural resource use regulations, coordination weaknesses, and adequate authorized institutions.

PROBLEMS AND SOLUTION APPROACHES

Rapid Population Growth

During the period between 2005 and 2050, the world population is expected to increase in only eight countries. The largest population increases are expected in the countries of India, Nigeria, Pakistan, Congo, Ethiopia, USA, Bangladesh, and China. Together, they may account for almost half of the expected growth in the world population during this period (Biswas et al., 2008).

In many regions of Ethiopia, the majority of the population lives in areas where water availability is limited and not easily accessible. With this rapid population growth, it is obvious that the major water resource issues will emerge to hinder the country's water policy. While the Ethiopian population was about 80 million in 2009, it is currently (2019 estimate) 110 million people (Figure 5).

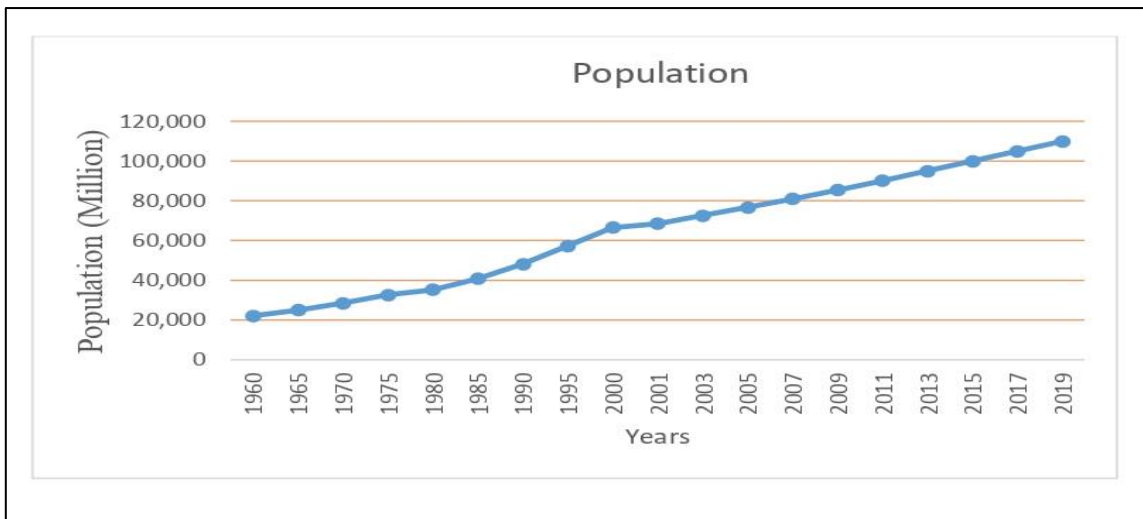


Figure 5. Population growth in Ethiopia between the years 1960-2019 (World Bank, 2019).

Extreme population growth is one of the most pressing reasons for water problems in Ethiopia. Excessive population growth, together with climate change, exacerbates the country's water scarcity problems. For example, while the country's population was about 60 million in 2000, it will reach almost 110 million people in 2019 (see Figure 5). This leads to many constraints in water supply and social stability. As the country's population grows, the demand for water or pressure on limited water resources is expected to increase. Population growth, uncontrolled urbanization, the release of

untreated sewage and bulk waste into the environment and water bodies, and lack of treatment technologies are increasing the pollution of the country's water bodies.

Hydropolitical Problems

Ethiopia is a country endowed with huge hydroelectric potential. It is second only to Congo in hydroelectric potential in Africa. However, the country has so far exploited only a part of this potential. Due to inadequate environmental and water resources policies, the distribution and management of transboundary water resources create instability within and between riparian states (MoWR, 2002).

In this case, the Grand Ethiopian Renaissance Dam has been under construction since 2011 due to disputes over water policy issues regarding the filling and operation of the dam between Ethiopia and Egypt. The latest round of talks between Ethiopia and Egypt involving Sudan was held in Khartoum, the capital of Sudan, on September 15-16, 2019. However, no satisfactory agreement was reached on the duration of filling the reservoir of the dam. While Egypt wanted the reservoir to be filled in a period of 7 to 10 years so as not to restrict the flow in the river, Ethiopia rejected this plan and opted for three years (Anonymous, 2019).

Additionally, while Egypt wants the dam to release at least 40 billion cubic meters of water per year, Ethiopia has not specified how much should be released in this regard. After many years of diplomatic intercourse between Cairo and Addis Ababa, the US proposed mediation to reach a cooperative, sustainable, and mutually beneficial agreement on the filling and operation of the dam. The agreements signed by other countries on behalf of Ethiopia are a violation of its rights and should be revised immediately. The issue should be reassessed and the causes of disagreement between Egypt and Ethiopia should be resolved diplomatically.

Financial Problems

Due to the location of major rivers and lakes in the rugged physical structure, hydrological and topographical features of the country, sufficient investment is required for the optimum utilization of the country's water resources. On the other hand, in developing countries like Ethiopia, where surplus budgetary resources are used more for areas such as education and health than for water resources utilization, sufficient budgetary resources and investments have not been allocated for mega water infrastructure projects for water resources development. For this reason, there is insufficient funding from corporate financiers and private investors in the long run. Problems in the country's financial management, inadequate capital stock, and external debt pressures (China, Russia, USA, etc.) have generally made it difficult to raise and use national and international finance for water resources development.

Technical Problems

Stemming from the variability of climatic, topographic, and local conditions of water resources, the country needs a variety of hydrologic data. Regular hydrological data and information on the country's water resources are few or non-existent. The existing hydrological monitoring stations cover only 40% of the country (MoWR, 2002). Due to limited research and the unavailability of data, hydrological information on river basins in the country cannot be verified and estimated to use appropriate models and plans. There is no adequate advanced national research center and development institute specialized in water science to assess the water resources problems. The underutilization of the country's water resources has led to poverty, food insecurity, loss of biodiversity and conflict. Strengthening the role of applied research can be one of the solutions to alleviate the problems in the water sector (Awulachew et al., 2007).

Political and Security Problems

The Ethiopian people have been living in tragedy over the past decades due to an undemocratic regime, growing Bereacracy, misuse of regional resources, corruption, and unfortunately ethnically based disputes over the allocation and use of natural resources. Ethiopia consists of a population of about 110 million and about 83 ethnic groups with different identities, cultures, religions, and languages. In addition to this fact, superfluous conflict among stakeholders over the use of natural resources leads to waste of resources and growing animosity among people instead of being a strong pluralistic and economically vibrant nation. Moreover, the government's attitude of putting its own political affairs above the stability and economic growth of the country is hindering the establishment of a democratic government and the implementation of competitive reforms in the country. For this reason, the country is undergoing a deep transition. Investment opportunities in the country are being

hampered and most of the projects that have been started are currently suspended. For instance, although the Ethiopian Renaissance Dam project was supposed to be completed in five years, it has been under construction since 2011. Reconciliation between ethnic groups and political parties and the implementation of meaningful reforms, including the revision of the country's water policy, would bring dramatic changes that would also allow the country's untapped natural resources to be managed.

Water Pollution Problems

Water pollution is a major challenge that degrades water quality especially in the 21st century (Teshager et al., 2016). Another major problem is meeting the ever-increasing needs of rapid population growth, urbanization, industry, and agriculture. Land-use changes are known to have a significant impact on water quality by altering the concentration of nutrients (Stonestrom et al., 2009; Schlesinger et al., 2006) and sediment balance (Valentin et al., 2008). For example, the agricultural sector has a consumption share of about 86% (CIA, 2019), which often reduces the normal flow in several rivers in the country.

Freshwater degradation is a result of the overall socio-economic development of human activities. Anthropogenic factors such as wastewater disposal, rapid population growth, excessive water abstraction, and traditional irrigation practices are likely to have huge impacts on groundwater storage and the other hydrological processes within a river ecosystem (Wada et al., 2013). Agricultural activities pose a major threat to the country's water bodies as they can cause algal blooms through nutrient and sediment pollution. It was observed that Lake Zuway, one of the most important lakes in Ethiopia, has significant pollution as untreated sewage is discharged directly into the lake and fertilizers used in agriculture end up in the surrounding lakes. As a result, the overall situation of water quality management in the country is far from satisfactory.

SOLUTION APPROACHES

Wastewater Treatment

Due to the lack of wastewater treatment technologies, water pollution is becoming an increasing problem in many parts of the country. The future social and economic development of the country is at great risk if water pollution is not regulated through sustainable water resource management (Libhaber and Jaramillo, 2012). Therefore, the country should adopt wastewater treatment plants and comprehensive water management policies and practices to improve water quality on the one hand and to ensure the availability of water in nature on the other.

Wastewater treatment is not only used for specific end-use, but also helps to ensure the health and standard of living of the community, which prevents pollution of the environment and water bodies (Biswas et al, 2009). Therefore, the government should take strict measures including issuing regulations and proclamations to create a harmonious environment and ensure the reclamation of rivers, lakes, and other water bodies. In the near future, desalination of the country's saline lakes and brackish water is likely to be the upcoming approach. This approach could be considered as an alternative source for irrigation and industrial purposes.

Management of Transboundary Water Resources

In the twenty-first century, international concern about the management and allocation of freshwater has increased worldwide. The issue of effective management and development of transboundary water resources has not been easily resolved in international forums due to intense debates and disagreements over national sovereignty concerns (Varis et al, 2008). To protect the rights of riparian states to transboundary waters and prevent disputes, the international community has proposed international general principles for the management of transboundary water resources. According to the article of agreement, the most important principle is to take into account the geographical, hydrographical, climatic, ecological, and natural character of transboundary water resources (Varis et al, 2008; Schelwald-van der and Reijerkerk, 2009). Therefore, Ethiopia should fully utilize its transboundary water resources under the international principles and agreements on the use of transboundary water resources with full rights and participate in the international water rights negotiations equipped with adequate preparations.

Integrated Water Resources Management and a Rational Water Allocation and Allocation Management

Integrated Water Resources Management (IWRM) promotes the coordinated development and management of water, land, and related resources to ensure economic and social well-being without

compromising the sustainability of vital ecosystems, and provides for the joint management of all different uses of water resources (Asit, 2008). Incompetencies and weak coordination among institutions responsible for watersheds significantly hinder the implementation of the approach in the country. Therefore, the government should prioritize projects related to water issues in a well-organized system that ensures comprehensive water resource management to overcome these challenges. In this regard, water problems can be solved through proper multi-disciplinary, multi-institutional, and multi-stakeholder coordination (Asit, 2008; Schelwald-van der and Reijkerkerk, 2009).

According to Rowan (2009), the European Union (EU) Water Framework Directive (WFD) exists as the most comprehensive water policy dedicated to promoting sustainable management of water resources. Its policies and legislation aim to protect natural habitats, keep air and water clean, ensure appropriate waste disposal, avoid toxic chemicals and contribute to sustainable development worldwide. In this regard, improving institutional capacity and strengthening regional measures to use and protect its transboundary water resources will benefit from implementing the holistic approach and the most comprehensive water policy (as the EU Water Framework Directive) at the national and regional levels in Ethiopia.

Development of Multi-purpose Dams

In ancient times, dams were built for a single purpose, namely, water supply or irrigation. As civilizations developed, greater needs arose for water supply, irrigation, flood control, navigation, water quality, sediment control, and power. Therefore, dams are built for specific purposes such as water supply, flood control, irrigation, navigation, sediment control, and hydroelectric power. A dam is a cornerstone for the development and management of the water resources of a river basin (Scudder, 2012). Multipurpose dam projects have also been implemented in many developing countries and regions (GAP/Southeastern Anatolia Project, Ataturk Dam in Turkey (Bilen, 2009), Bhakra Nangal in India and High Aswan Dam in Egypt (Biswas et al, 2009).

Because of such benefits and justifications, Ethiopia has so far implemented a few of its dams for such purposes. Accordingly, multipurpose dams are of great importance to developing countries like Ethiopia so that the community can derive domestic and socio-economic benefits from a single investment. Multipurpose dams, properly planned, designed, and implemented, will radically increase the use of water resources to the highest possible level. These projects will promote the socio-economic development of the country and effectively regulate river flows and floods. In addition, they will also improve water quality and protect the ecosystem.

Water Quality Management and Pollution Control

The Ethiopian standards specify the physical, chemical, and bacteriological requirements of water for drinking and domestic purposes. The requirements contained in the standards are in line with the World Health Organization (WHO) and International Organization for Standardization (ISO) (ES, 2013). However, there is no integrated set of rules that expresses the desire to protect the ecosystem and preserve the freshwater quality of the country. Therefore, this standard should also include environmental management, technology, development, and society in a broader sense. Accordingly, integrated water quality monitoring and monitoring strategy have significant importance in maintaining or improving quality, controlling pollution, and protecting ecosystems. Therefore, it is crucial to assess water use in domestic, industrial, and agricultural sectors to meet the increasing challenges to freshwater resources (Wada et al., 2013). In addition, regular water quality monitoring and surveillance activities should be conducted on a planned and continuous basis. Public education programs that create awareness about climate change, the importance of water, water pollution, its causes and ways to prevent water pollution are of great importance.

CONCLUSION

Ethiopia has coped with the water resources utilization activities carried out so far with very low performance. Ethiopia, which is considered the water tower of East Africa due to its enormous transboundary water resource potential, has become marginalized and incompetent in deciding its transboundary water issues. In the country, the organizational structure for water resources management is very centralized, and sectoral coordination and stakeholder participation in allocation and decision making is unsatisfactory. Inconsistent water policies, technical problems, inadequately trained manpower and failure in financing and utilization of water resources are major impediments to

the overall socio-economic development of the country. Therefore, the issue of sustainable water management should be supported by the entire society, including scientists, water professionals, development experts, policymakers, administrators, the public, non-governmental organizations (NGOs), and industrialists. Pursuing meaningful reforms in the use of water resources, including transboundary water allocation policies and reviewing inappropriate contracts signed in the past, would bring about dramatic political and economic changes and contribute significantly to managing the country's untapped natural resources. Most importantly, the commitment to implement holistic approaches and constructive mechanisms in policy and practice will significantly improve the development and transformation of Ethiopia's water resources utilization strategy. As such, Ethiopia needs to establish a rigorous legal framework for the realization of its national objectives related to the use of its water resources.

REFERENCES

- Anonymous, (2019). Impacts of the dam. <https://www.voanews.com/usa/trump-meets-egypt-ethiopia-sudanfms-about-dam-feud>
- Anonymous, (2020). Regions of Ethiopia. https://en.wikipedia.org/wiki/Regions_of_Ethiopia
- Asit K. Biswas., (2008). Integrated Water Resources Management: Is It Working? *International Journal of Water Resources Development*, 24:1, 5-22.
- Awulachew, S. B. Yilma, A. D. Loulseged, M. Loiskandl, W. Ayana, M. & Alamirew, T. (2007). Water resources and irrigation development in Ethiopia. *Vol. 123*.
- Bilen, Ö. (1997). Turkey and water issues in the Middle East. Southeastern Anatolia Project (GAP) Regional Development Administration.
- Bilen, Ö. (2009). Ortadoğu su sorunları ve Türkiye. TESAV, Toplumsal, Ekonomik, Siyasal Araştırmalar Vakfı.
- Biswas, A. K., Tortajada, C., & Izquierdo-Avino, R. (Eds.). (2009). Water management in 2020 and beyond. Berlin: Springer.
- Central Intelligence Agency (CIA), (2019). The World Fact Book. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
- ES, 2013. Ethiopian Standards. 261:2001. National Drinking Water Quality Monitoring and Surveillance Strategy Ministry of Health. Addis Ababa, Ethiopia.
- EWNHS, (2018). Ethiopian Wildlife and Natural History Society and Wetlands International, A First Directory of Ethiopian Wetlands: Descriptions, Ecosystem Services, Causes of Degradation & Recommendations for Restoration and Sustainability. Eclipse Printing and Graphics.
- FDRE, (1995). Constitution of the Federal Democratic Republic of Ethiopia. *Federal Negarit Gazetta*, 1(1), 40-45.
- FNGoE, (2000). Ethiopian Water Resources Management, Proclamation No: 197/2000. *Federal Negarit Gazeta of Etiopia*.
- Libhaber, M. & Jaramillo, A.O., (2012). Sustainable Treatment and Reuse of Municipal Wastewater. IWA Publishing.
- Loucks, D. P., & Van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications. Springer.
- MoWR, (2002). Ministry of Water Resource. Water Sector Development Program. Main report II.
- NGoE, (1994). Proclamation to Provide for The Utilization of Water Resources. Proclamation No. 92/1994, *Negarit Gazeta of the Transitional Government of Ethiopia*.
- Prasifka David W., (1994). Water Supply Planning. Kreiger publishing company.
- Rowan, C. (2009). The politics of water in Africa: the European Union's role in development aid partnership. Vol. 24. IB Tauris.
- Schelwald-van der Kley, A. L., & Reijerkerk, L. (2009). Water: A way of life: Sustainable water management in a cultural context. CRC Press.
- Schlesinger, W.H., Reckhow, K.H., Bernhardt, E.S., 2006. Global change: the nitrogen cycle and rivers. *Water Resources Research*. 42 (3).
- Scudder, T. T. (2012). The future of large dams: Dealing with social, environmental, institutional and political costs. Taylor & Francis.
- Stonestrom, D.A., Scanlon, B.R., Zhang, L., 2009. Introduction to special section on impacts of land use change on water resources. *Water Resources Research* 45 (7).
- Teshager, A.D., Gassman, P.W., Schoof, J.T., 2016. Assessment of impacts of agricultural and climate change scenarios on watershed water quantity and quality, and crop production. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 20 (8), 3325 UN-WBCSD, 2006. WBCSD Report on Facts and trends of water. ISBN: 2-940240-70-1. Switzerland.
- Tortajada, C. & K Biswas, A., (2009). Water Resources Development and Management. Springer.

- UNEP, (2002). United Nations Environment Programme. Vital water graphics: an overview of the state of the world's fresh and marine waters. Earthprint.
- UNEP, (2010). United Nations Environment Programme. Africa Water Atlas. ISBN: 978-92-807-3110.
- Valentin, C., Agus, F., Alamban, R., Boosaner, A., Bricquet, J., Chaplot, V., De Guzman, T., De Rouw, A., Janeau, J., Orange, D., 2008. Runoff and sediment losses from 27 upland catchments in Southeast Asia: impact of rapid land use changes and conservation practices. *Agriculture, Ecosystem & Environment* 128 (4), 225–238.
- Varis, O., Tortajada, C., & Biswas, A. K., (2008). Management of transboundary rivers and lakes. Springer.
- Veettil, A.V., Mishra, A.K., 2016. Water security assessment using blue and green water footprint concepts. *Jouranal of Hydrology*. 542, 589–602.
- Wada, Y., Van Beek, L.P., Wanders, N., Bierkens, M.F., 2013. Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide. *Environmental Research Letters*. 8, 034036.
- World Bank, (2019). Population total, Ethiopia. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=ET>
- WWAP, (2012). World Water Assessment Programme. The United Nation World Water Development Report 4: Managing Water Under Uncertainty and Risk. UNESCO.

Evaluation of Biofloc Technology for *Astacus leptodactylus*: Effect of Different Stocking Densities on Production Performance and Physiological Responses

Doğukan KAYA^{1*}, Ercument GENÇ², Derya GÜROY³, Serhat DİNÇER²,
Bilgenur HARMANŞA YILMAZ², Hijran YAVUZCAN YILDIZ²

¹Tokat Gaziosmanpasa University, Agricultural Applications, and Research Center, Tokat, Turkey

²Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Fisheries and Aquaculture Engineering, 06110 Dışkapı, Ankara, Turkey

³Yalova University, Department of Aquaculture, Armutlu Vocational College, Yalova, Turkey

*Corresponding author: aquadogukankaya@gmail.com

Research Article

Received 20 April 2021; Accepted 14 July 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Kaya, D., Genç, E., Güroy, D., Dinçer, S., Harmanşa Yılmaz, B., & Yavuzcan Yıldız, H. (2021). Evaluation of biofloc technology for *Astacus leptodactylus*: Effect of different stocking densities on production performance and physiological responses. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 569-579. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.920606>

Abstract

The use of biofloc technology (BFT) in narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) culture for 45 days was evaluated by production performance and physiological status of crayfish. Four different stocking densities of crayfish were tested in BFT (20, 41.66, 62.5, and 83.33 individuals m⁻²). Water quality parameters were monitored to sustain desired levels for crayfish and biofloc management. The growth performance of narrow-clawed crayfish did not show any significant differences among the groups. However, the survival rate changed by the stocking density. Hemolymph indices represented by total hemocyte counts and relative abundance of hyalinocyte, semi-granulocyte, and granulocyte were not affected by different stocking densities. Overall hemolymph glucose and lactate levels of narrow-clawed crayfish reflected mild stress in response to BFT conditions. Hemolymph protein concentrations did not change by the stocking ratio in BFT. Hemolymph protein levels were in the normal range, indicating the healthy status of the individuals. The hepatopancreas histology was observed as a typical morphology for healthy crayfish in all stocking densities in BFT. Notwithstanding the relatively lower survival rate in higher stocking density of narrow-clawed crayfish, the results of the present research revealed that the adaptation of narrow-clawed crayfish to BFT conditions is promising for the crayfish culture.

Keywords: Biofloc, *Astacus leptodactylus*, stocking density, growth, physiological response

Astacus leptodactylus İçin Biyoyumak Teknolojisinin Değerlendirilmesi: Farklı Stoklama Yoğunluklarının Üretim Performansı ve Fizyolojik Tepkileri Üzerine Etkisi

Özet

Biyoyumak teknolojisinin (BFT) *Astacus leptodactylus* yetiştiriciliğinde üretim performansı ve fizyolojik durumuna etkileri 45 gün süreyle değerlendirilmiştir. Kerevitler dört farklı stoklama yoğunluğunda (20, 41.66, 62.5 ve 83.33 adet m⁻²) BFT ortamında test edilmiştir. Su kalitesi parametreleri kerevit ve biyoyumak ortamı için istenen seviyeleri sürdürmek amacıyla takip edilmiştir. Çalışmanın sonunda kerevitlerin büyüme performansı gruplar arasında önemli bir farklılık göstermemiştir. Bununla birlikte, farklı stoklama yoğunluklarının yaşama oranlarını etkilediği belirlenmiştir ($p < 0.05$). Toplam hemosit sayıları ve göreceli olarak hyalinosit, yarı granülosit ve granülosit bolluğu ile temsil edilen hemolenf indeksleri, farklı stoklama yoğunluklarından etkilenmemiştir. Ancak kerevitin genel hemolenf glikoz ve laktat seviyeleri, BFT koşullarına yanıt olarak hafif stresi yansıtmıştır. Hemolenf protein konsantrasyonları, BFT'deki stoklama yoğunluğuna göre değişmemiştir. Hemolimf protein seviyeleri ise kerevitlerin sağlıklı durumunu gösteren normal sınırlar arasında bulunmuştur. Hepatopankreas histolojisi, BFT'deki tüm stoklama yoğunluğunda sağlıklı kerevit için tipik bir yapı göstermiştir. Kerevitlerin daha yüksek stoklama yoğunluğundaki nispeten düşük yaşama oranına rağmen, mevcut araştırmanın sonuçları, kerevitlerin BFT koşullarına adaptasyonunun kerevit yetiştiriciliği için umut verici olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Biyoyumak, *Astacus leptodactylus*, stoklama yoğunluğu, büyüme, fizyolojik yanıt

INTRODUCTION

Decapod crustaceans are represented by the second-highest market value among the world's aquaculture production (FAO, 2018). Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) as a decapod is

also considered a species that has consumer demands (Farhadi and Jensen, 2016; Harlioglu and Farhadi, 2017). This species is widely distributed in Europe, East Russia, and the Middle East and mostly cultured in extensive and semi-intensive farms. However, intensive culture possibilities are limited due to the absence of suitable commercial feed and the disease as well as cannibalism problems (Nedaei et al., 2019). Moreover, late sexual maturity age, the long incubation period of the eggs, slow growth rates, and disease problems are common disadvantages for the intensive culture of narrow-clawed crayfish.

Stocking density is one of the most important factors affecting yield in decapod culture. Crustaceans naturally exhibit territorial and aggressive behavior, increasing the food competition at high stocking densities in culture systems. Therefore, determining the appropriate stocking density specific to the species is also an indicator of culture performance (Yu et al., 2020).

Many culture techniques and feed formulations can be used to minimize disease outbreaks and ensure the sustainability of production (Safari and Paolucci, 2017). Apart from traditional culture applications, new practical methods such as BFT that improve the culture performance, health status, and water quality parameters have been developed in recent years (Minaz and Kubilay, 2021). BFT has many positive effects on the survival rate, growth, and immune system and also reduction in cannibalism even at high stocking densities for cultured decapods (Fóes et al., 2011; Liu et al., 2017; Negrini et al., 2017; Kaya et al., 2020).

In Decapoda, hemo-cytological analysis can provide an insight into the physiological and immunological status of the individuals (Gargioni and Barracco, 1998; Lin and Söderhäll, 2011; Hauton, 2012; Kaya et al., 2019b). Hemocytes are the cells found in the hemolymph that is in the center of the protective system of the crayfish as in other crustaceans. Hemocytes are involved in non-specific immune systems associated with non-self-recognition and alterations in hemocyte count may indicate the crayfish's health directly (Söderhäll et al., 1988). Hemolymph indices, representing total hemocyte counts and relative abundance of the hyalinocytes, semi-granulocytes, and granulocytes are a valuable tool to assess the health of crayfish. The circulating hemocytes can be affected by many factors such as water quality, food intake, starvation, environmental conditions, grow-out methods, life cycle, molting, diseases, etc (Winzer, 2005). Thus, BFT as a culture technique can influence the nonspecific immune system associated with hemolymph indices (Panigrahi et al., 2019b). Hemolymph metabolites such as protein, lactate, and glucose levels in the hemolymph of the crayfish are the biomarkers to detect the physiological status of crayfish (Bonvillain et al., 2012). Increases in hemolymph glucose level, under the effect of crustacean hyperglycemic hormone, has been reported to be a secondary stress response (Jussila et al., 1998). Thus, hemolymph glucose and lactate have been classified under the acute stress biomarkers in crayfish (Bonvillain et al., 2012). Hemolymph protein is another biomarker that can be used in the evaluation of health status and particularly for the linkage between food intake and the condition of the crayfish (Sladkova and Kholodkevich, 2011). The hepatopancreas is the main organ for digestion metabolism. Due to these characteristics, hepatopancreas tissue and cell types have been intensively investigated (Vogt, 2019). The organ is responsible for nutrient absorption, lipid storage, and digestive enzyme synthesis (Johnson, 1980; Genc et al., 2007). Therefore, the monitoring of hepatopancreas can be a useful indicator of decapod metabolism.

The negative effects of increased stocking rates on narrow-clawed crayfish have been reported by many researchers (Ulikowski and Krzywosz, 2004; Mazlum, 2007; Farhadi and Jensen, 2016), but there is no study related to evaluation stocking densities with BFT in narrow-clawed crayfish. In our previous study (Genc et al., 2019), narrow-clawed crayfish with an initial weight of 37,61g showed a 100% survival rate in BFT compared to the clear water conditions (77.77%) in stocking density of 28.57 crayfish m². This result demonstrated that BFT could be directly implemented in practice for the narrow-clawed crayfish culture instead of a clear water technique. For this reason, this study aimed to evaluate the effects of higher stocking densities on survival, growth performance, body composition, and physiological response of narrow-clawed crayfish in BFT conditions.

MATERIAL and METHODS

Ethical Statement

The authors declare that this study complies with the ethical policies that the scientific journal has been adhered to. In this study, a crayfish (Decapoda) was used as an experimental animal. Regarding

"the Scientific Purposes Used Animal Protection to the European Union Directive" (2010/63/EU dated), and the "Republic of Turkey the Experimental and other Scientific Purposes of Animals used for a Regulation on the Welfare and Conservation" (13.12.2011 date, 28 141 number); the crayfish as an invertebrate organism the permission is not subjected.

Experimental Design, Water, and Growth Parameters

The experiment was carried out in recirculating aquaculture system (RAS) for 45 days at Fisheries Research and Application Unit (Faculty of Agriculture, Ankara University), Each tank of the RAS had a bottom area of 0.24 m² and with a volume of 40±0.5 L. Narrow-clawed crayfish at the intermolt stage were obtained from the stock in the Unit. One hundred and fifty crayfish were randomly distributed to each RAS tank in stocking densities of 5, 10, 15, and 20 individuals corresponding to 20.83 (Group S1), 41.66 (Group S2), 62.5 (Group S3), and 83.33 (Group S4) individuals m⁻², respectively. Each group was tested with three replicates. During the trial, 12 h of light and 12 h of dark conditions were maintained. In the experiment, feed containing 38.1% protein and 9.1% fat was used (Table 1). Feeding was started at a rate of 4.5% body weight (BW) day⁻¹ and adjusted by reducing 1.5% every 15 days.

For biofloc production, sugar beet molasses (*Beta vulgaris*) (Ankara Sugar Company, Turkey) was added after daily feeding in a C: N ratio of 15:1 according to Avnimelech (2012). During the experiment, the addition of molasses for the daily feeding rate was adjusted by the report of Kaya et al. (2020). The biofloc volume was measured daily for ensuring an ideal level (10-20 ml L⁻¹) using the Imhoff cone (Avnimelech, 2012).

Table 1 Ingredients of the experimental feed and proximate analysis of diet (% dry matter)

Ingredients	%
Fish meal ¹	30.0
Soybean meal ²	12.5
Corn gluten ³	13.0
Wheat flour ⁴	36.0
Fish oil ⁵	2.4
Soy lecithin ⁶	2.0
Vitamins premix ⁷	0.8
Minerals premix ⁷	0.2
Vitamin C ⁷	0.1
Binder (guar gum) ⁸	3.0
Proximate analysis (%)	Experimental diet
Crude ash	6.0
Crude protein	38.1
Crude lipid	9.1
Crude cellulose	1.5
Total energy (MJ kg ⁻¹)	19.5
Digestible energy (MJ kg ⁻¹)	15.2

¹Anchovy fishmeal. Sursan Feed Mill Company, Samsun, Turkey

²Kırcı Soya Company, Balıkesir, Turkey

³Cargill, İstanbul, Turkey

⁴İpek Wheat Company, Nevşehir, Turkey

⁵Anchovy fish oil. Sursan Feed Mill Company, Samsun, Turkey

⁶Sigma Aldrich Chemicals, St. Louis, MO, USA

⁷DSM Nutritional Products, Turkey

⁸Guar gum, Kartal Chemical Company, İstanbul, Turkey

The weight gain, specific growth rate, feed conversion ratio, survival rate, and the moult frequency (percentage of moulted crayfish) in each stocking group were calculated using the following equations:

$$\text{Weight gain (WG)} = \frac{W_{\text{final}} (\text{g}) - W_{\text{initial}} (\text{g})}{W_{\text{initial}} (\text{g})} \times 100$$

$$\text{Specific growth rate (SGR)} = 100 (\ln W_{\text{final}} - \ln W_{\text{initial}}) / \text{Time}$$

$$\text{Feed conversion ratio (FCR)} = \text{feed intake (g)} / \text{weight gain (g)}$$

$$\text{Survival rate (SR)} = (N_{\text{final}} / N_{\text{initial}}) \times 100$$

Moult Frequency (MF)% = (N_{mo} / N_s) x 100 (N_{mo} = the total number of moulted crayfish per group during the experiment, N_s = the total number of live crayfish per group).

The proximate compositions of the narrow-clawed crayfish were determined based on the Association of Analytical Communities (AOAC, 1997), the Kjeldahl method was used for the crude protein ($N \times 6.25$) and the crude ash was determined by combustion in a muffle furnace at 550 °C for 16 h. The total lipid concentration was carried out according to the method described by Bligh and Dyer (1959).

Water Parameters

Water temperature, dissolved oxygen, saturation, and salinity levels were recorded daily using a multi-parameter instrument (YSI® 556, YSI Inc., Yellow Springs, OH, USA). Nitrite, nitrate, and phosphate measurements were performed every week (APHA, 1998). Daily measured water quality parameters and nitrite, nitrate, and phosphate values of the BFT system are shown in Table 2.

Table 2 Water parameters of the RAS system

Parameter	BFT	N
T (°C)	22.7±0.9	45
DO (mg L ⁻¹)	6.5±0.4	45
Saturation (%)	75±5.0	45
pH	7.8±0.4	45
Salinity (ppt)	0.002	45
N-NO ₂ ⁻ (mg L ⁻¹)	0.2±0.1	6
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	2.1±0.3	6
PO ₄ (mg L ⁻¹)	0.4±0.2	6
Biofloc volume (ml L ⁻¹)	14.2±4.5	45

N: sampling number

Hemolymph Sampling and Analysis

Hemolymph Indices

Total hemocyte counts and relative abundance of hemocyte types (hyalinocytes, semi-granulocytes, and granulocytes) were determined to form hemolymph indices. Hemolymph sampling was carried out at the end of the experiment. Hemolymph samples from each crayfish were withdrawn by the pericardial cavity puncture with a hypodermic needle and transferred to Eppendorf tubes to dilute with crustacean anticoagulant (1:2) for total and differential hemocyte counts. Collected hemolymph was pooled to enable enough amount for the analysis. Crustacean anticoagulant was the solution of citrate buffer and EDTA (Anderson et al., 1997). Total and differential hemocyte counts (THCs) were established by the hemolymph in crustacean anticoagulants using a Neubauer hemocytometer (Persson et al., 1987). In determining the differential hemocyte counts, hemolymph in the anticoagulant mixture was dropped on a slide and smeared. In brief, air-dried smears were fixed in 70% methanol and then stained with May-Grunwald and Giemsa (Bancroft and Stevens, 1977). Approximately 100 cells were counted under a microscope to differentiate the hemocyte types (hyaline cells, semi-granulocytes, and granulocytes).

Hemolymph Metabolites

Hemolymph protein, glucose, and lactate were analyzed in hemolymph samples without anticoagulants. Hemolymph samples were allowed to clot and stored at 4 °C. Before analysis thawed samples were centrifuged and the supernatant was collected. Commercial kits (Cayman Chemicals, USA) were used for hemolymph metabolites: hemolymph protein, glucose, and lactate determination. In hemolymph metabolites, the instructions of the manufacturer were followed.

Statistical Analysis

In the statistical analysis of the data obtained the package program (SPSS 17.0, Chicago, IL, USA) was used. One-way ANOVA and Duncan multiple range tests were used for comparing different stocking densities among the BFT groups (mean ± standard deviation). The statistical significance of the data was considered as $p < 0.05$.

RESULTS

S1 group clearly showed better growth performance among the groups ($p < 0.05$) (Table 3). Increased stocking densities negatively affected the final weight values of crayfish. Moreover, the feed conversion ratio changed by the groups, and the best feed conversion ratio was obtained from the S1 group ($p < 0.05$). The survival rate was the highest in the group with a minimum stocking density (S1). Moulting frequency was not statistically affected by increased stocking rates for all groups ($p > 0.05$). Lipid content of tail meat did not differ among the experimental groups, however, protein amount in tail meat increased significantly in comparison to initial values of tail meat of narrow-clawed crayfish (Table 4). Moisture and ash amount of tail meat decreased in biofloc groups in comparison to initial values ($p > 0.05$).

Hemolymph indices representing the total hemocyte counts (THCs) and relative abundance of hemocyte types (hyalinocyte, semi-granulocyte, and granulocyte) did not differ among the groups ($p > 0.05$) (Table 5). From the hemolymph metabolites measured, hemolymph protein and lactate did not change by the stocking density of crayfish ($p > 0.05$). Hemolymph glucose increased in the group of S2 and S3 in comparison to group S1 and S4 ($p > 0.05$) (Table 6).

The hepatopancreas sections indicated normal tissue architecture. Examined hepatopancreas tissue was not adversely affected by different stocking applications (Figure 1). Normal histomorphology has been observed in hepatopancreatic tubular cells and central lumens in the narrow-clawed crayfish of all groups. There were no pathological changes in the hepatopancreas of the examined crayfish during the experiment.

Table 3 Growth performance of crayfish, *A. leptodactylus* in different stocking densities with BFT

	S1	S2	S3	S4
IW g	7.27±0.06 ^a	7.28±0.09 ^a	7.28±0.07 ^a	7.28±0.07 ^a
FW g	13.86±1.00 ^b	12.25±1.88 ^a	11.75±1.83 ^a	12.12±2.02 ^a
WG g	6.59±0.99 ^b	4.97±1.89 ^a	4.84±2.01 ^a	4.47±1.82 ^a
DWG g	0.07±0.01 ^b	0.05±0.02 ^a	0.05±0.02 ^a	0.05±0.02 ^a
SGR% day ⁻¹	0.70±0.08 ^b	0.55±0.18 ^a	0.54±0.19 ^a	0.51±0.16 ^a
FCR	1.94±0.07 ^a	2.60±0.36 ^{ab}	2.71±0.54 ^{ab}	2.90±0.47 ^b
MF %	80.00±17.64 ^a	60.86±6.49 ^a	59.00±18.56 ^a	57.72±16.24 ^a
SR %	100.00±0.00 ^b	93.33±5.77 ^{ab}	91.11±3.85 ^a	88.33±2.89 ^a

S1: 5 crayfish 0.24m⁻². S2: 10 crayfish 0.24m⁻². S3: 15 crayfish 0.24m⁻². S4: 20 crayfish 0.24m⁻²

IW: initial weight, FW: final weight, WG: weight gain, DWG: daily weight gain, SGR: specific growth rate (% day⁻¹), FCR: feed conversion ratio, MF: moulting frequency (%), SR: survival rate (%).

Table 4 Proximate composition of tail meat (wet-weight basis) of narrow-clawed crayfish in different stocking densities

	Initial	S1	S2	S3	S4
Moisture (%)	81.17±0.40 ^b	79.07±0.57 ^a	79.33±0.91 ^{ab}	79.87±1.65 ^{ab}	79.17±1.01 ^a
Protein (%)	16.63±1.25 ^a	18.28±0.42 ^b	18.20±0.54 ^b	18.02±0.89 ^{ab}	18.22±0.61 ^b
Lipid (%)	0.80±0.10 ^a	1.07±0.15 ^a	1.03±0.42 ^a	0.93±0.15 ^a	1.17±0.31 ^a
Ash (%)	1.23±0.06 ^b	1.16±0.03 ^{ab}	1.19±0.05 ^{ab}	1.14±0.05 ^a	1.20±0.02 ^{ab}

S1: 5 crayfish 0.24m⁻². S2: 10 crayfish 0.24m⁻². S3: 15 crayfish 0.24m⁻². S4: 20 crayfish 0.24m⁻²

Table 5 Hemolymph indices of narrow-clawed crayfish, *A. leptodactylus* in different stocking densities

Stocking density groups	S1	S2	S3	S4
Total hemocyte counts ($\times 10^4$ cells mL^{-1})	52.58 \pm 15.88 ^{ab}	51.19 \pm 14.85 ^{ab}	49.70 \pm 17.71 ^a	47.93 \pm 15.49 ^a
The relative abundance of hemocyte types				
Semigranulocyte (%)	14.26 \pm 9.10 ^{ab}	14.54 \pm 9.47 ^{ab}	12.95 \pm 8.08 ^a	12.45 \pm 9.32 ^a
Granulocyte (%)	19.15 \pm 12.37 ^a	19.70 \pm 11.63 ^a	20.60 \pm 10.25 ^a	20.52 \pm 11.54 ^a
Hyalinocyte (%)	66.59 \pm 14.28 ^a	65.76 \pm 17.08 ^a	66.45 \pm 12.38 ^a	67.03 \pm 16.84 ^a

S1: 5 crayfish 0.24m^{-2} . S2: 10 crayfish 0.24m^{-2} . S3: 15 crayfish 0.24m^{-2} . S4: 20 crayfish 0.24m^{-2}

Table 6 Hemolymph metabolites of narrow-clawed crayfish, *A. leptodactylus* in different stocking densities

Stocking density groups	S1	S2	S3	S4
Hemolymph protein (mg mL^{-1})	2.94 \pm 0.08 ^a	2.82 \pm 0.05 ^a	2.48 \pm 0.18 ^a	2.71 \pm 0.12 ^a
Hemolymph lactate (mg dL^{-1})	60.16 \pm 1.47 ^a	61.32 \pm 1.41 ^a	63.83 \pm 0.98 ^{ab}	61.16 \pm 3.54 ^a
Hemolymph glucose (mg dL^{-1})	54.86 \pm 0.76 ^a	60.96 \pm 0.71 ^{ab}	60.72 \pm 0.89 ^{ab}	55.16 \pm 1.16 ^a

S1: 5 crayfish 0.24m^{-2} . S2: 10 crayfish 0.24m^{-2} . S3: 15 crayfish 0.24m^{-2} . S4: 20 crayfish 0.24m^{-2}

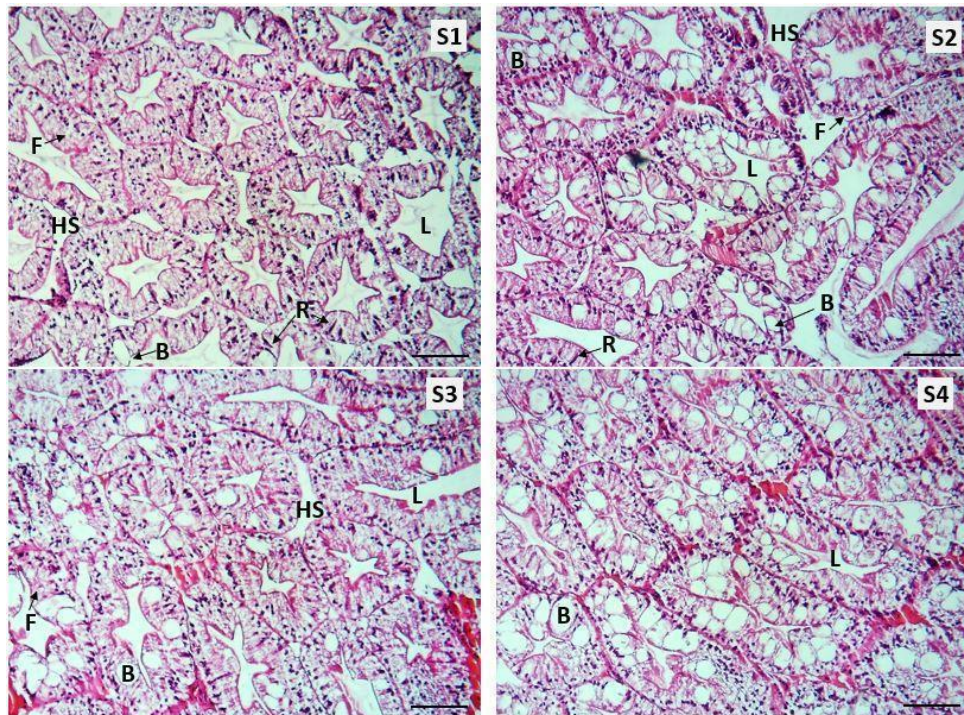


Figure 1. Hepatopancreas of *A. leptodactylus* by the groups in BFT culture conditions. B-cells: large vacuoles, R-cells: small vacuoles and F-cells: basophilic/nonvacuoles. H&E, Bar = 50 μm . S1: 5 crayfish 0.24m^{-2} . S2: 10 crayfish 0.24m^{-2} . S3: 15 crayfish 0.24m^{-2} . S4: 20 crayfish 0.24m^{-2}

DISCUSSION

The main advantage of BFT in aquaculture is to improve water quality by removing toxic nitrogenous compounds (Emerenciano et al., 2013). In the present study, water quality parameters such as water temperature, dissolved oxygen, and pH were within a normal range for narrow-clawed crayfish (Nedaei et al., 2019; Safari and Paolucci, 2017). Nitrite, nitrate, and phosphate levels were also in the appropriate range in crayfish culture for BFT conditions (Azhar et al., 2020). In the present study, BFT application with its unique water quality and nutritional characteristics reduced cannibalism rates by ensuring 24 hours instant diet to this decapod. In BFT conditions, narrow-clawed crayfish, which is naturally cannibalistic behavior, did not exhibit aggressive behavior.

Previous studies showed that narrow-clawed crayfish were affected by the increase in stocking density, and both survival rate and growth performance decreased in clear water conditions (Mazlum,

2007; Farhadi and Jensen, 2016). Farhadi and Jensen (2016) expressed that 10 *A. leptodactylus* m⁻² provided the best survival rate in the study where they tested three different stocking densities (10, 20, and 40 individual m⁻²). Mazlum (2007) reported that the stocking density of 50 *A. leptodactylus* m⁻² ensured more yield. The main difference between Mazlum (2007) and Farhadi and Jensen (2016) trials was the initial live weights of crayfish (22.4±0.5 mg in Mazlum (2007), and 36.9–40.5 g in Farhadi and Jensen (2016)). The initial weight variation can probably explain the optimum stocking rates. Our study demonstrated that BFT conditions had a positive effect on the overall survival rate of narrow-clawed crayfish. By the stocking density groups, the survival rate was lower in the highest density group of narrow-clawed crayfish. It can be considered that as the decreased stocking density had a favorable effect on survival rate thus, the stocking densities of crayfish can be kept relatively low in BFT. The promising results of this study proved that BFT application can be an ambient habitat for narrow-clawed crayfish. The protein content of narrow-clawed crayfish tail meat in this study was similar to the values reported for red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in the earthen ponds (Thompson et al., 2005). Lipid content of tail meat of *A. leptodactylus* in BFT here was higher than that of *C. quadricarinatus* (Thompson et al., 2005) and *A. leptodactylus* fed on diets containing mannan oligosaccharide (Mazlum et al., 2010). This elevated amount of lipid content in tail meat may be attributable to BFT conditions.

Since no data on the culture of crayfish in the BFT are available in the literature, trials with other decapod crustaceans were taken into consideration to compare the results of our current research. Crustaceans have an only innate immune system and hemolymph parameters are important indicators in the evaluation of health conditions (Kaya et al., 2019). The role of BFT in improving hemolymph parameters and maintaining appropriate culture conditions in many crustaceans has been reported in previous studies (Xu and Pan, 2013; Li et al., 2019; Panigrahi et al., 2019; Kaya et al., 2020). In the current study, hemolymph indices and metabolites of narrow-clawed crayfish reflect the compatibility with the BFT conditions. The hemocyte number in the hemolymph of crustaceans is considered as the health indicator and stress biomarker (Jussila et al., 1998; Le Moullac and Haffner, 2000). To our knowledge there is no study on narrow-clawed crayfish with different stocking ratios in BFT, preventing us from the comparisons of the previous hemolymph indices. THCs in the hemolymph in the present study were not affected by the different stocking densities, showing the mean values between 47.93±15.49 and 52.58±15.88 (x10⁴ cells mL⁻¹). Hemolymph indices of this research showed a decreasing tendency by increasing crayfish density however, the decreases of THCs in higher stocking density groups were statistically insignificant. THCs were similar to the values reported for *A. leptodactylus* under normal conditions (Yildiz and Benli 2004). Contrarily, THCs counted in our study were lower than the THCs assessed in feeding experiments with *A. leptodactylus* fed with different ratios of fructo- and mannan oligosaccharides (Safari et al., 2014). The hyalinocyte ratio in our measurements was the most found hemocyte type in narrow-clawed crayfish in BFT. In the study of Sang et al. (2009) hyaline cells of marron, *Cherax tenuimanus* in control groups were of the highest ratio in all cell types, showing similarity with our findings in terms of sequencing the ratios of hemocyte types. The protein levels in hemolymph of crayfish, in general, have been reported to be between 20 to 75 mg mL⁻¹ as a reference interval for healthy crayfish individuals (Sladkova and Kholodkevich, 2011). The hemolymph protein concentrations in all groups tested in the present study fell in the range of normal protein levels. Similar hemolymph protein concentrations (24-25 g L⁻¹) were recorded for *Cherax destructor* individuals in normal conditions (Stara et al., 2018). The insignificant differences between groups show the normal physiological state of the crayfish in all groups. However, hemolymph protein of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) was measured 61.61 mg mL⁻¹ for normoxic conditions. (Bonvillain et al., 2012). Hemolymph protein concentrations in this study are below the values of healthy *A. leptodactylus* (4.56 mg dL⁻¹) reported by Yildiz et al. (2005). This may be related to biotic and abiotic factors of BFT for crayfish thus, the physiological compensation mechanism associated with BFT conditions may result in alterations in hemolymph protein concentrations. Elevated hemolymph concentrations in crayfish can be an indication of stressful conditions (Yildiz and Benli, 2004). Glucose mobilization in crayfish has validity as a strong biomarker of the physiological status of the animal. In particular, higher levels of hemolymph glucose are linked to glycogenolysis hence, elevated hemolymph glucose concentrations are considered as acute biomarkers for stress. In our study, the glucose levels in hemolymph differed among the groups however, the changes in glucose levels were independent of the stocking density. In *P. clarkii* the

hemolymph glucose was stated as 24 mg/dL for the normal physiological state of crayfish (Bonvillain et al., 2012) and 1.36 mmol dL⁻¹ for *Cherax destructor* (Stara et al., 2018). Hemolymph glucose values below 10 mg dL⁻¹ were reported in *A. leptodactylus* in normal conditions (Yildiz and Benli, 2004). Based on the literature cited, the hemolymph glucose values in our groups can be categorized as relatively high for all tested groups, corresponding to mild stress. It should be noted that elevated glucose levels are not the biomarker of chronic stress. Thus, the recovery from acute stress in culture conditions seems possible, demonstrating the need for more tests to measure the hemolymph glucose. Similar to hemolymph glucose, higher lactate levels in hemolymph are acute biomarkers of stress. Lactate is the end metabolic product of anaerobic metabolism in crustaceans and its level increases under stressful conditions to maintain homeostasis. In our study, the lactate levels in hemolymph did not show any significant differences among the groups. The lactate values measured here were higher than the lactate values in unstressed *P. clarkii* (Bonvillain et al., 2012) and hemolymph of *Cherax destructor* in the normal physiological state (Stara et al., 2018). Increases in hemolymph lactate levels of *P. clarkii* and *Procambarus digueti* in response to altered light intensity and durations were recorded by Fanjul-Moles et al. (1998). The increase in hemolymph lactate of *P. digueti* was 317 times the control values (0.207 mmol mL⁻¹) after exposing crayfish to 1 week of LD 12:12, indicating extreme elevations of hemolymph lactate. The hemolymph lactate concentrations in this study are relatively higher however, the elevation in the lactate levels does not indicate higher levels of stress. Although both hemolymph glucose and lactate levels may represent mild stress response to BFT conditions in our study we did not observe any unhealthy individuals during the experiments. The elevations in these acute biomarkers (hemolymph glucose/lactate) may be linked to the exertion in the physiological response to adapt to the BFT.

It is known that the hepatopancreas with a tubular structure consisting of R-cells, B-cells, and F-cells is a highly vital organ in the decapods for digestion, absorption of nutrients, and the storage of lipids (Steinacker, 1981; Genc et al., 2007; Kaya et al., 2019a, 2019b). With these approaches, hepatopancreas histology can serve the general health status and metabolism of crayfish. Examined samples for all stocking groups in our study were found normal and healthy. The hepatopancreas histology results of this study were coherent with the other decapod species cultured in BFT (Furtado et al., 2015; Kaya et al., 2019a, 2019b, 2020).

CONCLUSION

BFT conditions for narrow-clawed crayfish raising may provide suitable conditions considering the growth performance, overall survival rates, and health status of the individuals. Stocking density in narrow-clawed crayfish culture should be kept relatively low to achieve higher survival rates under BFT conditions although the increased stocking density of narrow-clawed crayfish did not appear a potential risk factor for the physiological status of narrow-clawed crayfish as reflected in hemolymph indices associated with the metabolites and hepatopancreas histology.

REFERENCES

- Anderson, M. B., Preslan, J.E., Jolibois, L., Bollinger, J.E., & George, W.J. (1997). Bioaccumulation of lead nitrate in red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*). *Journal of Hazardous Materials*, 54(1-2), 15-29. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(96\)01852-3](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(96)01852-3)
- AOAC. (1997). Official methods of analysis of AOAC international, (Cunniff PA ed.) 16th edn. Association of Official Analytical Communities International, Arlington, VA, USA.
- APHA. (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edn. American Public Health Association, New York.
- Avnimelech, Y. (2012). Biofloc technology - a practical guidebook, 2nd edn. The World Aquaculture Society, Baton Rouge
- Azhar, M. H., Suciyo, S., Budi, D. S., Ulkhaq, M. F., Anugrahwati, M., & Ekasari, J. (2020). Biofloc-based co-culture systems of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) with different carbon-nitrogen ratios. *Aquaculture International*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00526-z>
- Bancroft, J. D., & Stevens, A. (1977). Theory and practice of histological techniques, Churchill Livingstone, London
- Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal Biochemichal Physiology*, 37, 911-917.

- Bonvillain, C. P., Rutherford, D. A., Kelso, W. E., & Green, C. C. (2012). Physiological biomarkers of hypoxic stress in red swamp crayfish *Procambarus clarkii* from field and laboratory experiments. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 163(1), 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2012.04.015>
- Emerenciano, M., Cuzon, G., Paredes, A., & Gaxiola, G. (2013). Evaluation of biofloc technology in pink shrimp *Farfantepenaeus duorarum* culture: growth performance, water quality, microorganisms' profile and proximate analysis of biofloc. *Aquaculture international*, 21(6), 1381-1394.
- Fanjul-Moles, M. L., Bosques-Tistler, T., Prieto-Sagredo, J., Castanón-Cervantes, O., & Fernández-Rivera-Río, L. (1998). Effect of variation in photoperiod and light intensity on oxygen consumption, lactate concentration and behavior in crayfish *Procambarus clarkii* and *Procambarus digueti*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 119(1), 263-269. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(97\)00413-3](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(97)00413-3)
- FAO. (2018). The State of World Fisheries and Aquaculture 2018- Meeting the sustainable development goals. Contributing to food security and nutrition for all. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Farhadi, A., & Jensen, M. A. (2016) Effects of photoperiod and stocking density on survival, growth, and physiological responses of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Aquaculture Research*, 47(8), 2518-2527. <https://doi.org/10.1111/are.12700>
- Fóes, G. K., Fróes, C., Krummenauer, D., Poersch, L., & Wasielesky, W. (2011). Nursery of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis* in biofloc technology culture system: survival and growth at different stocking densities. *Journal of Shellfish Research*, 30(2), 367-373. <https://doi.org/10.2983/035.030.0224>
- Furtado, P. S., Campos, B. R., Serra, F. P., Klosterhoff, M., Romano, L. A., & Wasielesky, W. (2015). Effects of nitrate toxicity in the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, reared with biofloc technology (BFT). *Aquaculture international*, 23(1):315-327.
- Gargioni, R., & Barracco, M. A. (1998). Hemocytes of the palaemonids *Macrobrachium rosenbergii* and *M. acanthurus*, and of the Penaeid *Penaeus paulensis*. *Journal of Morphology*, 236(3), 209-221. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4687\(199806\)236:3%3C209::AID-JMOR4%3E3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4687(199806)236:3%3C209::AID-JMOR4%3E3.0.CO;2-Y)
- Genc, M. A., Aktas, M., Genc, E., & Yilmaz, E. (2007). Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus* (de Haan 1844). *Aquaculture Nutrition*, 13(2), 156-161. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00469.x>
- Genç, E., Kaya, D., Dinçer, S., Genç, M. A., & Aktaş, M. (2019). Biofloc application in narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*) culture: Preliminary results. Sözlü Sunum, 3rd International Congress on Advances in Bioscience and Biotechnology (ICABB), 10-14 July 2019. (pp: 71-78) https://www.icabb.eu/sites/default/files/icabb_2019_proceedings.pdf
- Harlioğlu, M. M., & Farhadi, A. (2017). Factors affecting the reproductive efficiency in crayfish: implications for aquaculture. *Aquaculture Research*, 48(5), 1983-1997. <https://doi.org/10.1111/are.13263>
- Hauton, C. (2012). The scope of the crustacean immune system for disease control. *Journal of invertebrate pathology*, 110(2), 251-260. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.03.005>
- Johnson, P. T. (1980). Histology of the blue crab *Callinectes sapidus* A model for the Decapoda. Praeger Publishers. New York
- Jussila, J., Jago, J., Tsvetnenko, E., Dunstan, B., Evans, L. H. (1997). Total and differential haemocyte counts in western rock lobsters (*Panulirus cygnus* George) under post-harvest stress. *Marine and Freshwater Research*, 48(8), 863-868. <https://doi.org/10.1071/MF97216>
- Kaya, D., Genc, E., Genc, M. A., Aktas, M., Eroldogan, O. T, & Guroy, D. (2020). Biofloc technology in recirculating aquaculture system as a culture model for green tiger shrimp, *Penaeus semisulcatus*: Effects of different feeding rates and stocking densities. *Aquaculture*, 735526. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735526>
- Kaya, D., Genc, M. A., Aktas, M., Yavuzcan, H., Ozmen, O., & Genc, E. (2019). Effect of biofloc technology on growth of speckled shrimp, *Metapenaeus monoceros* (Fabricus) in different feeding regimes. *Aquaculture Research*, 50(10), 2760-2768. <https://doi.org/10.1111/are.14228>
- Yildiz, H. Y., Köksal, G., & Benli, A. C. K. (2004). Physiological response of the crayfish, *Astacus leptodactylus* to saline water. *Crustaceana*, 77(10), 1271-1276. <https://doi.org/10.1163/1568540043166056>
- LeMoullac, G., Haffner, P. (2000). Environmental factors affecting immune responses in Crustacea. *Aquaculture*, 191(1-3), 121-131. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(00\)00422-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(00)00422-1)
- Li, J., Li, J., Li, W., Sun, Y., Liu, X., Liu, M., & Cheng, Y. (2019). Juvenile *Procambarus clarkii* farmed using biofloc technology or commercial feed in zero water exchange indoor tanks: A comparison of growth performance, enzyme activity and proximate composition. *Aquaculture Research*, 50(7), 1834-1843. <https://doi.org/10.1111/are.14065>

- Lin, X., & Söderhäll, I. (2011). Crustacean hematopoiesis and the astakine cytokines. *Blood, The Journal of the American Society of Hematology*, 117(24), 6417-6424. <https://doi.org/10.1182/blood-2010-11-320614>
- Liu, G., Zhu, S., Liu, D., Guo, X., & Ye, Z. (2017). Effects of stocking density of the white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) on immunities, antioxidant status, and resistance against *Vibrio harveyi* in a biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*, 67, 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.038>
- Mazlum, Y. (2007). Stocking density affects the growth, survival, and cheliped injuries of third instars of narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 juveniles. *Crustaceana*, 803-815. <https://doi.org/10.1163/156854007781363114>
- Minaz, M., & Kubilay, A. (2021). Operating parameters affecting biofloc technology: carbon source, carbon/nitrogen ratio, feeding regime, stocking density, salinity, aeration, and microbial community manipulation. *Aquaculture International*, 1-20.
- Nedaei, S., Noori, A., Valipour, A., Khanipour, A. A., & Hoseinifar, S. H. (2019). Effects of dietary galactooligosaccharide enriched commercial probiotic on growth performance, innate immune response, stress resistance, intestinal microbiota, and digestive enzyme activity in Narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823). *Aquaculture*, 499, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.076>
- Negrini, C., Castro, C. S. D., Bittencourt-Guimarães, A. T., Frozza, A., Ortiz-Kracizy, R., & Cupertino-Ballester, E. L. (2017). Stocking density for freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda, Palaemonidae) in biofloc system. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(5), 891-899. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue5-fulltext-3>
- Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Swain, S., Dash, R. R., & Dayal, J. S. (2019). Carbohydrate sources differentially influence growth performances, microbial dynamics, and immunomodulation in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under biofloc system. *Fish & Shellfish Immunology*, 86, 1207-1216. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.040>
- Persson, M., Cerenius, L., & Söderhäll, K. (1987). The influence of haemocyte number on the resistance in the freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus* to the parasitic fungus *Aphanomyces astaci*. *Journal of Fish Diseases*, 10, 471-477. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1987.tb01098.x>
- Safari, O., & Paolucci, M. (2017). Modulation of growth performance, immunity, and disease resistance in narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) upon synbiotic feeding. *Aquaculture*, 479:333-341. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.049>
- Safari, O., Shahsavani, D., Paolucci, M., & Atash, M. M. S. (2014). Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements on the growth performance, nutrient digestibility, immune responses, and stress resistance of juvenile narrow-clawed crayfish, *Astacus leptodactylus leptodactylus* Eschscholtz, 1823. *Aquaculture*, 432:192-203. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.05.012>
- Sang, H. M., & Fotedar, R. (2009). Dietary supplementation of mannan oligosaccharide improves the immune responses and survival of marron, *Cherax tenuimanus* (Smith, 1912) when challenged with different stressors. *Fish & Shellfish Immunology*, 27(2), 341-348. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2009.06.003>
- Sladkova, S. V., & Kholodkevich, S. V. (2011). Total protein in hemolymph of crawfish *Pontastacus leptodactylus* as a parameter of the functional state of animals and a biomarker of quality of habitat. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 47(2), 160-167.
- Söderhäll, K., Cerenius, L. (1998). Role of the prophenoloxidase-activating system in invertebrate immunity. *Current Opinion in Immunology*, 10(1), 23-28. [https://doi.org/10.1016/S0952-7915\(98\)80026-5](https://doi.org/10.1016/S0952-7915(98)80026-5)
- Stara, A., Kouba, A., & Velisek, J. (2018). Biochemical and histological effects of sub-chronic exposure to atrazine in crayfish *Cherax destructor*. *Chemico-Biological Interactions*, 291, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2018.06.012>
- Steinacker, A. (1981). Histology of the Blue Crab, *Callinectes sapidus* A Model for the Decapoda. Phyllis J. Johnson. *Q Rev Biol*
- Thompson, K. R., Muzinic, L. A., Engler, L. S., & Webster, C. D. (2005). Evaluation of practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, for juvenile Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Aquaculture*, 244(1-4), 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.018>
- Ulikowski, D., & Krzywosz, T. (2004). The impact of photoperiod and stocking density on the growth and survival of narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch.) larvae. *Fisheries & Aquatic Life*, 12(1), 81-86.
- Vogt, G. (2019). Functional cytology of the hepatopancreas of decapod crustaceans. *Journal of morphology*, 280(9), 1405-1444. <https://doi.org/10.1002/jmor.21040>
- Winzer, A. (2005). Hemocytological and physiological analyses of juvenile (0+) semi-intensively cultured, wildstock, and farmed marron, *Cherax tenuimanus*. *Journal of Applied Aquaculture*, 17(1), 1-18. https://doi.org/10.1300/J028v17n01_01

- Xu, W. J., & Pan, L. Q. (2013). Enhancement of immune response and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. *Aquaculture*, 412, 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.07.017>
- Yildiz, H. Y., & Benli, A. C. K. (2004). Nitrite toxicity to crayfish, *Astacus leptodactylus*, the effects of sublethal nitrite exposure on hemolymph nitrite, total hemocyte counts, and hemolymph glucose. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 59(3), 370-375. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.07.007>
- Yu, J., Xiong, M., Ye, S., Li, W., Xiong, F., Liu, J., & Zhang, T. (2020). Effects of stocking density and artificial macrophyte shelter on survival, growth and molting of juvenile red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) under experimental conditions. *Aquaculture*, 521, 735001. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735001>

Growth and Reproduction Properties of the Doctor Fish, *Garra rufa* (Cyprinidae) Infested with *Paradiplozoon bingolensis* Civanova et al., 2013 (Monogenea: Diplozoidae) in the Göynük Stream (Bingöl, Turkey)

Mustafa KOYUN¹, Ataman Altuğ ATICI^{2*}

¹Bilecik Şeyh Edebali University, Faculty of Science and Letter, Department of Molecular Biology and Genetic, Bilecik, Tukey

²Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences, Van, Turkey

*Corresponding author e-mail: atamanaltug@yyu.edu.tr

Research Article

Received 04 May 2021; Accepted 12 October 2021; Release date 01 December 2021.

How to Cite: Atıcı, A. A, & Koyun, M. (2021). Growth and reproduction properties of the Doctor Fish, *Garra rufa* (Cyprinidae) infested with *Paradiplozoon bingolensis* Civanova et al., 2013 (Monogenea: Diplozoidae) in the Göynük Stream (Bingöl, Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 580-595. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.932604>

Abstract

This study was carried out to determine the growth and reproductive characteristics of *Garra rufa* Heckel, 1843 infested with *Paradiplozoon bingolensis* Civanova et al., 2013 in Göynük Stream, Bingöl. A total of 267 *G. rufa* specimens were caught by a casting net between March 2015 and February 2016. The total length of *G. rufa* ranged from 8.5-19.1 cm and the total weights ranged from 5.8-58.7 g. The most intensive catching was in *G. rufa* population of 12.0-12.9 cm (30.0%) cm and 15.0-19.9 (25.2%) g in the groups. The mean condition factor was determined as 1.126±0.151 (0.607-1.646). The length-weight relationships were calculated as $W = 0.0205 \times TL^{2.758}$ ($r^2 = 0.891$). The M: F ratio was 1:1.15. The sexual maturity length was recorded as 13 cm total length for males and 14 cm total length for females. Additionally, *Paradiplozoon bingolensis* was detected on only 218 *G. rufa* in this population. Of these positive samples, 173 *P. bingolensis* were isolated from male fish samples, while the females had 228 *P. bingolensis*. Therefore, female *G. rufa* specimens from this population were determined to be more predisposed to the infestation ($p < 0.01$).

Keywords: Growth, reproduction, *Garra rufa*, length-weight relationships, *Paradiplozoon bingolensis*.

Göynük Çayı (Bingöl, Türkiye)'nda Yaşayan ve *Paradiplozoon bingolensis* Civanova et al., 2013 (Monogenea: Diplozoidae) İnfestasyonuna Konak Olan Doktor Balık, *Garra rufa* (Cyprinidae)'nın Büyüme ve Üreme Özellikleri

Özet

Bu çalışmada Göynük Çayı'nda yaşayan *Garra rufa* Heckel, 1843 türünün büyüme ve üreme özellikleri ile *Paradiplozoon bingolensis* Civanova et al., 2013 infestasyonuna konak olma durumu araştırılmıştır. Mart 2015-Şubat 2016 tarihleri arasında toplam 267 adet *G. rufa* serpm ağ ile yakalanmıştır. Toplam boy 8,5-19,1 cm, ağırlık ise 5,8-58,7 g arasında belirlenmiştir. En yoğun avcılık 12,0-12,9 cm (30,0%) cm ve 15,0-19,9 (25,2%) g'lık gruplarda gerçekleşmiştir. Kondisyon faktörü 1,126±0,151 (0,607-1,646) olarak belirlenmiştir. Boy-ağırlık ilişkisi $W = 0,0205 \times TL^{2,758}$ ($r^2 = 0,891$) olarak hesaplanmıştır. Erkek: dişi oranı 1:1,15 olarak belirlenmiştir. Cinsel olgunluğun erkeklerde 13 cm, dişilerde ise 14 cm total boya ulaşıncaya gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte, 218 *G. rufa* örneğinin *Paradiplozoon bingolensis* paraziti taşıdığı belirlenmiştir. Pozitif olan bu örneklerde 173 adet *P. bingolensis* erkek *G. rufa* örneklerinden izole edilirken, dişi *G. rufa* örneklerinin 228 adet *P. bingolensis* taşıdığı görülmüştür. Bu nedenle, dişi *G. rufa* örneklerinin enfeksiyona daha yatkın olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$).

Anahtar kelimeler: Boy-ağırlık ilişkileri, büyüme, üreme, *Garra rufa*, *Paradiplozoon bingolensis*

INTRODUCTION

It has been acknowledged that collecting data about the growth parameters of fish is a crucial step in the evaluation process of fish populations as it allows researchers to compare the condition and biomass of a specific population as well as the distribution of species in varied geographical areas (Martin-Smith, 1996).

The length-weight relationships (LWRs) provide a quick cost-effective method for assessing the weight of a particular fish species by estimating the weight from length observations obtained on the field (Kimmerer et al., 2005). Understanding the LWRs are of paramount importance in fishery resource management and useful in comparing life history and morphological aspects of populations

inhabiting in different regions. Besides, LWRs also provide information on the stock composition, life span, mortality, growth, and production of fish (Bolger and Connoly, 1989).

Fulton's Condition Factor (K) is used to know the variation between the observed and expected weight of fishes (Kund et al., 2011). K measures the deviation of an organism from the average weight in a given sample to assess the suitability of a specific water environment for the growth of fish (Yılmaz et al., 2012). An overall fitness for fish species is assumed when K values are equal or close to 1. Good growth condition of the fish is deduced when $K \geq 1$, while the organism is in poor growth condition compared to an average individual with the same length when $K < 1$ (Jisr et al., 2018).

Gonadosomatic index (GSI) is one of the most essential parameters in studying reproductive investment, gonadal development and maturity of fish in relation to spawning. GSI is a parameter that is used to study the spawning biology of the fish. GSI is also helpful to assess the level of ripeness of the ovary. GSI serves as an indicator of the reproductive seasonality of fish species. Reproduction of fish stock is one of the important components of fishery biology as it has a direct bearing on fish production, stock-recruitment and stock management (Wootton, 1992; Çetinkaya et al., 2005; Shafi, 2012).

Belonging to the family of Cyprinidae, the members of the genus *Garra* were first found by Hamilton-Buchanan in 1822 from Southwest Asia and in the region extending from Africa to Southeast Asia (Krupp and Schneider, 1989); however, it was reported that *G. rufa* was first found in Aleppo. Originating from this region and reaching Southwest Asia, the distribution of *G. rufa* in Turkey is reported in varied regions such as Aras/Araxes River, Tigris-Euphrates River system, and Tigris River basins (Menon, 1964; Karaman, 1971; Coad, 1995; Geldiay and Balik, 2002). To the author's knowledge, there is no record of *G. rufa* living in Kızılırmak and Yeşilirmak rivers, both of which are located in Central Anatolia. Therefore, it is assumed that the distribution of *G. rufa* could not spread out of its original location (i.e., Mesopotamia, Eastern Turkey, and surrounding basins) (Koyun, 2011; Koyun et al., 2018).

G. rufa can live in a variety of habitats such as rivers, streams, ponds, and lakes, hiding under and among stones and vegetation. *G. rufa* generally feeds on algae and zooplankton. In addition, chrysophyta, chlorophyta, cyanobacteria, rotifera, and protozoa were detected in stomach contents of *G. rufa* populations (Krupp and Schneider, 1989; Jarvis, 2011).

G. rufa is named the 'doctor fish' due to its use as a therapeutic agent in human skin diseases/disorders (e.g., Psoriasis), but it is also known as nibble fish, Kangal fish, sucker, or licker fish (Koyun, 2011). Regarding morphological characteristics, the typical shape of *G. rufa* is a thin and long cylindrical structure covered with thin but large scales. There are tubercles present on its truncated nostrils. There are two pairs of short barbels on the crescent-shaped ventral mouth of this fish. A well-developed adhesive disc/organ located on the bottom/lower lip enables *G. rufa* to conveniently survive in fast-flowing water. During the fall and winter months, black spots emerge on their originally brown-colored bodies (Karaaslan, 2010; Jarvis, 2011).

Monogeneans, belonging to the family of Diplozoidae, are common parasites that have been found specifically in the gills of Cypriniformes. Their direct parasitic life cycle starts as free-swimming oncomiracidia, a larval stage (diporpa), and is completed with an adult stage. Two larvae (diporpa) permanently coexist by fusing their bodies to achieve sexual maturity. Vitellaria and most internal organs are distributed towards the cranial end in adult parasites, while reproductive organs of both sexes and distal point of the intestine are located towards the dorsal end. Additionally, adults have four pairs of hooks as attachment organs along with one small pair centered on the ventral side of the opisthaptor (Civanova et al., 2013).

This study was carried out for the determination of growth and reproduction properties of *Garra rufa* and the infestation status by *Paradiplozoon bingolensis* in the Göynük Stream.

MATERIALS and METHODS

Study area and sampling

The present study was carried out in Göynük Stream, which is a reach of Murat Stream (Figure 1). The river springs from Kargapazarı Village on the western slopes of the Bingol Mountains and merges with Mendo Creek and joins the Murat Stream. It has approximately 95 km in length and there are also 5 Hydro Electric Power Plants and 2 regulators on the river (Koyun et al., 2018). A total of 267 *G. rufa* specimens were monthly collected by a casting net in Göynük Stream from March 2015 to

February 2016. In Göynük Stream, water temperature and pH were measured for 12 months with AZ 8685 device in the sampling area, and dissolved oxygen (DO) values were taken with Portable Hanna Galvanic Dissolved Oxygen Meter - HI9147.

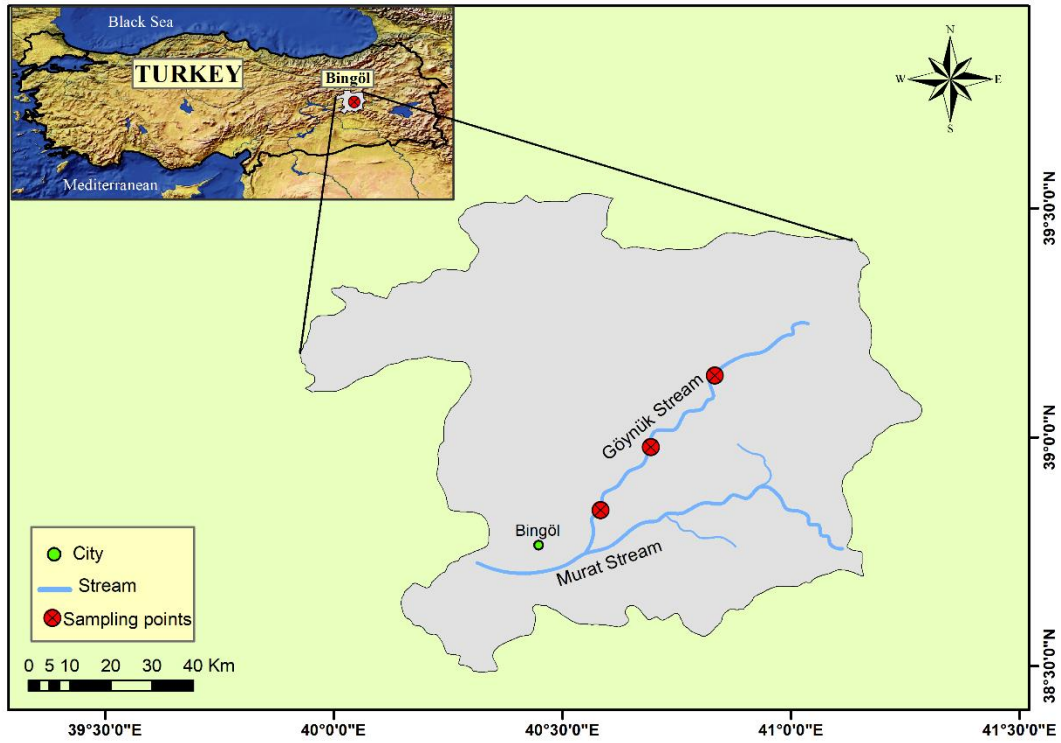


Figure 1. Sampling points at Göynük Stream

Laboratory Procedures

Fish specimens were transported within a 20-liter plastic aquarium filled with stream water. After transport to the laboratory for every fish specimen, each gill arch was removed to examine monogeneans parasites within 24 h. At the same time samples were measured to the nearest 0.1 cm for total length (TL) and to the nearest 0.1 g for total weight (W). Total length-weight relationships (LWRs) were determined using the equation: $W = a \times L^b$, where W is the weight (W), L is length (L), a is the intercept, and b is the slope (Le Cren, 1951). Fulton's Condition Factor was calculated using $K = (W / L^3) \times 100$, where W = weight of fish (g), L = total length of fish (cm) (Ricker, 1975).

The gonads were removed and observed morphologically. Sex was recorded for each fish. The sex of the fish was categorized as male or female. The first reproduction length and weight of the fish were determined according to the maturity status of the gonads (Crim and Glebe, 1990). Gonadosomatic Index value was calculated using the formula $GSI = (Gw / W) \times 100$, where Gw = gonad weight of fish (g), W = total weight of fish (g) (Karataş et al., 2005).

The obtained parasites were preserved in glycerine ammonium picrate and flattened in 70% ethanol for staining with iron acetocarmine. After dehydrated in an alcohol series and mounted in Canada balsam. Parasite specimens were observed under a light microscope and identified according to Pugachev et al. (2009) and Civanova et al. (2013). In addition, *P. bingolensis* was the first time described as a new species of genus in *Garra rufa* from Murat River (Civanova et al., 2013). So, the diagnosis of the mentioned parasite was done according to the descriptive features of Civanova et al. (2013) article, considering the host specificity. In another parasitic study conducted on 17 fish species in Iraq, it is reported that *P. bingolensis* was found only in the same host *Garra rufa* (Furhan et al., 2017). In addition, according to the distribution of the *P. bingolensis* in the host fish, sex, prevalence (P), abundances (A) and mean intensity (I) were investigated.

Statistical Analysis

The growth types for the specimens were determined using the Student t-test. The t-test statistics values were calculated and compared with critical values from the T-Table to check if the growth type is isometric ($b = 3$) or allometric ($b \neq 3$) (Pajuelo and Lorenzo, 1998). The sex ratio was tested by the chi-square test (χ^2) to indicate whether there was a deviation from a 1:1 ratio (Zar, 1999). The prevalence, mean intensity and mean abundance levels of *P. bingolensis* were calculated according to Bush et al. (1997). Bivariate correlations between the mean intensity of parasites and the physicochemical parameters as well as the condition factor were tested to find out which parameters correlated significantly with the number of parasites, according to Pearson coefficients. The means, variance, standard deviation, regression, correlation values, and the comparisons of population parameters obtained from the study were performed with SPSS 21.0 and Microsoft Excel 2016.

RESULTS

Temperature, pH, oxygen

For 12 months at Göynük Stream, the mean values \pm standard deviation (SD) of water temperature, pH, and DO were measured as 14.5 ± 6.7 °C, 8.5 ± 0.3 and 9.1 ± 0.3 mg/L, respectively (Table 1).

Table 1. Physico-chemical parameters of Göynük Stream.

Months	Temperature (°C)	pH	DO (mg/L)
Mar 2015	10.6	8.6	9.1
Apr 2015	14.6	8.9	9.3
May 2015	17.1	8.7	9.1
June 2015	20.2	8.2	9.0
July 2015	22.3	8.4	8.9
Aug 2015	25.0	8.2	8.8
Sep 2015	20.1	8.1	8.7
Oct 2015	14.8	8.6	9.0
Nov 2015	11.2	8.8	9.1
Dec 2015	8.2	8.4	9.6
Jan 2016	4.6	8.7	9.8
Feb 2016	5.5	8.8	9.2
Mean \pm SD	14.5 ± 6.7	8.5 ± 0.3	9.1 ± 0.3

Growth in Length

The TL values of the *G. rufa* in this study ranged from 8.5 to 19.1 cm ($n = 267$) for all population, 8.5 to 17.5 cm ($n = 124$) for males, and 8.6 to 19.1 cm ($n = 143$) for females. The samples were grouped in length (i.e., at 1 cm intervals) and the length-frequency distribution was examined. The length-frequency distribution of *G. rufa* indicated that the most frequent size class in the samples were 12.0-12.9 cm (30.0%) for all populations, 11.0-11.9 cm (21.3%) for males, and 12.0-12.9 cm (19.5%) for females (Figure 2).

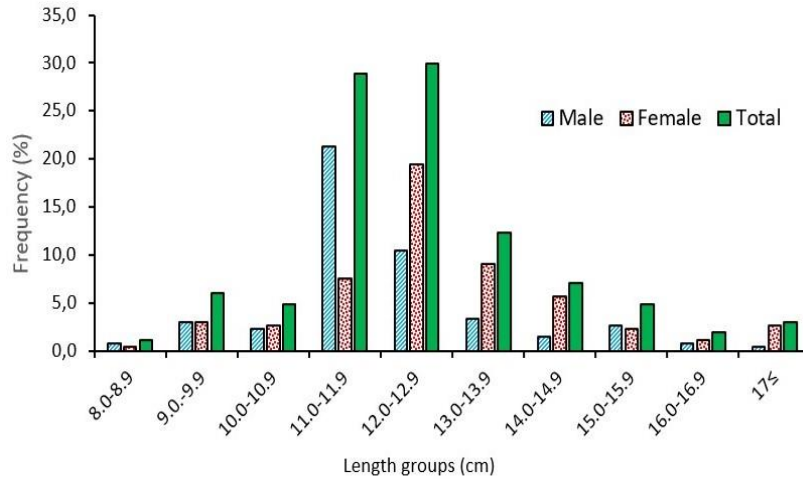


Figure 2. Total length frequency of *G. rufa* in the Göynük Stream

Growth in Weight

The ranges of total weight for *G. rufa* population were found between 5.8-58.7 g (n = 267), for all the samples, 7.6-42.6 g (n = 124) for males, and 5.8-58.7 g (n = 143) for females. All samples were investigated by grouping them at 5 g intervals. It was observed that the dominant weight groups were found as 15.0-19.9 g (25.5%) for all samples, 15.0-19.9 g (16.9%) for males, and 20.0-24.9 g (15.4%) for females (Figure 3).

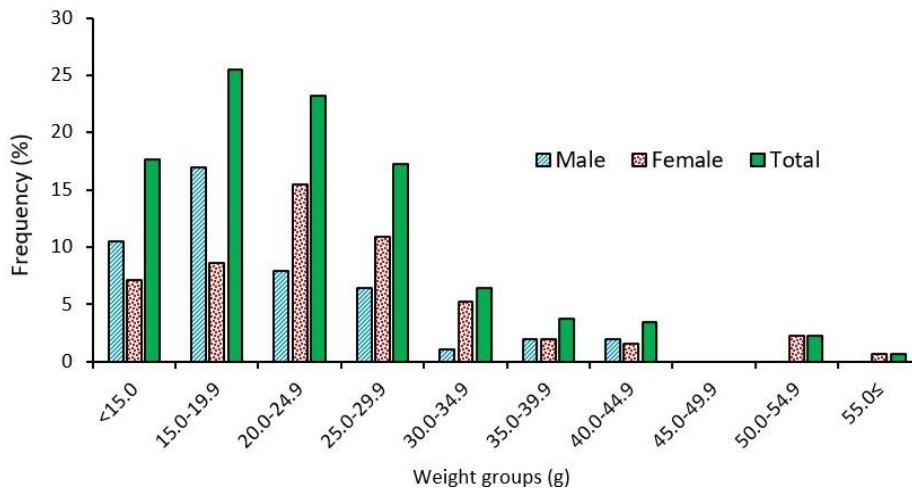


Figure 3. Total weight frequency of *G. rufa* in the Göynük Stream

Length-weight Relationship

The LWRs for *G. rufa* are shown in Table 2. The LWRs evaluated by using the lengths and weights were found to be significant with the high regression coefficient for each considered group ($r^2 = 0.851$ to 0.922).

The LWRs of *G. rufa* population from Göynük Stream was calculated as $W = 0.0205 \times TL^{2.758}$ ($r^2 = 0.891$) for all samples, $W = 0.0207 \times TL^{2.752}$ ($r^2 = 0.845$) for males, and $W = 0.0208 \times L^{2.753}$ ($r^2 = 0.914$) for females (Figure 4). The b values imply that the body shape of the sexes and of the population displays isometric form, because the b values were not significantly different from 3 ($p > 0.05$) (Table 2).

Table 2. The descriptive statistics and estimated parameters of length-weight relationships of *G. rufa* populations in the Göynük Stream.

Sex	n	Regression parameters				Student's t-test	p	Growth type
		a	b	SE _b	r ²			
Male	124	0.0207	2.752	0.138	0.845	-1.341	0.207	I
Female	143	0.0208	2.753	0.107	0.914	-0.994	0.341	I
Total	267	0.0205	2.758	0.102	0.891	-1.379	0.195	I

n = number of individuals, a = proportionality constant, b = slope of the relationship; SE_b, standard error of b; r² = coefficient of determination; I = isometric growth; * Statistically different (p<0.05).

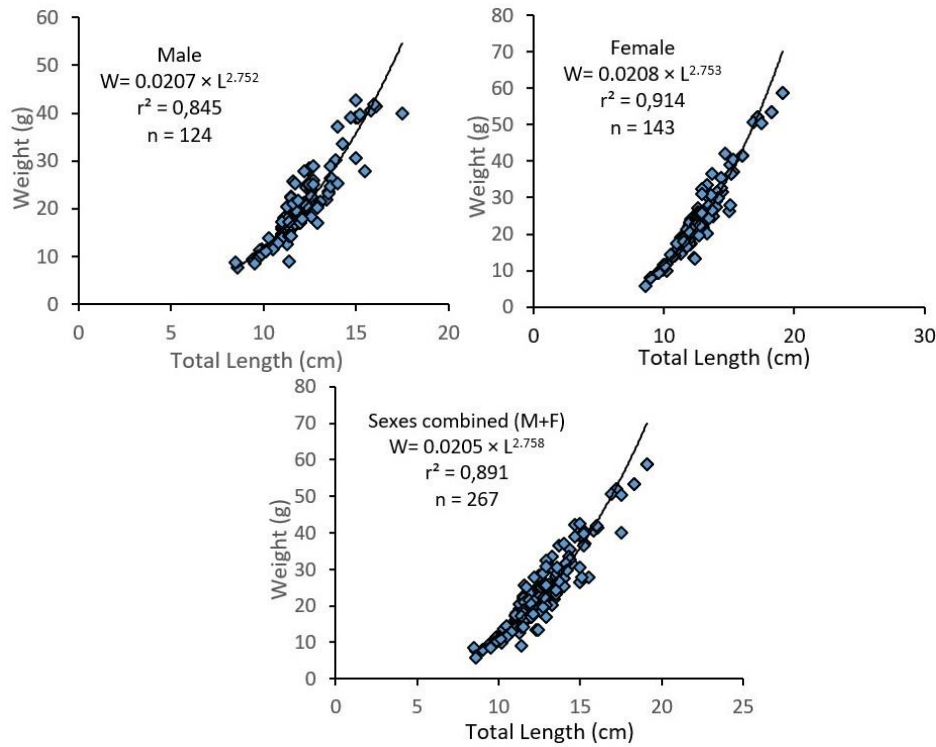


Figure 4. Length-weight relationships for *G. rufa* in the Göynük Stream

Fulton’s Condition Factor

Fulton’s Condition Factor of *G. rufa* was calculated as 1.126±0.151 (0.607-1.646) for all samples, 1.134±0.168 (0.607-1.646) for males, and 1.119±0.135 (0.698-1.509) for females. The mean lowest condition value was determined in June (1.058±0.124), whereas the highest was in July (1.195±0.105) (Figure 5).

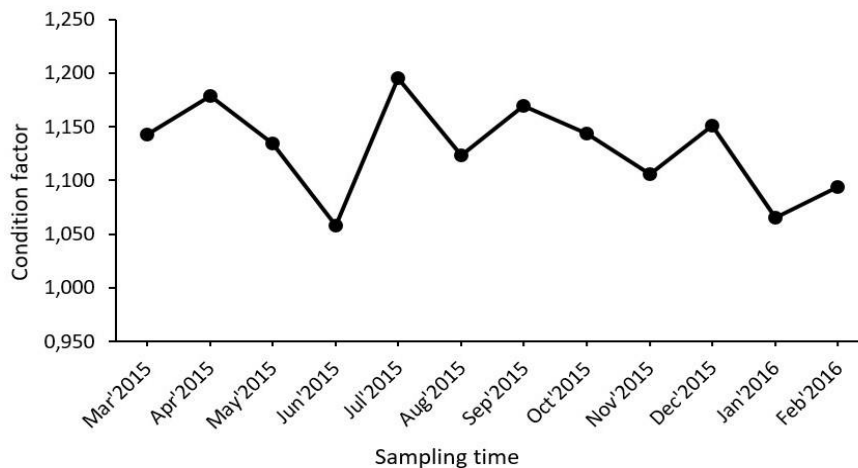


Figure 5. Fulton’s Condition Factor changes for *G. rufa* in the Göynük Stream

Reproduction and Sexual Maturation

In the population of *G. rufa*, 124 (46.4%) of the specimens collected were male and 143 (53.6%) were female. The M: F ratio was calculated as 1:1.15. The sex ratio was only found to be significantly different from equality 1:1 in June (χ^2_{test} , $p < 0.05$) (Table 3).

Table 3. M: F ratio of the *Garra rufa* populations in the Göynük Stream.

Months	Male		Female		M: F	χ^2	Result
	n	%n	n	%n			
Mar 2015	5	50.0	5	50.0	1:1	0.00	$P > 0.05$
Apr 2015	16	53.3	14	46.7	1:0.88	0.13	$P > 0.05$
May 2015	6	33.3	12	66.7	1:2	2.00	$P > 0.05$
June 2015	8	27.6	21	0.0	1:2.63	5.83	$P < 0.05$
July 2015	4	40.0	6	60.0	1:1.50	0.40	$P > 0.05$
Aug 2015	12	52.2	11	47.8	1:0.92	0.04	$P > 0.05$
Sep 2015	13	54.2	11	45.8	1:0.85	0.17	$P > 0.05$
Oct 2015	13	43.3	17	56.7	1:1.31	0.53	$P > 0.05$
Nov 2015	13	48.1	14	51.9	1:1.08	0.04	$P > 0.05$
Dec 2015	10	41.7	14	58.3	1:1.40	0.67	$P > 0.05$
Jan 2016	17	58.6	12	41.4	1:0.71	0.86	$P > 0.05$
Feb 2016	7	53.9	6	46.1	1:0.86	0.08	$P > 0.05$
Total	124	46.4	143	53.6	1:1.15	1.35	$P > 0.05$

The sexual maturity for *G. rufa* was determined on 62 samples. When the sexual maturation was examined according to 1 cm total length groups, it was determined that maturation occurred at 13 cm (55.6%) TL for males and 14 cm (53.3%) TL for females (Table 4).

Table 4. Sexual maturity groups of *G. rufa* in the Göynük Stream.

Total Length groups (cm)	Male		Female	
	Mature n (%n)	Immature n (%n)	Mature n (%n)	Immature n (%n)
≤9	0	10 (100.0)	1 (11.1)	8 (88.9)
10	0	6 (100.0)	3 (42.9)	4 (57.1)
11	3 (5.3)	54 (94.7)	6 (30.0)	14 (70.0)
12	2 (7.1)	26 (92.9)	13 (25.0)	39 (75.0)
13	5 (55.6)	4 (44.4)	11 (45.8)	13 (54.2)
14	1 (25.0)	3 (75.0)	8 (53.3)	7 (46.7)
15	1 (14.3)	6 (85.7)	0	6 (100.0)
16≤	0	3 (100.0)	8 (80.0)	2 (20.0)
Total	12	112	50	93

The total GSI for *G. rufa* was calculated between 0.000 and 27.460 with an average of 7.280 ± 0.766 . This value was determined as 6.327 ± 1.824 (0.000-22.439) for males and 8.196 ± 1.145 (0.000-27.459) for females. The mean GSI for all samples peaked in June (12.480 ± 1.423), whereas the lowest in July (4.699 ± 2.201) (Figure 6).

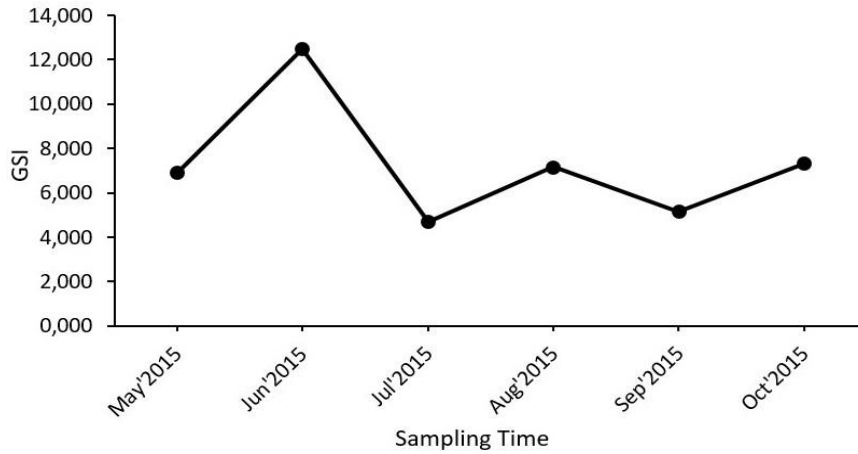


Figure 6. GSI changes for *G. rufa* in the Göynük Stream

Ectoparasite, *Paradiplozoon bingolensis* (Civanova et al., 2013)

218 (81.6%) fish specimens were infested by *P. bingolensis* in the *G. rufa* population (Table 5). Females were found to be more commonly infested with the parasite *P. bingolensis* ($p < 0.01$). The highest prevalence value in all populations of *G. rufa* was found as 95.7% in August, while the lowest as 40.0% in March (Table 5). The highest mean abundance and mean intensity values in all populations of *G. rufa* were determined in June (1.8) and in June (2.2) and January (2.2), respectively (Table 5).

Additionally, a total of 401 *P. bingolensis* (Figure 7) were detected on *G. rufa* samples in this study. While 173 (43.1%) of them were male, 228 (56.9%) of them were female, indicating that *P. bingolensis* were more inclined ($p < 0.01$) to prefer female *G. rufa* as hosts in this population from Göynük Stream (Table 5).

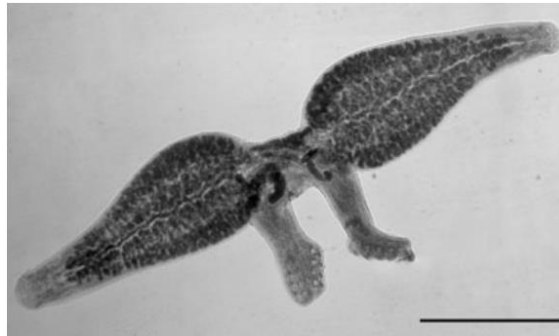


Figure 7. *P. bingolensis*; total view (scale bar 1 mm) (from Civanova et al., 2013)

The highest amount of *P. bingolensis* in this study was recorded in June, while the lowest in March (Figure 8).

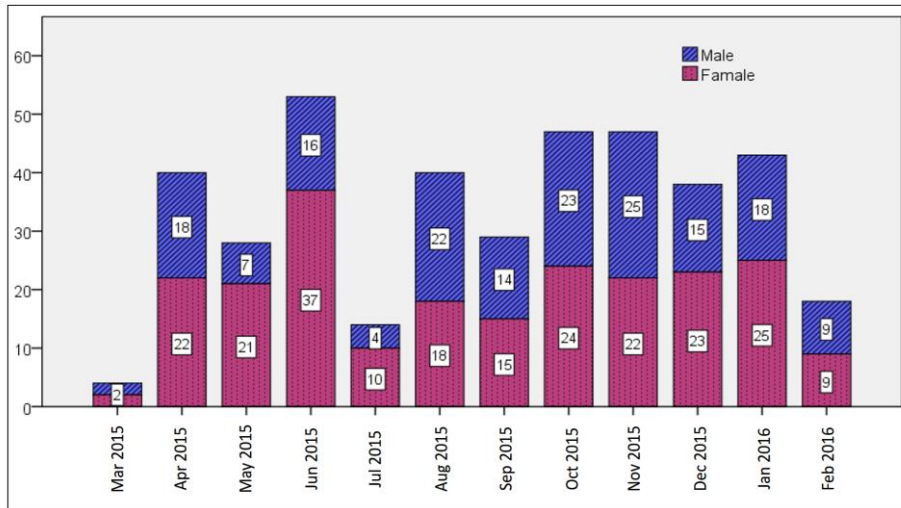


Figure 8. The amount of *P. bingolensis* isolated on *G. rufa* by months and sex

Although the results obtained from the correlation analysis are not statistically significant ($p>0.05$), it shows that increasing water temperature, as well as the oxygen level, has a positive correlation with the number of parasites, while the pH level causes a negative correlation. On the other hand, a positive correlation was detected between the present *P. bingolensis* in the environment and the fish population ($p<0.05$).

A negative correlation was found between the mean intensity levels and the condition factor of all populations in *G. rufa*, but it was not statistically significant ($p>0.05$) (Table 6).

Table 5. Prevalence, mean intensity and mean abundance of *P. bingolensis* infection of *G. rufa*.

Months	Number of examined fish samples- Number of infected fish samples			P (%)			The number of <i>P. bingolensis</i> determined on male, female, and all population of <i>G. rufa</i>			A-I		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male (%)	Female (%)	Total (%)	Male A-I	Female A-I	Total A-I
Mar 15	5-2	5-2	10-4	40.0	40.0	40.0	2 (0.5)	2 (0.5)	4 (1.0)	0.4-1.0	0.4-1.0	0.4-1.0
Apr 2015	16-11	14-12	30-23	68.8	85.7	76.7	18 (4.5)	22 (5.5)	40 (10.0)	1.1-1.6	1.6-1.8	1.3-1.7
May 15	6-5	12-10	18-15	83.3	83.3	83.3	7 (1.8)	21 (5.2)	28 (7.0)	1.2-1.4	1.8-2.1	1.6-1.9
Jun 2015	8-7	21-17	29-24	87.5	81.0	82.8	16 (4.0)	37 (9.2)	53 (13.2)	2.0-2.3	1.8-2.2	1.8-2.2
Jul 2015	4-3	6-4	10-7	75.0	66.7	70.0	4 (1.0)	10 (2.5)	14 (3.5)	1.0-1.3	1.7-2.5	1.4-2.0
Aug 2015	12-12	11-10	23-22	100.0	90.9	95.7	22 (5.5)	18 (4.5)	40 (10.0)	1.8-1.8	1.6-1.8	1.7-1.8
Sep 2015	13-8	11-10	24-18	61.5	90.9	75.0	14 (3.5)	15 (3.7)	29 (7.2)	1.1-1.8	1.4-1.5	1.2-1.6
Oct 2015	13-13	17-15	30-28	100.0	88.2	93.3	23 (5.7)	24 (6.0)	47 (11.7)	1.8-1.8	1.4-1.6	1.6-1.7
Nov 2015	13-12	14-12	27-24	92.3	85.7	88.9	25 (6.2)	22 (5.5)	47 (11.7)	1.9-2.1	1.6-1.8	1.7-2.0
Dec 2015	10-9	14-12	24-21	90.0	85.7	87.5	15 (3.7)	23 (5.7)	38 (9.4)	1.5-1.7	1.6-1.9	1.6-1.8
Jan 2016	17-9	12-11	29-20	52.9	91.7	69.0	18 (4.5)	25 (6.2)	43 (10.7)	1.1-2.0	2.1-2.3	1.5-2.2
Feb 2016	7-6	6-6	13-12	85.7	100.0	92.3	9 (2.2)	9 (2.2)	18 (4.5)	1.3-1.5	1.5-1.5	1.4-1.5
Total	124-97	143-121	267-218	78.2	84.6	81.6	173 (43.1)	228 (56.9)	401 (100.0)	1.4-1.8	1.6-1.9	1.5-1.8

Total: male+female individuals (all population) of *G. rufa*; P: prevalence; A: mean abundance, I: mean intensity.

Table 6. Correlation coefficients between the mean intensity (I) and the condition factor of *G. rufa* in the Göynük Stream.

	Parameter	Male condition factor
Male I	Pearson Correlation	-0.149
	Sig. (2-tailed)	0.643
	N	12
Female condition factor		
Female I	Pearson Correlation	0.080
	Sig. (2-tailed)	0.804
	N	12
Total condition factor		
Total I	Pearson Correlation	-0.169
	Sig. (2-tailed)	0.600
	N	12

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed) and the other parameters were non-significant, I: mean intensity.

DISCUSSION

The maximum total length was reported as 29.9 cm by Birecikligil and Çiçek (2011). However, the maximum total length was found as 19.1 cm in this study and this result is higher than the previous studies except for Birecikligil and Çiçek (2011) (Table 7). The variation in the maximum size of a fish population could be explained based on ecological conditions. Population characteristics of *G. rufa* presented different studies are given in Table 7.

The LWRs are used to ascertain the condition of fish and to determine whether the growth pattern is isometric or allometric and the b value used in the calculation of the length-weight relationship indicates nutritional, thereby optimum growth conditions of fish (Sakar et al., 2013). The ideal growth pattern represents an isometric growth due to good environmental conditions or good condition of the fish (Ricker and Carter, 1958). Allometric growth can be either positive or negative. When the growth pattern shows negative allometric ($b < 3$), fish become slimmer with increasing length and growth. When the growth pattern shows positive allometric ($b > 3$), fish become heavier reflecting optimum conditions for growth (Jisr et al., 2018). In this study, the LWR of *G. rufa* population was calculated using the equation of $W = 0.02979 \times L^{2.68}$ ($r^2 = 0.898$). Calculated b values were not significantly different from 3 and the growth types of *G. rufa* for all the samples, males and females were isometric growth ($p > 0.05$). However, it was also reported as negative and positive allometric growths in some habitats and the calculated coefficient b varied among the localities from a minimum of 2.74 to a maximum of 3.196 in the previous studies (Table 7). The ideal b value for fish is determined 3 or close to 3 (Wootton, 1992). On the other hand, Froese (2006) proposed that the ideal b value should range from 2.5 to 3.5. The discrepancy between recorded b values in varied studies can be attributed to ecological factors such as temperature, food supply, spawning conditions, and habitat characteristics. In our study, the value of b remained within the expected range.

Fulton's Condition Factor, based on the analysis of length-weight data, is effectively used to compare the feeding and reproduction activity of populations thriving under similar or different conditions of nutrient density and climate (Bolger and Connolly, 1989). In this study, the mean Fulton's Condition Factor was calculated as 1.126 ± 0.151 (0.607-1.646) for all samples. The mean condition factor for all samples peaked in July (1.195 ± 0.105), whereas the lowest was in June (1.058 ± 0.124). The condition factors of *G. rufa* populations were reported as 2.03 (0.87-3.14) in Armand River (Abedi et al., 2011) and 1.218 ± 0.18 (0.651-2.198) in Cholvar River (Gerami et al., 2013). These results were higher than our study. Being one of the key criteria in fish growth and development, the ideal condition factor value has been accepted as 1 (Martinez and Vazquez, 2001), and it is proposed that it may vary due to the species, sex, age, and maturation of fish, as well as fat and muscle deposition in the host (Barnham and Baxter, 1998).

Sex determination, which is used to calculate the sex ratio, can be described as the differentiation in sexes. The sex ratio of a water source can vary due to fish species and populations inhabiting the environment (Nikolsky, 1963). In this study, the M: F ratio was calculated at 1:1.15 and the chi-square analysis showed that the sex ratio was not significantly different from the expected 1:1 ratio ($\chi^2 = 1.35$,

$p > 0.05$). Only females were dominant in June ($\chi^2 = 5.83$, $p < 0.05$). The M: F ratio was found as 1:0.91 in Armand Stream, 1:1.09 in Dalaki River and 1:1.46 in Cholvar River (Table 7).

Evaluation of ideal length and weight values as indicators of sexual maturity is a crucial process to sustain and manage current fish stocks. When sexually mature fish (with a certain length and weight) reproduces, the values are defined as the length or weight at first sexual maturity (Avşar, 2005). The first sexual maturity size for *G. rufa* population in Göynük Stream was observed at 13 cm TL for males and 14 cm TL for females.

Gonadosomatic index (GSI) is utilized to determine or detect the reproduction season of fish (Karataş et al., 2005). In this study, the mean GSI for all samples peaked in June (12.480 ± 1.423), whereas the lowest in July (4.699 ± 2.201). Abedi et al. (2011) reported that GSI values of *G. rufa* samples from Armand River peaked in April for males and May for females and the GSI values of both genders kept declining until November. Patimar et al. (2010) reported the GSI indicated that the reproduction of *G. rufa* in the Kangir River occurred around April-May. The variation in these studies due to different peak times may be attributed to the water temperature. Monitoring gonad development ratio and determining the reproductive season of fish present in natural habitats are important both economically and scientifically (Martinez and Vazquez, 2001).

218 (81.6%) *G. rufa* samples were *P. bingolensis* positive in the current population (121 females and 97 males). Additionally, 401 *P. bingolensis* were detected on the current *G. rufa* population (173 (43.1%) male and 228 (56.9%) female). The highest mean intensity of *P. bingolensis* in the *G. rufa* population was recorded in June (2.2) and in January (2.2), while the lowest in March (1.0). A negative correlation was found between the mean intensity of *P. bingolensis* parasites and the condition factor of the fish population, indicating when the number of parasites increased in the host, the condition factor of the *G. rufa* population declined ($p > 0.05$). *P. bingolensis* parasites were more inclined to prefer female *G. rufa* fish as hosts. As is seen in this study, diplozoid parasites more commonly prefer the members of the family Cyprinidae as hosts. Aside from the afore-mentioned parasite, there are other examples of diplozoids found in different fish species inhabiting varied water sources. In the other studies, *Paradiplozoon ichthyoxantho*, *Paradiplozoon hemiculteri*, *Paradiplozoon yunnanensis*, and *Paradiplozoon chazarikum* were isolated from *Labeobarbus aeneus* (Avenant-Oldewage et al., 2014), *Hemiculter leucisculus* (Jirsova et al., 2018), *Sikukia gudgeri* (Fan et al., 2018), and *Rutilus frisii kutum* (Mohamamad and Mahsa, 2019), respectively.

In conclusion, the information provided here on the studied population as representative of *G. rufa* from the Göynük Stream shows that the specific characteristics include a isometric growth resulting in ideal shape ($b=3$) and a shortened duration of the spawning season. The mean condition factor value of 1.126 ± 0.151 which indicates that fish were in good condition during the study period. It was established that *G. rufa* attained sexual maturity when they reached to 13 cm TL for males and 14 cm TL for females. It has been observed that *G. rufa* population reproduced at similar periods from various regions. When the mean intensity value increased in the population, the condition factor of the *G. rufa* population declined.

Table 7. Population characteristics of *Garra rufa* presented different studies.

Locality	N	M	F	M:F	Total Length (cm) (min-max)	Total Weight (g) (min-max)	a	b	r ²	References
Göynük Stream, Turkey	247	124	143	1:1.15	8.5-19.1	5.8-58.7	0.0205	2.758	0.891	The present study
Iran	291	-	-	-	2.90-13.00	-	0.0119	3.139	0.992	Esmaeili and Ebrahimi (2006)
Kangir River, Iran	433			1:1.21	4.8-10.2	1.53-14.45	-	-	-	Patimar et al. (2010)
Armand Stream, Iran	364	191	173	1:0.91	2.91-15.13	-	0.0063	3.112	0.984	Abedi et al. (2011)
Euphrates River, Turkey	161	-	-	-	4.75–29.90	7.6–13.9	0.0075	3.149	0.996	Birecikligil and Çiçek (2011)
Dalaki and Shapour rivers, Iran	324	156	168	1:1.09	3.0-17.1	2-35	0.0223	2.91	0.93	Pazira et al. (2013)
Cholvar River, Iran	535	217	318	1:1.46	-	-	0.000005	3.196	-	Gerami et al. (2013)
Tange River, Iran	27	-	-	-	5.07-9.60	2.45-13.32	0.00005	2.74	0.95	
Beshar River, Iran	21	-	-	-	5.48-10.16	1.97-13.98	0.00002	2.86	0.93	
Mazoo River, Iran	19	-	-	-	5.89-12.34	2.66-28.31	0.00001	2.99	0.99	
Palangan River, Iran	51	-	-	-	6.3-17.8	11.5-239	0.05	2.95	0.98	
Sirvan River, Iran	27	-	-	-	6.0-14.8	3.6-57.8	0.01	3.00	0.97	
Kheirabad River, Iran	70	-	-	-	5.07-12.48	1.96-28.1	0.00002	2.96	0.98	
Gamasiab River, Iran	10	-	-	-	5.25-10.57	2.10-18.06	0.00001	3.19	0.98	Segherloo et al. (2015)
Ghalate River, Iran	31	-	-	-	6.94-15.39	4.46-55.85	0.00001	3.16	0.99	
Cheshme gerdab River, Iran	12	-	-	-	7.60-16.96	5.87-73.71	0.00001	3.08	0.99	
Maroon River, Iran	12	-	-	-	5.30-10.02	1.84-13.45	0.00001	3.14	0.97	
Dashte chenir River, Iran	17	-	-	-	4.82-12.06	1.53-23.74	0.00001	3.02	0.99	
Kheirak-shekarak River, Iran	20	-	-	-	5.48-11.11	1.91-15.78	0.00002	2.82	0.98	
Tange faryab River, Iran	47	-	-	-	4.94-10.51	1.64-14.15	0.00002	2.86	0.98	
Jarrahi River, Iran	108	-	-	-	2.72-13.54	0.18-23.0	0.0044	3.06	0.98	Keivany and Zamani-Faradonbe (2017)
Tigris Basin, Iran	147	-	-	-	3.22-12.28	-	0.0093	3.10	0.97	
Karkheh Basin, Iran	121	-	-	-	1.98-17.28	-	0.0115	3.02	0.99	
Karun Basin, Iran	62	-	-	-	3.69-13.09	-	0.0099	3.06	0.98	Keivany et al. (2015)
Persis Basin, Iran	103	-	-	-	1.98-17.28	-	0.0095	3.06	0.98	
Hormuz Basin, Iran	19	-	-	-	3.35-7.57	-	0.0059	3.34	0.99	
Merzimen Stream, Turkey	365	-	-	-	2.9-16.8	0.21-69.27	0.0124	2.989	0.96	Çiçek et al. (2021)

REFERENCES

- Abedi, M., Shiva, A.H., Mohammadi, H. & Malekpour, R. (2011). Reproductive biology and age determination of *Garra rufa* Heckel, 1843 (Actinopterygii: Cyprinidae) in central Iran. *Turkish Journal of Zoology*, 35(3): 317–323. <https://doi.org/10.3906/zoo-0810-11>
- Avenant-Oldewage, A., Le Roux, L. E., Mashego S. N. & van Vuuren, B. J. (2014). *Paradiplozoon ichthyoxanthon* n. sp. (Monogenea: Diplozoidae) from *Labeobarbus aeneus* (Cyprinidae) in the Vaal River, South Africa. *Journal of Helminthology*, 88(2), 166–72. <https://doi.org/10.1017/S0022149X12000879>
- Avşar, D. (2005). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Nobel Publisher, Adana, 332 p.
- Barnham, C. & Baxter, A. (1998). *Condition factor, K, for salmonid fish*. Fisheries Note, State of Victoria, Department of Primary Industries, Melbourne, 3 p.
- Birecikligil, S. & Çiçek, E. (2011). Length-weight relationships for 16 freshwater fishes caught in tributaries of Euphrates and Orontes rivers in Gaziantep (southeastern Anatolia), Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(4), 1131–1132. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01760.x>
- Bolger, T. & Connolly, P. L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology*, 34(2), 171–182.
- Bancroft, J. D., Steven, A. & Turner, D. R. (1996). *Theory and Practice of Histological Techniques*. Fourth edition, Churchill Livingstone, 726 p.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M. & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revised. *Journal of Parasitology*, 83(4), 575–583.
- Civanova, K., Koyun, M. & Koubkova, B. (2013). The molecular and morphometrical description of a new diplozoid species from the gills of the *Garra rufa* (Heckel, 1843) (Cyprinidae) from Turkey including a commentary on taxonomic division of Diplozoidae. *Parasitology Research*, 112(8), 3053–3062. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3480-6>
- Coad, B. W. (1995). Freshwater fishes of Iran. *Acta Scientiarum Naturalium Academiae Scientiarum Bohemicae*, 29, 1–164.
- Crim, W. L. & Glebe, B. D. (1990). Reproduction. In C. B. Schreck & P. B. Moyle (Ed.), *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 529–553.
- Çetinkaya, O., Şen, F. & Elp, M. (2005). Balıklarda Büyüme ve Büyüme Analizleri. In M. Karataş (Ed.), *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Nobel Publisher, Ankara, pp. 93–120.
- Çiçek, E., Seçer, B., Öztürk, S. & Sungur, S. (2021). Age and Growth of *Garra rufa* (Heckel, 1843) from Merzimen Stream, Euphrates River Basin, Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 7(1), 77–82. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish.710127>
- Esmaili, H. R. & Ebrahimi, M. (2006). Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 328–329. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00653.x>
- Fan, L., Meng, F., Bai, J., Xu, W. & Wang, X. (2018). *Paradiplozoon yunnanensis* n. sp. (Monogenea, Diplozoidae) from *Sikukia gudgeri* (Cyprinidae, Barbinae) in southwest China. *Parasite*, 25, 46. <https://doi.org/10.1051/parasite/2018047>
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis, and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 241–253. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Furhan, M. T. & Abdullah, S. M. A. (2017). Parasites of fishes of Iraq: checklists. *Biological and Applied Environmental Research*, 1(2), 131-218.
- Geldiay, R. & Balik, S. (2002). *Türkiye Tathisu Balıkları*. Ege University Faculty of Fisheries Publishing, İzmir, 644 p.
- Gerami, M. H., Abdollahi, D. & Patimar, R. (2013). Length-weight, length-length relationship, and condition factor of *Garra rufa* in Cholvar River of Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 5(4), 358–361. <https://doi.org/10.5829/idosi.wjfm.2013.05.04.7371>
- Jarvis, L. P. (2011). Biological Synopsis of *Garra rufa*. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences, Burlington, 21 p.
- Jirsova, D., Ding, X., Civanova, K., Jiřounkova, E., Ilgova, J., Koubkova, B., Kasny, M. & Gelnar, M. (2018). Redescription of *Paradiplozoon hemiculteri* (Monogenea, Diplozoidae) from the type host *Hemiculter leucisculus*, with neotype designation. *Parasite*, 25: 4. <https://doi.org/10.1051/parasite/2018004>
- Jisir, N., Younes, G., Sukhn, C. & El-Dakdouki, M.H. (2018). Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(4), 299–305. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.004>
- Karaaslan, G. M. (2010). Sivas Kangal balıklı kaplıcadaki balıklarda (Cyprinidae), antioksidan enzim aktiviteleri üzerine değişik stres kaynaklarının etkileri. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.

- Karaman, M. S. (1971). Süswwasserfische der Türkei, 8. Teil: Revision der Barben Europas, Vorderasien und Nordafrika. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoology Museum und Institute*, 67, 175–254.
- Karataş, M., Başusta, N. & Gökçe, M. A. (2005). Balıklarda Üreme. In M. Karataş (Ed.), *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Nobel Publisher, Ankara, p. 63–97.
- Keivany, Y. & Zamani-Faradonbe M. (2017). Length-weight and length-length relationships for eight fish species from the Jarrahi River, southwestern Iran. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(4), 864–866. <https://doi.org/10.1111/jai.13396>
- Keivany, Y., Nezamoleslami, A., Dorafshan, S. & Eagderi, S. (2015). Length-weight and length-length relationships in populations of *Garra rufa* from different rivers and basins of Iran. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(6), 409–413.
- Kimmerer, W., Avent S. E. & Bollens S. M. (2005). Variability in length-weight relationships used to estimate biomass of estuarine fish from survey data. *Transactions of the American Fisheries Society*, 134, 481–495.
- Koyun, M. (2011). Biogeographical distribution of *Garra rufa* (Heckel, 1843) in freshwater sources of TURKEY. *Science Journal of Bingöl University*, 1(1), 5–8.
- Koyun, M., Gül, B. & Korkut, N. (2018). The fish fauna of Göyçük Stream (Bingöl). *Commagene. Journal Biology*, 2, 39–47. <https://doi.org/10.31594/commagene.403367>
- Krupp, F. & Schneider, W. (1989). The fishes of the Jordan River drainage basin and Azraq Oasis. *Fauna of Saudi Arabia*, 10, 347–416.
- Kund, G. C., Mishra, G. & Satpathy, D. (2011). Length weight relationship and relative condition factor of *Mugil cephalus* in Chilika lagoon, east coast of India. *Journal of Applied Zoological Researches*, 22(2), 153–156.
- Le Cren, E. D. (1951). The Length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219.
- Martinez, A. M. & Vazquez, B. P. C. (2001). Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Mexico, reproductive activity, and condition index of *Holacanthus passer* (Teleostei: Pomacanthidae) in the Gulf of California, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 49(3-4), 939–943.
- Martin-Smith, K. M. (1996). Length/weight relationships of fishes in a diverse tropical freshwater community, Sabah, Malaysia. *Journal of Fish Biology*, 49(4), 731–734. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb00069.x>
- Menon, A. G. K. (1964). Monograph of the Cyprinid fishes of the genus *Garra* Hamilton, 1822. *Memoirs of the Indian Museum*, 14, 173–260.
- Mohamamad, R. & Mahsa, R. (2019). The study of morphometric and molecular *Paradiplozoon chazarikum* parasite in Caspian Sea the *Rutilus frisii kutum*. *Genetics of Aquatic Organisms*, 3(1), 31–36. https://doi.org/10.4194/2459-1831-v3_1_05
- Nikolsky, G. V. (1963). *The Ecology of Fishes*. Academic Press, London, and New York, 352 p.
- Pajuelo, J. G. & Lorenzo, J. M. (1998). Population biology of common pandora *Pagellus erythrinus* (Pisces: Sparidae) of the Canary Islands. *Fisheries Research*, 36, 75–86.
- Patimar, R., Chalanchi, M. G., Chamanara, V. & Naderi, L. (2010). Some life history aspects of *Garra rufa* (Heckel, 1843) in the Kangir River, Western Iran. *Zoology in the Middle East*, 51(1), 57–66. <https://doi.org/10.1080/09397140.2010.10638441>
- Pazira, A. R., Moghdani, S. & Ghanbari, F. (2013). Age structure and growth of the *Gurra rufa* (Cyprinidae), in southern Iran. *International Journal of Biosciences*, 3(12), 115–119.
- Pugachev, O. N., Gerasev, P. I., Gushev, A. V., Ergens, R. & Khotenowsky, I. (2009). Guide to Monogonoidea of freshwater fish of Palearctic and Amur regions. Ledizione-Ledi Publishing, Milan.
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1–382.
- Ricker, W. E. & Carter, N. M. (1958). *Handbook of computations for biological statistics of fish populations*. No. 119. The Fisheries Research Board of Canada. Queen's printer and controller of stationary, Ottawa.
- Sakar, U. K., Kahn, G. E., Dabas, A., Pathak, A. K., Mir, J. I., Rebello, S. C., Pal, A. & Singh, S. P. (2013). Length weight relationship and condition factor of selected freshwater fish species found in river Ganga, Gomti and Rapti, India. *Journal of Environmental Biology*, 34(5), 951–956.
- Segherloo, I. H., Tabatabaei, S. N., Mansouri, A., Abdoli, A., Ghalenoei, M. & Golzarianpour, K. (2015). Length-weight relationships of *Garra rufa*, in the Tigris and Persian Gulf basins of Iran. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(1), 25–27. <https://doi.org/10.22034/ijab.v3i1.43>
- Shafi S. (2012). Study of fecundity and gonadosomatic index of *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758-introduced) from Dal Lake Kashmir. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2, 2224–3208.
- Wootton R. J. (1992). *Fish ecology*. Springer, Scotland, 224 p.

- Yılmaz, S., Yazıcıoğlu, O., Erbaşaran, M., Esen, S., Zengin, M. & Polat, N. (2012). Length weight relationship and relative condition factor of white bream, *Blicca bjoerkna* (L., 1758), from Lake Ladik, Turkey. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 18(3), 380–387.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. USA: Prentice Hall.

Oymapınar Baraj Gölü (Antalya)'nın Suyunda, Sedimentinde ve Gölde Yaşayan Sazanın (*Cyprinus carpio* L.1758) Bazı Dokularındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Selda TEKİN ÖZAN*^{ORCID}

Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, ISPARTA

*Sorumlu Yazar: seldaozan@sdu.edu.tr

Araştırma Makalesi

Geliş 21 Mayıs 2021; Kabul 08 Temmuz 2021; Basım 01 Aralık 2021.

Alıntı: Tekin Özkan, S. (2021). Oymapınar baraj gölü (Antalya)'nın suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L.1758) Bazı Dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 17(4), 596-609. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.940349>

Özet

Bu çalışma 2017 yılında Oymapınar Baraj Gölü'nde yürütülmüştür. Çalışma kapsamında göl suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L.,1758) kas, karaciğer ve solungaç dokularındaki bazı ağır metallerin konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Göl suyunda Mo (<0.0008) her mevsim, Cu (<0.0006) ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde analiz limitinin altında kalmıştır. Suda en fazla biriken metal Fe, en az biriken metaller ise Cd ve Cr olmuştur. Mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Cd, Cu, Mn, Ni ve Se'un sonbahar mevsiminde, Cu, Fe ve Zn'nun kış mevsiminde ve Pb'un yaz mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn'nun yaz mevsiminde, Cr, Ni ve Se'un ilkbahar mevsiminde ve Pb'un kış mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Göl sedimentinde tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Sedimentte de en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur. Mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Mo (sonbahar mevsiminde) hariç tüm metallerin miktarlarının yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşın Cu, Mn, Ni, Cr, Fe, ve Zn' nun ilkbahar mevsiminde, Cd ve Pb'nun sonbahar mevsiminde, Se'un kış mevsiminde ve Mo'in yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Balıklarda analizi yapılan tüm metaller her mevsimde her dokuda belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar genellendiğinde metallerin kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde arttığı, kasta ilkbaharda ve solungaçta ise sonbaharda azaldığı saptanmıştır. Karaciğerdeki metal azalışı mevsimsel olarak birbirine benzerlik göstermektedir. Su ve balık dokularında belirlenen değerler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, EPA, WHO, EU, EC, TGK ve FAO'nun verdiği ağır metallerin kabul edilebilir sınırları ve su kalite sınıfı değerleri ile kıyaslanmıştır. Sedimentte belirlenen konsantrasyonlar sediment kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Ağır metal, Su, Sediment, Balık, Oymapınar Baraj Gölü.

Determination of Heavy Metal Levels in Water, Sediment and Some Tissues of Carp (*Cyprinus carpio* L.1758) Living in the in Oymapınar Dam Lake's (Antalya)

Abstract

This study was conducted in Oymapınar Dam Lake in 2017. Within the scope of the study, it was aimed to determine the concentrations of some heavy metals in the lake water, sediment, and muscle, liver, and gill tissues of carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) living in the lake. Mo (<0.0008) in lake water was below the analysis limit in all seasons and Cu (<0.0006) in the spring and autumn seasons. The highest metal in water was Fe, and the lowest metals were Cd and Cr. In the seasonal evaluation, it was determined that Cd, Cu, Mn, Ni, and Se increased in autumn, Cu, Fe, and Zn increased in winter, and Pb in summer. On the other hand, it was determined that Cd, Cu, Fe, Mn, and Zn decreased in summer, Cr, Ni, and Se in spring, and Pb in winter. All metals in the lake sediment were determined in all seasons. Fe was the highest and Cd was the lowest in sediment. In the seasonal evaluation, it was determined that the amount of all metals increased in the summer, except Mo (in the autumn). On the other hand, it was determined that Cu, Mn, Ni, Cr, Fe, and Zn decreased in spring, Cd, and Pb in autumn, Se in winter, and Mo in summer. All metals analyzed in fish were determined in all tissues in all seasons. When the results obtained were generalized, it was found that metals increased in muscle in winter, the liver in spring and gill in summer, and decreased in muscle in spring and gill in autumn. Metal reduction in the liver is similar to each other seasonally. The values determined in water and fish tissues have been compared with the acceptable limits of heavy metals and water quality class values given by the Ministry of Environment and Urbanization, EPA, WHO, EU, EC, TGK, and FAO. Concentrations determined in sediment were evaluated according to sediment quality criteria.

Keywords: Heavy metal, Water, Sediment, Fish, Oymapınar Dam Lake

GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışı, teknoloji ve sanayinin gelişmesi, düzensiz kentleşme, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri, evsel ve endüstriyel atık sulardaki artış çevre kirliliğine sebep olmaktadır (Ellis vd., 1989; Sağlam ve Cihangir, 1995; Oruçoğlu ve Beyhan, 2019). Su kirliliği de günümüzün önemli çevre problemlerinden biridir. Farklı yollarla sucul ortama karışan organik ve inorganik maddeler, endüstriyel atıklar, pestisitler, ağır metaller, kimyasal gübreler, deterjanlar, petrol ve türevleri, mikroorganizmalar ve yağlar suların kirlenmesine, sucul dengenin bozulmasına, içilebilir ve kullanılabilir su miktarının azalmasına sebep olmaktadır (Ellis vd., 1989; Uysal vd., 2009).

Sucul ortamlardaki önemli kirleticilerden olan ağır metaller çevre şartlarına dayanıklı olmaları, farklı kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri ve besin zincirine katılarak canlıların vücutlarında birikmeleri, düşük miktarlarda bile toksik etki gösterebilmeleri nedeniyle çevre kirliliği ve canlıların sağlığı açısından oldukça tehlikelidirler (Uzunoglu, 1999; Yuan vd., 2004; Liu vd., 2016). Ağır metaller erozyon, orman yangınları, ayrışma olayları, yanardağ faaliyetleri, maden ocakları, evsel, tarımsal ve endüstriyel atıklar gibi hem antropolojik faaliyetlerden hem de doğal kaynaklardan köken alarak sucul ortamlara karışır (Göksu, 2003).

Ağır metaller doğal sulara partikül maddeler tarafından absorbe edilmiş, serbest iyonlar ve organik veya inorganik bileşikler şeklinde bulunmaktadır (Engel vd., 1981). Ayrıca eğer iyon halinde iseler toksik etkileri artmaktadır. Metaller suya girdikten sonra az miktarı suda serbest iyon halinde kalırken, çoğunluğu sedimente çöker (Türkmen ve Türkmen, 2004; Zhuang ve Gao, 2015). Sediment ise çoğu sucul canlı için yaşam alanıdır ve sedimente çöken metaller sediment parçaları tarafından alınır (Goyer, 1986). Bu absorpsiyondan sonra suyun bazı fiziko-kimyasal özelliklerinde gerçekleşen değişiklikler ile birlikte ağır metaller tekrar su kolonuna geri salınırlar. Bu durum sedimentin metaller açısından sürekli bir kaynak gibi rol oynaması demektir (Soares vd., 1999; Yozukmaz, 2017).

Balıklar yüksek besin değeri, kolay hazmedilebilmesi, vücutta sentezlenemediği için dışarıdan alınması zorunlu olan yağ asitlerini ve aminoasitleri içermeleri nedeniyle sağlıklı ve dengeli beslenme için insan diyetinde önemli bir yere sahiptir (Çetin vd., 2016; Tokatlı vd., 2016). Ağır metaller, besin zinciri yolu ile plankton ya da sudaki diğer organizmalardan balıklara geçer (Begenirbaş, 2002). Balıklar, ağır metalleri; solungaçlar, deri ve sindirim sistemi yoluyla bünyelerine alırlar (Dökmeci, 1988), alınan ağır metaller taşıyıcı proteinlere bağlı halde kan yolu vasıtasıyla doku ve organlara taşınarak dokularda bulunan metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanır ve yüksek miktarlara ulaşır (Cicik, 2003). Balıklarda biriken ağır metallerin miktarı balığın yaşına, metabolik aktivitesine, ağır metal ile etkileşim sürecine, ortamda bulunan metalin miktarına, biriktiği doku ve organa göre değişmektedir (Köse ve Uysal, 2008). Ağır metaller vücutta en yüksek düzeye ulaşınca depolanmakta ve belirli bir limiti aşmadığı takdirde toksik etki yapmamaktadır (Aktop ve Çağatay, 2020). Ağır metaller sucul organizmalarda moleküler ve hücresel düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılmaları frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş, 1999; Levesque vd., 2002).

Son yıllarda sucul sistemlerde ağır metal birikimi ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır (Karadede ve Ünlü, 2000; Uysal vd., 2010; Türkmen ve Akbulut, 2015; Türkmen vd., 2016; Uçkun vd., 2017; Güldiren ve Tekin-Özan, 2018; Türkmen vd., 2018; Kankılıç, 2019; Öner ve Metli, 2021). Suyun insanlar için önemi gözönüne alındığında ve balıkların insan beslenmesindeki yeri düşünüldüğünde ağır metallerin sucul ortamlardaki durumu ve balıklarda ne derecede birikim yaptığı gibi konuların araştırılması hem sucul sistemler, hem balık biyolojisi hem de insan sağlığı açısından oldukça önemlidir.

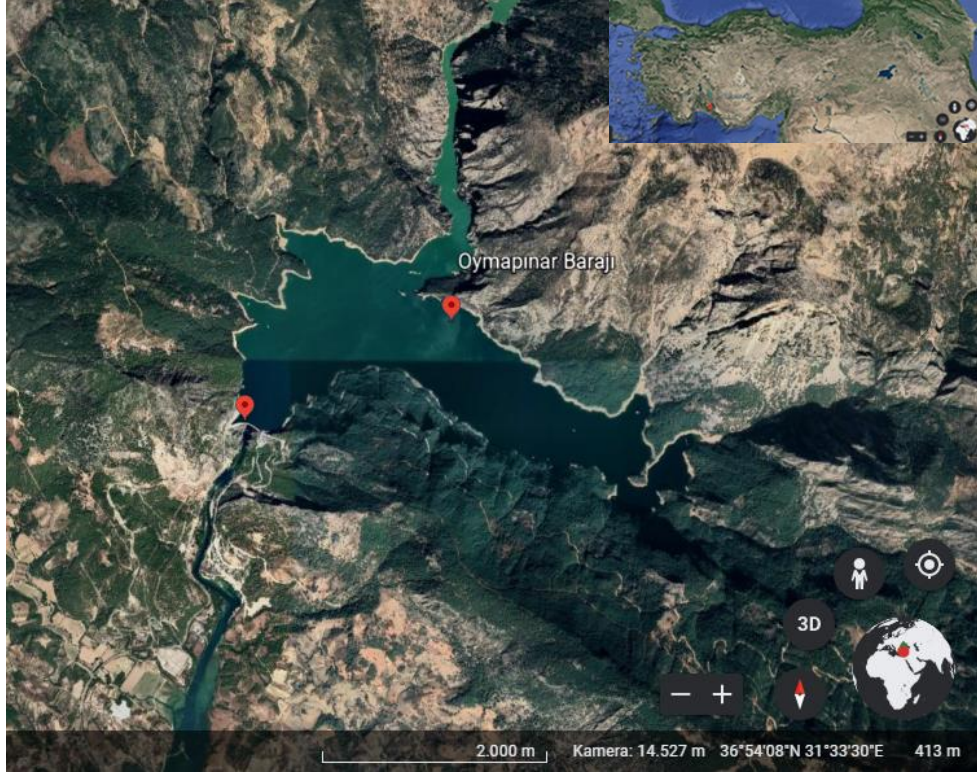
Bu çalışmada Antalya ili sınırları içinde kalan Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio* L., 1758) kas, karaciğer ve solungaçlarındaki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOD

Araştırma Alanı

Oymapınar Barajı ve Hidro Elektrik Santrali (HES) Türkiye'nin güneyindeki Antalya ili sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1). 36°54' kuzey enlemi ve 31°31' doğu boylamlarında bulunmaktadır. Akdeniz kıyısında Antalya iline 76 km uzaklıkta Manavgat Irmağı üzerinde enerji üretimi ve sel baskınlarını önlemek amacı ile 1977-1984 yılları arasında inşa edilmiştir (Anonim, 2004; Aykurt ve Altınok, 2009; Web 1). Ülkemizdeki en yüksek beton kemer gövdeli ve en yüksek su derinliğine sahip

barajlardan biridir. Baraj gölünün derinliği 185 m'yi, uzunluğu ise 5 km'yi bulmaktadır. Baraj gölü 384 milyon km³ su hacmine sahiptir. Gölün alanı normal su kotunda 4.70 km²'dir (Anonim, 2004). Gölde *Salmo cf. opimus*, *Capoeta caelestis*, *Carassius gibelio*, *Alburnus baliki*, *Alburnus escherichii*, *Squalius anatolicus*, *Pseudophoxinus alii*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Cobitis battalgilae* ve *Oxynoemacheilus atili* bulunmaktadır (Küçük vd., 2020). Manavgat Irmağı aynı zamanda tarım, turizm, içme suyu, enerji üretimi ve alabalık yetiştiriciliği yapılan ve ekonomik önemi olan bir akarsudur (Küçük vd., 2011).



Şekil 1. Çalışma alanı (Google.Earth'den alınmıştır)

Arazi ve Laboratuvar Çalışmaları

Bu çalışma süresince 2017 yılının Ocak, Nisan, Temmuz ve Ekim aylarında arazi çalışması yapılmıştır. Gölün farklı bölgelerinden alınan su örnekleri 500 ml'lik polipropilen kaplara konarak Whatman marka 45 mm GF/C cam filtre ile süzülmüş ve üzerlerine pH < 2 olacak şekilde nitrik asit ilave edilmiştir. Su örnekleri analiz yapılmaya kadar +4 °C muhafaza edilmiştir (APHA, 1998).

Gölden alınan sediment ve balık örnekleri de yine polipropilen kaplara koyularak laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen balık örneklerinin (36 adet) standart, çatal ve total boyları ± 1 mm hatalı ölçme tahtasında, ağırlıkları ise Weightlab marka hassas terazide ölçülmüş, örneklerle ilgili kayıtların tutulduğu forma yazılarak, balıklardan solungaç, karaciğer ve kas örnekleri alınmıştır. Sediment örnekleri 60 mesh'lik bir elekten geçirilmiştir. Sediment ve balık dokusu örnekleri ısıya dayanıklı petrilere konularak etüvde kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra sediment örneklerinden yaklaşık 1 gr alınmış ve üzerine nitrik asit /sülfürik asit karışımından (5/10) 5 ml ilave edilerek hot plate üzerinde çeker ocakta renkli buharları kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olmaları sağlanmıştır. Çözünen örnekler 25 ml'lik polipropilen balon jöjelere aktarılmış ve distile su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır (APHA, 1985). Kurutulan balık dokusu örneklerinden 1-2 gr kadar alınarak üzerine 5 ml derişik nitrik asit ilave edilerek hot plate üzerinde renkli buharları kayboluncaya kadar ısıtılmış ve tamamen mineralize olmaları sağlanmıştır. Daha sonra örneklerin üzerine 1 ml H₂SO₄ ilave edilmiş ve örnekler saf su ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Çözeltiler üzerine 1-2 damla HNO₃ ilave edilerek analize hazır hale getirilmiştir (APHA, 1985). Analiz işlemi yapılmadan önce balık dokuları ve sediment örneklerinin çözeltileri filtre kağıtlarından geçirilerek süzülmüştür. Örneklerin metal analizi Vista marka ICP-AES (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission

Spectrometer) cihazında yapılmıştır. Ayrıca cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla DORM-3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals), DOLT-4 (Dogfish Liver Reference Materials for Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) sertifikalı referans materyallerden de aynı şekilde çözeltiler hazırlanarak metal analizi yapılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Örnek sonuçlarının tüm istatistiksel hesaplaması SPSS 22.0 programı ile yapılmıştır. Sonuçların, minimum değeri, maksimum değeri, aritmetik ortalamaları ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Su, sediment ve balık dokularındaki metallerin mevsimsel değişimini belirlemek ve ağır metal miktarları bakımından balık dokuları arasında istatistiksel bir değişiklik olup olmadığını ortaya koymak amacıyla One-Way Anova ve Duncan Testi yapılmıştır (Fisher, 1928; Duncan, 1955).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada DORM 3 (Dogfish Protein Certified Reference Material For Trace Metals), DOLT 4 (Dogfish Liver Reference Material For Trace Metals) ve HISS-1 (Marine Sediment Reference Material for Trace Elements and Other Constituents) standart referans materyallerden ağır metal analizi yapılarak, Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından verilen sertifika değerleri ile kıyaslanmıştır (Tablo 1.) Hassasiyet dereceleri DORM 3 için %89-104 arasında, DOLT 4 için %95-108 arasında ve HISS 1 için %87-107 arasında değişiklik göstermiştir.

Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda yapılan metal analizlerinin sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Tabloya göre Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda Mo (molibden) her mevsim analiz limitinin altında (<0,0008) kalırken, Cu (bakır) ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde analiz limitinin altında (<0,0006) kalmıştır. Suda en fazla biriken metal Fe (demir), en az biriken metaller ise Cd (kadmium) ve Cr (krom) olmuştur. Atatürk Baraj Gölü (Karadede ve Ünlü, 2000; Uçkun vd., 2017), Demirköprü ve Avşar Baraj Gölleri (Özözen, 2005), Seyhan Baraj Gölü (Çevik vd., 2009; Güldiren ve Tekin-Özan, 2017), Gökçekaya Baraj Gölü (Karakoca ve Topçu, 2017), Avşar Baraj Gölü (Öztürk vd., 2009), Karataş Gölü (Başyigit ve Tekin-Özan, 2013) ve Işıklı Gölü (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017a)'nın sularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda Fe'in en yüksek düzeyde biriktiği belirlenmiştir.

Sudaki belirlenen metallerin minimum ve maksimum miktarları (ppb) Cd için 0,03-0,70, Cr için 0,11-4,19, Cu için 3,30-7,30, Fe için 25,01-1936,89, Mn (mangan) için 3,21-33,12, Ni (nikel) için 0,5-20,05, Pb (kurşun) için 31,34-115,00, Se (selenyum) için 4,63-35,80 ve Zn (çinko) için 1,26-181,44 arasında değişmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Cd, Cu, Mn, Ni ve Se'un sonbahar mevsiminde, Cu, Fe ve Zn'nun kış mevsiminde ve Pb'un yaz mevsiminde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Buna karşın Cd, Cu, Fe, Mn ve Zn'nun yaz mevsiminde, Cr, Ni ve Se'un ilkbahar mevsiminde ve Pb'un kış mevsiminde azaldığı saptanmıştır. Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda tespit edilen metal miktarlarının istatistiksel değerlendirilmesinde; Cd, Ni, Pb ve Se'un birikimi açısından mevsimler arasında önemli farklılıklar belirlenmişken (<0,05), Cr, Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn birikimi açısından mevsimler arasında önemli bir farklılığın olmadığı (>0,05) saptanmıştır.

Türkmen ve Akbulut (2015), Giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj oldukları noktada yaptıkları çalışmada sudaki Zn, Pb, Cr, Ni ve Cu'nun sonbaharda, Mn'in yazın azaldığını, Zn, Ni ve Cr'un ilkbaharda, Pb'un yazın arttığını belirlemişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2017) Seyhan Baraj Gölü'nün suyunda Cd, Cr, Fe, Mo, Ni ve Pb'un yaz mevsiminde, Se ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Mn'in kış mevsiminde, Cu'nun ise ilkbahar mevsiminde arttığını, Cr, Se ve Zn'nun ilkbahar mevsiminde, Mn ve Mo'nun miktarının sonbahar mevsiminde, Cu, Fe, Ni ve Pb'un miktarının ise kış mevsiminde azaldığını saptamışlardır. Işıklı Gölü'nün suyunda Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Se'un yaz mevsiminde, Cd, Mo ve Zn'nun ilkbaharda arttığı, Cd, Cr, Mo ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Cu ve Se'un ilkbahar mevsiminde, Fe, Mn ve Ni'in kış mevsiminde azaldığı belirlenmiştir (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017a). Metallerin genel olarak yaz ve kış mevsimlerindeki azalışı gölde oluşan durgunluk sebebiyle su kolonundaki metallerin dibe çökmesinden kaynaklanmış olabilir. Sonbahar mevsimindeki artış ise hem bölgedeki atmosfer sıcaklığına bağlı olarak yoğun buharlaşmanın devam etmesine hem de sirkülasyon ile su kolonuna metal geçişinin olmasına bağlanabilir.

Tablo 1. Standart referans materyallerin sertifika değerleri, belirlenen değerleri ve hassasiyet dereceleri

Metal	DORM 3 Sertifika değerleri	DORM 3 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)	DOLT 4 Sertifika değerleri	DOLT 4 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)	HIIS 1 Sertifika değerleri	HIIS 1 Belirlenen değerler	Hassasiyet derecesi (%)
Cd	0,290±0,02	0,30±0,02	103	24,3±0,8	23,5±0,10	96	0,024±0,009	0,021±0,002	87
Cr	1,89±0,17	1,98±0,01	104	-	-	-	30,0±6,8	29,4±5,21	98
Cu	15,5±0,63	14,5±0,39	93	31,2±1,1	32,2±0,9	103	2,29±0,37	2,18±0,06	95
Fe	347±20	360±18,1	103	1833±75	1765±51	96	-	-	-
Mn	-	-	-	-	-	-	66,1±4,2	66,8±2,8	101
Mo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ni	1,28±0,24	1,19±0,21	92	0,97±0,11	0,83±0,02	95	2,16±0,29	2,11±0,31	97
Pb	0,395±0,05	0,354±0,07	89	-	-	-	3,13±0,40	3,21±0,01	102
Se	-	-	-	8,3±1,3	9,0±0,54	108	0,050±0,007	0,052±0,008	104
Zn	51,3±3,1	52,9±2,8	103	116±6	125±1,2	107	4,94±0,79	5,3±0,55	107

Tablo 2. Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda belirlenen ağır metallerin miktarları (ppb)

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	0,14-0,63 0,45±0,27 ^{b*}	0,38-2,33 1,30±0,97 ^a	7,20-7,30 7,25±0,05 ^a	204,03-1936,69 791,54±997,83 ^a	3,56-33,12 18,64±11,61 ^a	ALA	1,94-18,48 8,68±4,23 ^b	31,34-73,03 45,32±2,99 ^a	7,20-8,90 7,94±0,86 ^b	20,19-181,44 79,64±8,57 ^a
İlkbahar	0,33-0,51 0,43±0,09 ^{ab}	0,21-0,25 0,23±0,02 ^a	ALA ^{**}	118,63-379,96 243,65±13,03 ^a	7,20-7,74 7,54±0,3 ^a	ALA	0,5-0,8 0,67±0,05 ^{ab}	88,16-106,18 97,52±9,03 ^a	4,63-8,01 6,30±1,69 ^a	5,99-12,33 8,73±3,25 ^a
Yaz	0,03-0,37 0,15±0,08 ^{ab}	0,24-0,61 0,36±0,02 ^a	3,30-3,60 3,45±0,15 ^a	25,01-41,44 33,27±8,21 ^a	3,21-5,36 4,48±1,13 ^a	ALA	2,53-3,86 3,18±0,66 ^a	100-115 109,94±8,61 ^b	15,55-21,66 19,563,47 ^a	1,26-12,31 5,46±1,97 ^a
Sonbahar	0,60-0,70 0,65±0,05 ^a	0,11-4,19 2,23±2,04 ^a	ALA	69,66-784,42 480,93±36,96 ^a	21,32-25,08 22,84±1,98 ^a	ALA	12,00-20,05 16,12±4,02 ^a	44,63-77,27 59,16±16,60 ^b	14,07-35,80 26,87±11,37 ^b	19,62-179,53 76,23±8,59 ^a

*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

**Analiz Limitinin Altında

Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde yapılan metal analizlerinin sonuçları Tablo 3'de görülmektedir. Tabloya göre Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde tüm metaller her mevsimde belirlenmiştir. Aynen suda olduğu gibi sedimentte de en fazla biriken metal Fe, en az biriken metal ise Cd olmuştur. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da Atatürk Baraj Gölü'nün (Karadede ve Ünlü, 2000), Seyhan Baraj Gölü'nün (Güldiren ve Tekin-Özan, 2017), Enne ve Porsuk Baraj Göllerinin (Uysal vd., 2010), Kapulukaya Baraj Gölü'nün (Kankılıç, 2019), Karasu Nehri'nin (Sökmen vd., 2018), Eğirdir Gölü'nün (Kaptan ve Tekin-Özan, 2014) sedimentinde benzer sonuçlar bulunmuştur. Hem sedimentte hem de suda Fe'in en yüksek seviyedeki metal olması Fe'in yer kabuğunda en fazla bulunan metallere biri olmasıyla açıklanabilir. Cd'un düşük oranda bulunması ise sedimentteki organik maddelerin bileşiminde Cd'un düşük oranda bulunmasıyla ilgili olabilir (Baron vd., 1990).

Sedimentte belirlenen metallerin minimum ve maksimum miktarları (mg/kg) Cd için 0,003-0,06, Cr için 2,26-11,08, Cu için 0,41-3,84, Fe için 88,99-3130,97, Mn için 3,70-52,14, Mo için 0,21-0,49, Ni için 0,80-10,09, Pb için 1,16-20,29, Se için 1,66-12,80 ve Zn için 4,50-11,02 arasında değişmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak yapılan değerlendirmede Mo (sonbahar mevsiminde) hariç tüm metallerin miktarlarının yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşın Cu, Mn, Ni, Cr, Fe ve Zn'nun ilkbahar mevsiminde, Cd ve Pb'nun sonbahar mevsiminde, Se'un kış mevsiminde ve Mo'in ise yaz mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Sedimentte tespit edilen metal miktarlarının istatistiksel değerlendirilmesinde; Se'un birikimi açısından mevsimler arasında önemli farklılıklar belirlenmişken (<0,05), diğer metallerin birikimi açısından mevsimler arasında önemli bir farklılığın olmadığı (>0,05) saptanmıştır.

Türkmen ve Akbulut (2015), Giresun sahilindeki bazı derelerin denize deşarj oldukları noktada yaptıkları çalışmada sedimentteki Cd ve Pb'un yazın, Fe, Cu, Zn, Ni, Cr ve Co'nun kış mevsiminde arttığını bildirmişlerdir. Kankılıç vd. (2019) Kapulukaya Baraj Gölü'nün sedimentindeki metal miktarlarının yaz mevsiminde arttığını tespit etmişlerdir. Sancer ve Tekin-Özan (2016) Kovada Gölü'nün sedimentindeki metal seviyelerinin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde arttığını, sonbahar mevsiminde azaldığını bildirmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2017) Seyhan Baraj Gölü'nün sedimentinde Cd, Cr, Fe, Mo, Ni ve Pb'un yaz mevsiminde, Se ve Zn'nun sonbahar mevsiminde, Mn'in kış mevsiminde, Cu'nun ise ilkbahar mevsiminde arttığını, Cr, Se ve Zn'nun miktarının ilkbahar mevsiminde, Mn ve Mo'nun miktarının sonbahar mevsiminde ve Cu, Fe, Ni ve Pb'un miktarının ise kış mevsiminde azaldığını saptamışlardır. Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde yaz mevsiminde metal miktarlarının artmasının sebebi hem gölde oluşması muhtemel yaz durgunluğu hem de yaz döneminde göl etrafında artan turizm faaliyetleri nedeniyle göle kirletici madde girişi olması ihtimali olabilir. Bahar aylarındaki azalış ise gölde oluşabilecek karışım nedeniyle sedimentteki metallerin su kolonuna geçmesine bağlı olabilir.

Oymapınar Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas, karaciğer ve solungaçlarında belirlenen ağır metallerin miktarları Tablo 4'de verilmiştir. Analizi yapılan tüm metaller her mevsimde tüm dokularda belirlenmiştir.

Balık örneklerinde yapılan analiz sonucu kastaki Cd miktarının 0,029-0,32 mg/kg, karaciğerdeki miktarın 0,19-2,23 mg/kg, solungaçtaki miktarın ise 0,01-0,33 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Kastaki Cd miktarı sonbaharda artarken, ilkbahar mevsiminde azalmıştır. Karaciğerdeki ve solungaçtaki düzeyinin yaz mevsiminde arttığı, ilkbahar mevsiminde azaldığı tespit edilmiştir. Kastaki Cd miktarının değişimi tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önem (<0,05) taşımaktadır. Karaciğerdeki Cd miktarı kış ve ilkbaharda diğer mevsimlere göre önemli (<0,05) bulunmuşken ve solungaçtaki Cd düzeyinin mevsimler arasındaki değişimi önemli bulunmamıştır (>0,05). Cr miktarı kasta 3,80-8,09 mg/kg, karaciğerde 4,60-22,89 mg/kg ve solungaçta ise 3,45-7,93 mg/kg arasında değişmiştir. Kasta Cr miktarı kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde artmıştır. Her 3 dokuda da Cr konsantrasyonu sonbahar mevsiminde azalmıştır. Kasta Cr seviyesinin mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği (>0,05) belirlenmiştir. Karaciğerde ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan önemli fark olduğu (<0,05) tespit edilmiştir. Solungaçta ise yaz mevsimindeki birikiminin diğer mevsimlere göre farklı (<0,05) olduğu tespit edilmiştir. Cu düzeyinin kasta 0,69-5,21 mg/kg, karaciğerde 2,88-13,93 mg/kg, solungaçta ise 0,65-6,34 mg/kg arasında değiştiği belirlenmiştir. Cu kasta ve solungaçta yaz mevsiminde, karaciğerde ise ilkbahar mevsiminde artış gösterirken, kasta ilkbaharda, karaciğerde yaz mevsiminde ve solungaçta sonbaharda azalmıştır. Kas ve karaciğerde Cu düzeyi bakımından tüm

mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir ($>0,05$). Solungaçta ise yaz ve sonbahar mevsimlerindeki

Tablo 3. Oymapınar Baraj Gölü'nün sedimentinde belirlenen ağır metallerin miktarları (mg/kg)

Mevsim	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	0,01-0,06	2,40-7,39	0,55-2,97	118,26-1312,89	3,70-31,74	0,28-0,44	1,04-5,47	2,03-5,37	1,66-2,90	4,77-7,07
	0,026±0,01 ^{a*}	4,37±2,65 ^a	1,97±0,26 ^a	719,50±97,35 ^a	17,16±4,04 ^a	0,33±0,09 ^a	2,71±2,40 ^a	3,79±1,67 ^a	2,16±0,65 ^a	6,22±1,26 ^a
İlkbahar	0,003-0,02	2,39-3,98	0,57-0,84	133,34-509,91	5,27-18,93	0,22-0,49	1,06-2,25	1,86-6,54	3,90-7,02	4,50-8,22
	0,01±0,006 ^a	3,04±0,83 ^a	0,67±0,14 ^a	301,63±19,14 ^a	10,37±7,46 ^a	0,31±0,14 ^a	1,51±0,63 ^a	3,92±2,38 ^a	5,35±1,57 ^{ab}	5,81±2,08 ^a
Yaz	0,02-0,04	2,26-11,08	0,41-3,84	88,99-3130,97	4,33-52,14	0,27-0,33	0,80-9,98	1,90-20,29	5,28-12,80	5,85-10,81
	0,03±0,001 ^a	6,87±2,24 ^a	2,12±0,71 ^a	1948,97±630,38 ^a	28,91±3,93 ^a	0,29±0,03 ^a	6,08±1,74 ^a	6,29±2,20 ^a	8,91±1,76 ^b	8,42±2,48 ^a
Sonbahar	0,01-0,03	2,74-8,18	0,67-2,85	130,52-1907,22	5,91-29,54	0,21-0,49	1,20-10,09	1,16-6,91	2,32-4,68	5,39-11,02
	0,016±0,008 ^a	4,90±2,88 ^a	1,86±1,10 ^a	1015,24±888,37 ^a	18,49±11,89 ^a	0,34±0,14 ^a	4,49±2,87 ^a	3,30±1,31 ^a	3,17±1,31 ^a	8,34±2,82 ^a

*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

Tablo 4. Sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'ın farklı dokularında tespit edilen bazı ağır metallerin maksimum, minimum, ortalama değerleri (mg/kg) ve standart sapmaları

Mevsim	Doku	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
Kış	Kas	0,06-0,32	4,24-8,09	0,69-1,59	84,43-171,04	3,58-7,37	0,52-0,97	1,13-2,32	4,61-6,55	2,79-3,21	12,27-19,02
		0,19±0,13 ^{bc*}	5,71±2,07 ^a	1,04±0,47 ^a	118,07±46,42 ^a	5,00±2,06 ^a	0,78±0,23 ^a	1,66±0,60 ^a	5,72±1,00 ^a	3,01±0,21 ^b	14,80±3,67 ^a
	Karaciğer	1,41-2,23	4,60-6,12	4,72-5,82	531,92-787,86	5,60-7,71	0,98-1,26	1,43-2,06	2,15-4,87	7,61-8,91	546,32-834,59
		1,73±0,43 ^b	5,53±0,81 ^a	5,42±0,61 ^a	660,90±127,98 ^a	6,97±1,19 ^a	1,11±0,13 ^a	1,77±0,32 ^a	3,54±1,36 ^a	8,39±0,69 ^c	710,11±148,10 ^{ab}
Solungaç	0,02-0,33	5,07-5,95	1,64-2,05	292,27-364,42	11,80-23,22	0,52-0,62	1,37-1,93	5,01-8,62	3,84-3,94	401,69-899,65	
	0,13±0,06 ^a	5,43±0,45 ^a	1,89±0,22 ^{ab}	319,61±39,11 ^{ab}	15,62±6,57 ^a	0,56±0,04 ^a	1,67±0,28 ^a	6,72±1,81 ^a	3,87±0,05 ^b	584,04±274,42 ^a	
İlkbahar	Kas	0,03-0,14	4,31-5,08	0,77-4,53	84,38-144,37	3,59-5,28	0,38-0,67	1,28-1,51	2,76-8,05	1,76-2,70	11,55-40,88
		0,09±0,06 ^{ab}	4,71±0,38 ^a	2,27±1,99 ^a	113,72±30,01 ^a	4,45±0,84 ^a	0,49±0,15 ^a	1,36±0,12 ^a	5,12±2,69 ^a	2,37±0,52 ^{ab}	27,42±14,80 ^a
	Karaciğer	0,19-0,47	8,37-22,89	3,59-13,93	679,42-2461,13	12,32-30,12	1,00-3,54	3,92-9,42	2,51-5,46	3,20-4,80	140,13-528,20
		0,33±0,13 ^a	13,96±7,81 ^b	9,88±5,52 ^a	1367,02±957,89 ^a	18,28±10,24 ^b	1,86±1,45 ^a	5,82±3,11 ^b	3,80±1,50 ^a	4,10±0,82 ^a	281,38±214,49 ^a
Solungaç	0,02-0,03	5,21-6,35	2,09-3,37	593,62-732,55	14,45-23,24	0,54-0,68	2,18-2,90	2,16-2,80	1,63-2,50	521,72-615,18	
	0,025±0,008 ^a	5,78±0,56 ^a	2,79±0,64 ^{ab}	645,02±76,18 ^c	17,46±5,00 ^a	0,62±0,07 ^a	2,61±0,38 ^b	2,57±0,35 ^a	2,16±0,46 ^a	559,12±49,43 ^a	
Yaz	Kas	0,26-0,29	3,81-6,58	1,87-5,14	107,15-195,20	3,51-5,75	0,30-0,69	1,20-1,57	0,35-6,13	1,02-1,22	32,32-95,48
		0,27±0,012 ^c	5,03±1,41 ^a	3,49±1,63 ^a	138,58±49,12 ^a	4,48±1,14 ^a	0,47±0,19 ^a	1,34±0,19 ^a	3,12±2,89 ^a	1,12±0,10 ^a	55,40±34,83 ^a
	Karaciğer	0,60-2,07	5,37-6,27	2,88-5,46	264,44-476,91	7,29-8,14	0,97-1,80	1,73-2,17	1,30-6,59	6,05-7,65	427,63-1398,69
		1,29±0,73 ^{ab}	5,91±0,47 ^a	4,56±1,45 ^a	403,02±120,10 ^a	7,65±0,43 ^{ab}	1,28±0,45 ^a	1,87±0,25 ^a	3,37±2,81 ^a	6,76±0,81 ^b	1030,79±526,54 ^b
Solungaç	0,01-0,12	6,81-7,93	2,86-6,34	393,57-548,17	15,32-18,86	0,81-0,90	1,87-2,41	5,28-10,11	2,37-4,23	692,54-876,66	
	0,06±0,05 ^a	7,28±0,58 ^b	4,02±2,00 ^b	445,86±88,60 ^b	17,40±1,85 ^a	0,86±0,04 ^a	2,20±0,29 ^{ab}	7,92±2,44 ^a	3,03±1,03 ^{ab}	786,92±92,14 ^a	
Sonbahar	Kas	0,029-0,032	3,80-5,31	1,19-5,21	142,29-175,92	4,25-5,47	0,39-0,52	1,28-1,51	1,88-5,29	1,48-3,95	29,45-55,26
		0,31±0,001 ^a	4,68±0,78 ^a	2,81±2,11 ^a	159,48±16,82 ^a	5,01±0,66 ^a	0,46±0,06 ^a	1,38±0,11 ^a	3,68±1,71 ^a	2,96±1,30 ^b	38,66±14,40 ^a
	Karaciğer	0,64-1,81	6,35-9,14	4,86-13,53	416,26-722,16	7,39-13,95	1,14-1,52	2,34-3,60	6,22-14,12	7,46-9,32	611,32-895,15
		1,25±0,58 ^{ab}	8,07±1,50 ^{ab}	8,15±4,69 ^a	582,84±154,75 ^a	10,85±3,29 ^{ab}	1,30±0,18 ^a	3,10±0,67 ^{ab}	9,32±4,21 ^b	8,40±0,93 ^c	727,29±148,85 ^{ab}
Solungaç	0,04-0,15	3,45-5,51	0,65-2,33	82,93-351,73	13,74-21,29	0,26-0,98	0,97-1,88	2,73-12,80	2,94-4,22	480,88-596,53	
	0,09±0,05 ^a	4,74±1,12 ^a	1,62±0,87 ^a	242,25±141,16 ^a	17,48±3,77 ^a	0,67±0,36 ^a	1,52±0,48 ^a	7,23±5,11 ^a	3,70±0,68 ^b	529,22±60,11 ^a	

*Her bir parametre sütununda aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark 0.05 düzeyinde önemsizdir.

birikimin diğer mevsimlere göre farklı olduğu ($<0,05$) saptanmıştır. Kastaki Fe miktarı 84,38-195,20 mg/kg, karaciğerdeki 264,44-2461,13 mg/kg, solungaçtaki ise 89,93-732,55 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Kastaki Fe seviyesi sonbaharda, karaciğerde ve solungaçtaki ise ilkbaharda artış göstermiştir. Kastaki Fe ilkbaharda, karaciğerdeki Fe yaz mevsiminde, solungaçtaki Fe ise sonbahar mevsiminde azalmıştır. Kas ve karaciğerdeki Fe birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ($>0,05$). Solungaçtaki Fe birikimi ise tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark göstermiştir ($<0,05$). Mn konsantrasyonunun kasta 3,51-7,37 mg/kg, karaciğerde 5,60-30,12 mg/kg, solungaçtakinin ise 11,80-23,24 mg/kg arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kasta ve solungaçta Mn miktarı sonbaharda, karaciğerde ilkbaharda artış göstermiş olup kasta ilkbaharda, karaciğer ve solungaçta ise kış mevsiminde azalmıştır. Kas ve solungaçta Mn düzeyi açısından tüm mevsimler arasındaki istatistiki ilişkinin önemli olmadığı ($>0,05$) tespit edilmiştir. Karaciğerde ise kış ve ilkbahar ile diğer mevsimler arasında önemli fark olduğu ($<0,05$) saptanmıştır. Mo miktarının kasta 0,30-0,97 mg/kg, karaciğerde 1,11-3,54 mg/kg, solungaçta ise 0,26-0,98 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerlere göre kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbahar mevsiminde, solungaçta ise yaz mevsiminde arttığı belirlenmiştir. Buna karşılık kasta sonbaharda, karaciğer ve solungaçta kış mevsiminde Mo miktarının azaldığı görülmüştür. Ayrıca, tüm dokularda Mo birikimi açısından mevsimler arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık görülmemiştir ($>0,05$). Ni düzeyleri kasta 1,13-2,41 mg/kg, karaciğerde 1,43-9,42 mg/kg, solungaçta ise 0,97-2,90 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ni konsantrasyonu kasta kış mevsiminde, karaciğer ve solungaçta ise ilkbaharda artış gösterirken, kasta yaz mevsiminde, karaciğerde kış mevsiminde ve solungaçta sonbahar mevsiminde azalmıştır. Ni miktarının kasta tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği belirlenmiştir ($>0,05$). Karaciğerde yaz ve kış mevsimlerindeki birikimin, solungaçta ise ilkbahar ve yaz mevsimlerindeki birikimin diğer mevsimlere göre istatistiksel açıdan farklı olduğu ($<0,05$) saptanmıştır. Pb miktarının kasta 0,35-8,05 mg/kg, karaciğerde 1,30-14,12 mg/kg, solungaçta ise 2,16-12,80 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre; kasta Pb birikiminin kış mevsiminde, karaciğerde sonbaharda ve solungaçta ise yaz mevsiminde arttığı gözlemlenmiştir. Kasta ve karaciğerde Pb'un yaz mevsiminde, solungaçta ise ilkbaharda azaldığı saptanmıştır. Tüm dokularda Pb miktarı bakımından tüm mevsimler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmadığı ($>0,05$) saptanmıştır. Se konsantrasyonunun kasta 1,02-3,95 mg/kg, karaciğerde 3,20-9,32 mg/kg, solungaçta ise 1,63-4,23 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kas, karaciğer ve solungaçtaki Se miktarının kış mevsiminde arttığı, kastaki konsantrasyonunun yaz mevsiminde, karaciğer ve solungaçtaki Se düzeyinin ise ilkbahar mevsiminde azaldığı belirlenmiştir. Kasta Se miktarının ilkbahar ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre, karaciğerdeki ve solungaçtaki miktarın ilkbahar ve yaz mevsimlerinde diğer mevsimlere göre istatistiki açıdan önemli farklılıklar gösterdiği ($<0,05$) saptanmıştır. Zn konsantrasyonunun kasta 11,55-95,48 mg/kg, karaciğerde 140,13-1398,69 mg/kg, solungaçta 401,69-899,65 mg/kg arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm dokulardaki Zn konsantrasyonu yaz mevsiminde artış gösterirken, Zn miktarının kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta sonbaharda azaldığı belirlenmiştir. Kasta ve solungaçtaki Zn birikiminin tüm mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermediği ($>0,05$) belirlenmiş olup, karaciğerde ilkbahar ve yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre önemli farklılık olduğu ($<0,05$) saptanmıştır. Mevsimsel olarak elde edilen sonuçlar genellendiğinde metallerin kasta kış mevsiminde, karaciğerde ilkbaharda ve solungaçta yaz mevsiminde arttığı, kasta ilkbaharda ve solungaçta ise sonbaharda azaldığı saptanmıştır. Karaciğerdeki metal azalışı mevsimsel olarak birbirine benzerlik göstermektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda da balıklardaki metallerin mevsimsel değişimleri ortaya konmuştur. Eastwood ve Couture (2002), Ontario Gölü (Kanada)'nde yaşayan *Perca flavescens*'in karaciğerindeki Cu miktarının ilkbahar mevsiminde, Zn ve Mn miktarlarının ise sonbahar mevsiminde arttığını tespit etmişlerdir. Canpolat ve Çalta (2003), Keban Baraj Gölü'nde yaşayan *Capoeta capoeta*'daki metallerin ilkbahar ve yaz mevsiminde arttığını, sonbahar ve kış mevsiminde azaldığını belirtmişlerdir. Tekin-Özan ve Aktan (2012) Işıklı Gölü'nde yaşayan sazanın dokularındaki metal miktarlarının yaz ve kış mevsimlerinde arttığını, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde azaldığını belirtmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Özan (2018) Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan sazanın kas ve karaciğerindeki metallerin kış mevsiminde, solungaçtaki metallerin ise yaz mevsiminde arttığını bildirmişlerdir. Metallerin balık dokusundaki mevsimsel değişimi suyun fiziko-kimyasal parametrelerine, balığın yaşına, balığın beslenme rejimine, balığın metabolizmasına, ekolojik

ihtiyaçlarına, analizi yapılan metale ve çalışılan dokuya göre farklılık gösterebilir (Newman and Doubet 1989; Philips, 1990; Göksu, 2003). Karaciğer ve solungaçtaki metallerin ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artması artan su sıcaklığına bağlı olarak balıkların metabolizma hızlarının artmasına bağlı olabilir. Özellikle yaz aylarında pH'nın düşmesi ile birlikte metaller daha çözünür hale geldiklerinden solungaçlar her soluk alışverişinde daha fazla metale maruz kalmaktadır (Newman ve Doubet, 1989; Philips, 1990)

Genel olarak tespit edilen veriler incelendiğinde Cd, Cr, Cu, Fe, Mo, Ni, Se ve Zn birikiminin Karaciğer>Solungaç>Kas şeklinde, Mn ve Pb birikiminin Solungaç>Karaciğer>Kas şeklinde olduğu belirlenmiştir. Benzer sonuçlar Altinyazı Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*, *Blicca bjoerkna*, *Perca fluviatilis* ve *Sander lucioperca*'da (Çetin vd., 2016), Atatürk Baraj Gölü'nde yaşayan *Silurus triostegus*, *Chalcalburnus tarichi*, *Chondrostoma regium* ve *Carassius carassius*'da (Fırat vd., 2018), Bafa Gölü'nde yaşayan *Mugil cephalus*'da (Öner ve Metli, 2021), Avşar Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Öztürk vd., 2009), Seyhan Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Güldiren ve Tekin-Özan, 2018), Işıklı Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'da (Tekin-Özan ve Aktan, 2012) ve *Esox lucius*'da (Gülcü-Gür ve Tekin-Özan, 2017b) belirlenmiştir. Karaciğer, hem metabolizmada aktif olarak rol almasından hem de metal bağlayan proteinler olan metalloproteinlerin üretildiği organ olması açısından metallerin depolandığı önemli bir organdır (Al-Yousuf vd., 2000; Liu vd., 2012;). Solungaçlar, hem bir balığın dış yüzey alanının yaklaşık yarısından fazlasını oluşturması hem de saatte oldukça fazla suyun geçiş yaptığı önemli bir dokudur. Dolayısıyla metallerin vücuda girişinde oldukça aktif bir role sahiptir (Tao vd., 1999). Solungaçlar solunum suyunda bulunan kimyasallara ilk ve doğrudan sürekli olarak temas eden yapılardır. Solunum suyuyla birlikte alınan metaller solungaçlardaki mukuslara yapışır ve solungaç lamellerinden solunum suyu geçerken metaller lamellerin arasında kalır. Böylece solungaçlardaki metal konsantrasyonu yüksek miktarlara ulaşabilir (Heath, 1995). Kas dokusunda metallerin düşük seviyede birikmesi ise kasın metabolik olarak aktif bir organ olmaması ile açıklanabilir (Karadede vd., 2004).

SONUÇ

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından verilen Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine (SKKY) göre; Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunun Fe değerlerine göre tüm mevsimlerde 2. kalite sınıfında, Pb değerlerine göre tüm mevsimlerde 4. kalite sınıfında, Se değerlerine göre yaz mevsiminde 3. kalite ve sonbaharda 4. kalite sınıfında olduğu, diğer tüm metallerin değerlerine göre ise 1. kalite sınıfında olduğu belirlenmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008). Ayrıca Oymapınar Baraj Gölü'nün suyunda belirlenen metal miktarları ile ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2018), Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2017) ve Avrupa Birliği (EU, 2020) tarafından verilen ağır metallerin sularda kabul edilebilir değerleri ile kıyaslanmıştır. EPA kriterlerine göre Cd, Se ve Zn'nun tüm mevsimlerde ve Fe'in yaz mevsiminde sınır değerlerin altında olduğu, Fe'in kış, ilkbahar ve sonbaharda sınır değerlerin üstünde olduğu, WHO kriterlerine göre Cd, Cr, Cu, Ni ve Se'un tüm mevsimlerde sınır değerlerin altında olduğu, Pb'un tüm mevsimlerde sınır değerlerin üstünde olduğu ve EU kriterlerine göre Cd, Cr, Mn ve Ni'in tüm mevsimlerde, Fe'in yaz mevsiminde ve Se'un yaz, ilkbahar ve kış mevsimlerinde sınır değerlerin altında olduğu, Cu'nun tüm mevsimlerde, Fe'in kış, ilkbahar ve sonbaharda, Pb'un tüm mevsimlerde ve Se'un sonbaharda sınır değerlerin üstünde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Fe, Pb, Cu ve Se dışındaki metaller açısından göl suyunun herhangi bir tehlike arz etmediği ancak Fe ve Pb miktarlarının tehlikeli boyutlara ulaştığı söylenebilir.

MacDonald vd. (2000) tarafından verilen sediment kalite kriterlerine göre yapılan değerlendirmede Oymapınar Baraj Gölü sedimentinde ölçümü yapılan ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) konsantrasyonlarının dört eşik etki değerinin (LEL-en düşük etki seviyesi, MET- minimum etki eşik seviyesi, TET- toksik etki seviyesi, SEL- şiddetli etki seviyesi) de altında olduğu ve sedimentte yaşayan canlılara olumsuz etki göstermediği belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda balık dokularında belirlenen metallerin miktarları Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 1996)'nün, Avrupa Komisyonu (EC, 2006)'nun, Türk Gıda Kodeksi (2002; 2011)'nin, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün ve Avrupa Birliği (EU, 2001)'nin belirlediği ağır metallerin balık dokularında kabul edilebilir miktarları ile kıyaslanmıştır. Buna göre Cd; kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde Avrupa Komisyonu (EC, 2006) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün balık dokuları için belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Pb tüm mevsimlerde yukarıda sözedilen tüm kurum ve kuruluşların verdiği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır. Zn yaz

mevsiminde Dünya Sağlık Örgütü (WHO,1996)'nün, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün ve Türk Gıda Koteksi (2011)'nin, yaz ve sonbaharda ise Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 2003)'nün belirlediği kabul edilebilir değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Oymapınar Baraj Gölü'nde artmaya meyilli bir metal kirliliği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen metal seviyeleri genel olarak aşırı yüksek olmasa da ülkemizdeki başka göllerin kirlilik durumları düşünüldüğünde Oymapınar Baraj Gölü'nün kirlilik seviyesi artmadan gereken tedbirlerin alınması önem arz etmektedir. Özellikle turizm faaliyetleri gölün kirlenme kapasitesi gözönüne alınarak düzenlenmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (Proje No: 4963-YL1-17) tarafından desteklenmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Aktop, Y., & Çağatay, İ.T. (2020). Ağır metallerin balıklarda birikimi ve etkileri. *Menba Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(1), 37-44.
- Al-Yousuf, M. H., El-Shahawi, M. S., & Al-Ghais, S. M. (2000). Trace elements in liver, skin and muscle of *Lethrinus lentjan* fish species in relation to body length and sex. *The Science of the Total Environment*, 256, 87-94.
- American Public Health Assosiciation (APHA). (1985). Standart Methods for Examination of Water and Wastewater. 16th Edition, Washington DC: American Public Health Assosiciation.
- American Public Health Assosiciation (APHA). (1998). Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th ed., American Public Health Association, Washington, DC, 874p.
- Anonim, (2004). Stratejik Çevresel Değerlendirme Raporu, Oymapınar Turizm Gelişim Projesi, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 60 s.
- Aykurt, H., & Altınok, Y. (2009). Oymapınar Barajı tetiklenmiş deprenselliği ve deprem karakteristiklerinin incelenmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 22(1), 49-66.
- Baron, J., Legret, M., & Astruc, M. (1990). Study of interactions between heavy metals and sewage sludge: Determination of stability constants and complexes formed with Cu and Cd. *Environmental Technology*, 11, 151-162.
- Başığit B., & Tekin-Özan S., 2013. Concentration of some heavy metals in water, sediment and tissues of pikeperch (*Sander lucioperca*) from Karataş Lake related to physico-chemical parameters, fish size and seasons, *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (3): 633-644.
- Begenirbaş, A.S.C. (2002). Porsuk Çayı (Kütahya Bölümü)'ndeki tatlı su midyesi (*Unio sp.*)'nde bazı ağır metallerin araştırılması. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, Eskişehir.
- Canpolat, Ö., & Çalta, M. (2003). Heavy metals in some tissues and organs of *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) fish species in relation to body size, age, sex and seasons. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12, 961-966.
- Cicik, B. (2003). Bakır-çinko etkileşiminin sazan (*Cyprinus carpio L.*)'ın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi üzerine etkileri, *Ekoloji*, 12 (48), 32-36.
- Çetin, E., Güler, H., & Gaygusuz, Ç. G. (2016). Altinyazı Baraj Gölü'nde (Edirne-Türkiye) yaşayan bazı balık türlerinde ağır metal birikimlerinin incelenmesi. *Turkish Journal of Aquatic Sciences*.31(1), 1-14.
- Çevik, F., Göksu, L., Deric, B., & Fındık, Ö. (2009). An assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan Dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, 309-317.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2008). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi gazete, 13.02.2008, No: 26786
- Dökmeci, İ. (1988). *Toksikoloji*. Nobel Tıp Kitap evi, İstanbul.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple Range and Multiple F Tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Eastwood, S.,& Couture, P. (2002). Seasonal variations in condition and liver metal concentrations of yellow perch (*Perca flavescens*) from a metal-contaminated environment. *Aquatic Toxicology*, 58, 43-56.
- EC. (2006). European Commission, Commission Regulation No 1881/2006 of 19 December 2006 *Setting Maximum Levels For Certain Contaminants In Foodstuffs*. Official Journal of The European Community. 2001; 77:1-13.
- Ellis, K.V., White, G., & Adn Warn, A.E. (1989). *Surface water pollution and its Control*. Antony Rome Ltd. Chippenham, Wiltshire.
- Engel, D. W., Sunda, W. G., & Fowler, B. A. (1981). Factors affecting trace metal uptake and toxicity to estuarine organisms. 1. Environmental parameters. In J. Vernberg., A. Calabrese., F.P. Thurberg. & W.B., Vernberg (Ed.), *Biological Monitoring of Marine Pollutants*. Academic press, Inc. 127-144.

- EPA. (2018). 2018 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 822-F-18-001 Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC.
- EU. (2001). Commission Regulation as regards heavy metals, Directive 2001/22/EC No. 466/2001.
- EU. (2020). Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption.
- FAO. (2003). Food and Agriculture Organization Heavy Metal Regulations-Faolex (2003). Legal Notice no. 66/2003. 2003.
- Fırat, Ö., Fırat, Ö., Çoğun, H.Y., Aytekin, T., Firidin, G., Temiz, Ö., Sağ, H., & Kargın, F. (2018). Atatürk Baraj Gölü'nün kirli ve temiz bölgelerinden yakalanan balıkların (*Silurus triostegus* Heckel, 1843, *Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811, *Chondrostoma regium* Heckel, 1843, *Carassius carassius* Linnaeus, 1758) dokularındaki ağır metal düzeylerinin karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14 (3), 173-183.
- Fisher, R.A. (1928). The general sampling distribution of the multiple correlation coefficient, *Proceeding of the Royal Society A*, 121 (788), 654-673.
- Goyer, R. A. (1986). Toxic effects of metals. In M.O., Amdur, J., Doull. & C.D., Klaassen (Ed.), *The Basic Science of Poisons*. Pergamon Press London, 623-680.
- Göksu, M.Z.L. (2003). *Su Kirliliği*. Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, Adana.
- Gülcü-Gür, B., & Tekin-Özan, S., (2017a). The investigation of heavy metal levels in water and sediment from Işıklı Lake (Turkey) in relation to seasons and physico-chemical parameters. *Journal of Aquaculture Engineering and Fish Research*. 3 (2): 87-96.
- Gülcü-Gür, B., & Tekin-Özan, S. (2017b). The seasonal variations of heavy metal levels in muscle, liver and gill of pike (*Esox lucius* L., 1758) inhabiting Işıklı Lake (Turkey). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 40-45.
- Güldiren, O., & Tekin-Özan, S. (2017). Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nın suyunda ve sedimentindeki bazı ağır metallerin mevsimsel değişimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Yalvaç Akademi Dergisi*, 2(1): 99-111.
- Güldiren, O., & Tekin-Özan, S. (2018). Seyhan Baraj Gölü (Adana)'nda yaşayan sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) kas, karaciğer ve solungaçlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 157-167.
- Heath, A. G. (1995). *Water Pollution and Fish Physiology*. CRP Press Inc. Florida.
- Kalay, M., & Karataş, S. (1999). Kadmiyumun *Tilapia nilotica*'nın kas, beyin ve kemik (omurga kemiği) dokularındaki birikimi. *Turkish Journal of Zoology*, 23 (3), 985-991.
- Kankılıç, G. B. (2019). Kapulukaya Barajı Aşağı Havzası sediment örneklerinde ağır metal kirlilik düzeylerinin değerlendirilmesi (Kızılırmak, Kırıkkale). *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 8(3), 903-913.
- Kaptan, H., & Tekin-Özan, S. (2014). Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazan'ın (*Cyprinus carpio* L., 1758) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *SDU Journal of Science (E-Journal)*, 9 (2), 44-60.
- Karadede, H., & Ünlü, E. (2000) Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41, 1371-1376.
- Karadede, H., Oymak, S.A., & Ünlü, E. (2004). Heavy metals in mullet, Liza abu, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30, 183-188.
- Karakoca, S., & Topçu, A. (2017). Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cage culture: Preliminary observations of surface sediment's chemical parameters and phosphorus release in Gökçekaya Reservoir, Turkey. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5, 12-23.
- Köse E., & Uysal K. (2008). Cinsi olgunluğa erişmemiş pullu sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ların kas, deri ve solungaçlarındaki ağır metal akümülyasyon oranlarının karşılaştırılması, *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17: 19-26.
- Küçük, F., Güçlü, S.S., & Gülle, İ. (2020). Manavgat Irmağı (Antalya) balık faunasının çeyrek asırlık değişimi. *Acta Aquatica Turcic.*, 16 (4), 433-446.
- Küçük, F., Gülle, İ., Güçlü, S.S., Erdoğan, Ö., & Atayeter, Y. (2011). Antalya İli içsu balıkları ve koleksiyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi. Bilimsel Araştırma Projeleri Sonuç Raporu (Proje No: 1354.M.08), Isparta.
- Levesque, H.M., Moon, T.W., Campbell, P.C.G., & Hontela A. (2002). Seasonal variation in carbohydrate and lipid metabolism of yellow perch (*Perca flavescens*) chronically exposed to metals in the field. *Aquatic Toxicology*. 60(3-4), 257-267.
- Liu J., Yin P., Chen B., Gao F., Song H., & Li M. (2016). Distribution and contamination assessment of heavy metals in surface sediments of the Luanhe River Estuary, northwest of the Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*. 109, 633-639.
- Liu, F., Ni, H.G., Chen, F., Lou, Z.X., Shen, H., Liu, L., & Wu, P. (2012). Metal accumulation in the tissues of grass carps (*Ctenopharyngodon idellus*) from fresh water around a copper mine in Southeast China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184 (7), 4289-4299.

- MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., & Berger, T. A. (2000). Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 39, 20-31.
- Newman, M.C., & Doubet, D.K. (1989). Size-dependence of mercury (II) accumulation kinetics in the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 18, 819-825.
- Oruçoğlu, K., & Beyhan, M. (2019). Göller Bölgesi göllerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*. 3(1),10-20.
- Öner, S., & Metli, M. (2021). Determination of heavy metal level in grey mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758) fish caught from Bafa Lake. *Kocatepe Veterinary Journal*, 14(1), 65-70.
- Özözen, G. (2005) Demirköprü ve Avşar Barajlarından alınan balık, su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa.
- Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., & Minareci, E. (2009). Determination of heavy metals in fish, water and sediments of Avşar Dam Lake in Turkey. *Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 6 (2): 73-80.
- Philips, D.J.H. (1990). Arsenic in aquatic organisms: A review, emphasising chemical speciation. *Aquatic Toxicology*, 16, 151- 186.
- Sağlam, N., & Cihangir, N., (1995). Ağır metallerin biyolojik süreçlerle biyosorbsiyonu çalışmaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 11, 157-161.
- Sancer, O., & Tekin-Özan, S. (2016). Seasonal changes of metal accumulation in water, sediment and *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steudel Growing in Lake Kovada (Isparta, Türkiye). *SDÜ Journal of Science (E-Journal)*, 11 (2), 45-60.
- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S.C., & Esteves da Silva, J.C.G. (1999). Sediments as monitors of heavy metal contamination in Ave river basin (Portugal): multivariate analysis of data. *Environmental pollution*, 105, 311-323.
- Sökmen, T. Ö., Güneş, M., & Kırıcı, M. (2018). Karasu Nehri'nden (Erzincan) alınan su, sediment ve *Capoeta umbla* dokularındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 5 (4), 578-588.
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., & Li, B. (1999). Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37, 352-357.
- Tekin-Özan, S., & Aktan, N. (2012). Relationship of heavy metals in water, sediment and tissues with total length, weight and seasons of *Cyprinus carpio* L., 1752 from Işıklı Lake (Turkey). *Pakistan Journal of Zoology*, 44 (5), 1405-1416.
- Tokatlı, C., Emiroğlu, Ö., Arslan, N., Köse, E., Çiçek, A., Dayıoğlu, H., & Başkurt, S. (2016). Maden Havzası balıklarında vücut ağırlığı ile ağır metal biyoakümülyasyon ilişkileri: Emet Çayı Havzası. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi C-Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji*. 4(2), 57-72.
- Türk Gıda Kodeksi. (2002). Gıda maddelerinde belirli bulaşanların maksimum seviyelerinin belirlenmesi hakkında tebliğ, türk gıda kodeksi yönetmeliği. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete (23 Eylül 2002), Sayı: 24885.
- Türk Gıda Kodeksi. (2011). *Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği*. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Resmi Gazete Tarihi: 29. 12. 2011, Resmi Gazete Sayısı: 28157, Ankara.
- Türkmen, A., & Türkmen, M. (2004). The seasonal variation of heavy metal in the suspended particulate material in the Iskenderun Bay (North-Eastern Mediterranean Sea, Turkey). *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21 (3-4), 307-311.
- Türkmen, A., & Akbulut, S. (2015). Giresun sahilindeki bazı derelerin denizle deşarj olduğu noktalardaki se ve sedimentte ağır metal kirliliği. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 (9), 707-714.
- Türkmen, M., Akyurt, İ., Zebel, S., & Türkmen, A. (2016). Giresun sahillerinde denize dökülen Aksu Deresi balıklarında metallerin biyolojik birikimi. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 6(14), 45-53.
- Türkmen, M., Zebel, S., & Türkmen, A. (2018). Doğu Karadeniz Sahili Batlama Deresi'nde dağılım gösteren bazı balık türlerinde ağır metal birikiminin değerlendirilmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6 (7), 858-862.
- Uçkun, A. A., Yoloğlu, E., & Uçkun, M. (2017). Seasonal monitoring of metals in water, sediment and mussel (*Unio mancus*) from Atatürk Dam Lake (Euphrates River). *Van Veterinary Journal*, 28 (2), 75-83.
- Uysal, K., Köse, E., Bülbül, M., Dönmez, M., Erdoğan, Y., Koyun, M., Ömeroğlu, Ç., & Özmal, F., (2009). The comparison of heavy metal accumulation ratios of some fish species in Enne Dam Lake (Kütahya/Turkey). *Environmental Monitoring and Assessment*, 157, 355-362.
- Uysal, K., Özden, Y., Çiçek, A., & Köse, E. (2010). Bioaccumulation ratios of sediment-bound heavy metals of Porsuk and Enne Dam Lakes (Kütahya/Turkey) to different tissues of common carp (*Cyprinus carpio*). *Istanbul University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25, 1-10.

- Uzunoğlu, O. (1999). Gediz Nehri'nden alınan su ve sediment örneklerinde bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Manisa
- Web 1. https://en.wikipedia.org/wiki/Oymapinar_Dam
- WHO (World Health Organization). (2017). Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. ISBN 978-92-4-154995-0, Geneva.
- WHO. (1996). Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (1996: Geneva, Switzerland), World Health Organization & Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Yozukmaz, A. (2017). Bafa Gölü su ve sedimenti ile askıda katı maddede ağır metal kirliliğinin araştırılması. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora" Tezi. Muğla.
- Yuan C., Shi J., He B., Liu J., Liang L., & Jiang G. (2004). Speciation of heavy metals in marine sediments from the East China sea by ICP–MS with sequential extraction. *Environment International*. 30, 769-783.
- Zhuang W., & Gao X. (2015). Distributions, sources and ecological risk assessment of arsenic and mercury in the surface sediments of the southwestern coastal Laizhou Bay, Bohai Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 99, 320-327.

Acta Aquatica Turcica

(e-ISSN: 2651-5474)

Copyright Release Form

Manuscript Submit Date:/...../.....

Manuscript Title :

The author(s) warrant(s) that;

- The manuscript is original and is not being forwarded for publish and assessment to publication elsewhere after sending *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.)
- The publishing, printing and distribution of the article is belong to the legal entity under name *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.).
- The written and visual materials such as the text, tables, figures and graphics etc. of the manuscript don't contain any copyright infringement, and the all legal permissions for them have been taken by the author(s).
- The all scientific, ethic and legal responsibility of the article is belong to author(s).

Notwithstanding the above, the Contributor(s) or, if applicable the Contributor's Employer, retain(s) all proprietary rights other than copyright, such as

- ✓ The patent rights,
- ✓ The using rights of the all authors will be published in book or other work without paying fees,
- ✓ The rights to reproduce the article for their own purposes provided are not sell under the seal of secrecy of distribution rights, and in accordance with the following conditions has been accepted by us.

Full Name, Address of Corresponding Author:

E-Mail : Signature :

Full Name	Address	Signature

Acta Aquatica Turcica
Phone : +90 246 2146401 Fax: +90 246 2146445
<http://dergipark.gov.tr/actaquatr>
actaquatr@isparta.edu.tr

Author Guidelines

Page Size	:A4 (21 cm x 29.7 cm)
Edge Interval	:Top: 2.5, lower: 2.5, left:2.5, right:2.5 , shrinkage: 0
Font style	:Except for these, the entire article should be set to 11punto-the first line of the paragraph starting at 0,5cm-before the line spacing-0 single line before / after the line spacing.
Address writing	:University (institution)-Faculty-Department-Province (Must be written county in foreign publications)
Abstract	:The abstract should not exceed 250 words.
Key words	:It should contain at least 3 (three), maximum 5 (five) words.
Decimal notation	:In Turkish articles, "(comma)" should be "." (Dot)" in English articles.
Table	:The table should be centered on the page.In-table scripts should be set to max 10punto. Footer, 8 point, left side of table.
Figure	:The figure and the figure should be centered on the page
Examples in-text references representation	:(Bilgin et al., 2006; Küçük, 2008; Ekici and Koca, 2009; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b; Anonymus, 2019), According Kubilay et al. (2006), According Boyacı and Durucan (2009) <i>etc</i>
Reference	:“APA” standard should be used. Journal names should be written clearly. No abbreviation should be made. https://www.adelaide.edu.au/writingcentre/referencing_guides/APA_styleGuide.pdf
How to Cite Something You Found on a Website in APA Style	https://blog.apastyle.org/apastyle/2010/11/how-to-cite-something-you-found-on-a-website-in-apa-style.html?_ga=2.171887075.2146134039.1550653734-57712603.1550653734

Sample Article

A Taxonomic Study on Zooplankton Fauna of Kiğı Dam Lake (Bingöl-Turkey)

Hilal BULUT

Firat University, Faculty of Fisheries, Elazığ, Turkey

* Sorumlu Yazar: hilalhaykir@gmail.com

Abstract

The present study was conducted to determine zooplankton fauna of Kiğı Dam Lake during September 2012 and August 2013 seasonally. The zooplankton samples were collected by using plankton net with the mesh size of 55µm horizontally and preserved in 4% formaldehyde. Total 22 taxa (16 Rotifera, 4 Cladocera, and 2 Copepoda) were identified in Kiğı Dam Lake.

Keywords: Kiğı Dam Lake, species distribution, zooplankton.

INTRODUCTION

The majority of zooplankton (Copepoda, Cladocera and Rotifera) transform the phytoplankton to animal protein (Cirik and Gökpınar, 1993), and they play a significant role in food chain. It was reported that some species are the indicators of water quality, and eutrophication due to their sensitivity to environmental changes and therefore zooplankton studies on lakes have acquired significant importance (Berzins and Pejler, 1987; Mikschi, 1989).

Many studies were carried on zooplankton in Turkey (Özdemir and Şen, 1994; Göksu et al., 1997, 2005; Saler and Şen, 2002; Bozkurt and Sagat, 2008; Bulut and Saler, 2013a, 2013b; 2014a, 2014b; Saler et al., 2015a, 2015b). No previous research about zooplankton of Kiğı Dam Lake has been recorded. In this study zooplankton species and their seasonal variations of Kiğı Dam Lake have been investigated.

MATERIAL and METHODS

Kiğı Dam Lake was built on Peri Stream between 1997 and 2003. The maximum water capacity is 507.55 hm³ and has surface area 8.35 km² and maximum depth of 168 m (Şimşek, 2016) (Figure.1). The species were identified according to Edmondson (1959), Flössner (1972), Ruttner-Kolisko (1974), Kiefer (1978), Koste (1978), Negrea (1983), Segers (1995), and Einsle (1996).



Figure1. Stations of Kiğı Dam Lake

RESULTS

A total of 22 taxa consisting of 16 Rotifera, 4 Cladocera and 2 Copepoda species were identified in the Dam Lake (Table 2).

The lowest numbers of taxa were recorded in winter at first stations (4 species). Some water quality parameters (pH, dissolved oxygen, and surface water temperature) were measured at study field (Table 3).

Table 3. Seasonal changes of water quality parameters in Kiğı Dam Lake

	Autumn	Winter	Spring	Summer
Water temperature (°C)	16	7.2	17.2	22.5
pH	7.0	6.8	6.9	7.3
D.O (mgL ⁻¹)	6.2	7.3	6.0	5.2

DISCUSSION

Zooplankton is known as the indicator of trophic status of aquatic habitats. They are also used to signify the water quality in freshwater systems. *K. cochlearis* and *P. dolichoptera* from Rotifera are indicators of productive habitats, while *N. acuminata* and *N. squamula* are indicators of cold waters (Kolisko, 1974). In Kiğı Dam Lake *K. cochlearis*, *P. dolichoptera* and *N. squamula* were observed.

In Murat River (Bulut and Saler, 2014a), Kalecik Dam Lake (Bulut and Saler, 2013b), Peri Stream (Saler et al., 2011), that were located in the same region with Kiğı Dam Lake, rotifers were recorded as dominant species as to number of individuals and abundance, followed by Cladocera and Copepoda species.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by BAP of Trakya University (project number 2011-130). This work was presented as an oral presentation in the II. International Congress on Fisheries and Aquatic Research held in Nevşehir, Turkey on July 12-15, 2018 and its summary were published.

REFERENCES

- Berzins, B., & Pejler, B. (1987). Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147, 107-116.
- Blacher, E.C. (1984). Zooplankton trophic state relationships in North and Central Florida Lakes. *Hydrobiologia*, 109, 251-263.
- Bulut, H. & Saler, S. (2013a). Ladik Gölü (Samsun) zooplanktonu üzerine ilk gözlemler. *Su Ürünleri Mühendisleri Dergisi*, 51, 74-78.
- Bulut, H., & Saler, S. (2013b). Kalecik Baraj Gölü (Elazığ- Türkiye) zooplanktonu. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 25 (2), 99-103.
- Cirik, S., & Gökıınar, Ş. (1993). *Plankton Bilgisi ve Kültürü*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi. Yayınları: 19, İzmir.
- Einsle, U. (1996). *Copepoda: Cyclopoida, Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World*, No.10 SPB Academic Publishing. pp 82 (in London).
- Göksu, M.Z.L., Çevik, F., Bozkurt, A., & Sarihan, E. (1997). Seyhan Nehri'nin (Adana il merkezi sınırları içindeki bölümünde) Rotifera ve Cladocera faunası. *Turkish Journal of Zoology*, 21, 439-443.

Yazım Kuralları

Sayfa boyutu	:A4 (21 cm x 29,7 cm) olarak ayarlanmalıdır
Kenar boşlukları	:Üst: 2,5 - Alt: 2,5 - Sol: 2,5 - Sağ: 2,5. Cilt payı: 0.
Yazı stili	:Tüm makalede Times New Roman, 11punto iki yana yaslı, satır aralığı tek, olarak ayarlanmalı. Paragraf girintisi 0,5 ayarlanmalıdır.
Adres yazımı	:Üniversite (kurum) – Fakülte – Bölüm – İl (Büyük illerde birden çok ilçede birimi bulunması durumunda veya merkez dışında ise “ilçe” ve yabancı yayınlarda “ülke” de yazılmalı)
Özet	:Özet, 250 kelimeyi geçmeyecek şekilde yazılmalıdır.
Anahtar kelimeler	:En az 3 (üç), en çok 5 (beş) kelime içermelidir.
Ondalık gösterim	:Türkçe makalelerde “,” (virgül) İngilizce makalelerde “.” (nokta) olmalıdır.
Tablo	:Tablo özel bir tasarım uygulanmamış düz kılavuz şeklinde olmalı ve iç yazılar en çok 10 punto ve alt bilgi yazıları 8 punto olmalıdır.
Şekil	:Şekil ve şekil yazısı sayfaya ortalı yerleştirilmelidir.
Metin içi atıf yapma	:(Bilgin vd., 2006; Küçük, 2008; Ekici ve Koca, 2009; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b; Anonim, 2019), Kubilay vd. (2006)’ne göre, Diler (2008)’e göre, Boyacı ve Durucan (2009)’a göre gibi.....
Kaynaklar	:“APA” standardında ve alfabetik sıralama ile yapılmalıdır. Dergi isimleri açık yazılmalıdır. Kısaltma yapılmamalıdır. APA standartları için; https://www.adelaide.edu.au/writingcentre/referencing_guides/APA_styleGuide.pdf
APA’ya göre internet kaynaklarının gösterimi	https://blog.apastyle.org/apastyle/2010/11/how-to-cite-something-you-found-on-a-website-in-apa-style.html?_ga=2.171887075.2146134039.1550653734-57712603.1550653734

Ö R N E K M A K A L E

Eğirdir Gölü'nden Tathısu İstakozu (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823)'nun Sindirim Enzim Aktivitelerinin Mevsim, Büyüklük ve Cinsiyete Bağlı Olarak Değişimi

Esra ACAR¹, Seval BAHADIR KOCA^{1*}, Mehmet NAZ², Özgür KOŞKAN³, İlter İLHAN⁴

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta ²İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Hatay ³Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Isparta

⁴Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Isparta

* Sorumlu Yazar: sevalkoca@sdu.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Eğirdir Gölü'nde yaşayan *Astacus leptodactylus* türünde mide sindirim enzim aktiviteleri üzerine (proteaz α -amilaz ve lipaz) mevsim ve eşeyin etkisini araştırmak amacıyla oluşturulmuştur. Bu amaçla kerevitler 1 yılda 4 mevsim olarak Eğirdir Gölü'nden avlandı. İlkbahar mevsiminde, kerevitlerin pinterlere girmemesi nedeniyle örnekleme yapılamadı. Bu nedenle, sonuçlar üç mevsim (sonbahar, kış, yaz) ve eşeyler üzerinden faktöriyel düzeyinde varyans analizi ile değerlendirildi. Bulgular, eşey ve mevsim faktörlerinin kerevitlerin midesindeki proteaz ve lipaz aktivitesini önemli düzeyde etkilediğini ($p<0,05$), α -amilaz aktivitesinde ise istatistiksel olarak önemli düzeyde etkili olmadığını gösterdi ($p>0,05$). Bulgular ayrıca, kerevitlerin, proteaz enzim aktivitesinin sonbahar ve kışın, lipaz enzim aktivitesinin ise kışın eşeyler arası önemli değişim gösterdiğini ortaya çıkardı ($p<0,05$).

Anahtar kelimeler: *Astacus leptodactylus*, sindirim enzim aktivitesi, lipaz, α -amilaz, proteaz.

Variation of Digestive Enzyme Activities Depending on Season, Size and Sex of Freshwater Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) from Lake Eğirdir

Abstract

This study was conducted to search the effect of sex and season on digestive enzyme activities (protease, α -amylase, lipase) in *Astacus leptodactylus* species that lives in Eğirdir Lake. The freshwater crayfish were caught as four seasons in a year from Eğirdir Lake. The sampling was not possible for crayfish since they were not entered into trap in spring season. Therefore, the results were evaluated over three seasons and sex by factorial variance analysis. The results showed that sex and season affected to protease and lipase activities ($p<0.05$), whereas they did not affect statistically α -amylase activity in crayfish stomach ($p>0.05$). Results also indicated that protease enzyme activity in crayfish showed significant changes in autumn and winter while lipase enzyme activity showed changes in winter between sexes ($p<0.05$).

Keywords: *Astacus leptodactylus*, digestive enzyme activity, α -amylase, lipase, protease.

GİRİŞ

Astacus leptodactylus, dünyada Türk ıstakozu (kerevit) olarak da bilinen (Köksal, 1988) ve ülkemiz içsularında doğal olarak bulunan bir decapoda (on ayaklı) türüdür. *Astacus* ekonomik değeri yüksek kabuklu türlerinden biridir (Bolat, 2001). Kerevit 1986 yılı öncesi özellikle Eğirdir Gölü balıkçılarının başlıca gelir kaynağı iken bu türün daha sonra gerek aşırı avcılık ve gerekse hastalık nedeniyle popülasyonu azalmıştır (Köksal, 1988; Ackefors, 2000; Bolat, 2001; Harlıoğlu ve Aksu 2002; Harlıoğlu ve Mişe 2007; Bilgin vd., 2008).

MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, Ekim 2014 ile Haziran 2015 tarihleri arasında Eğirdir Gölü'nde kerevit (10-15 cm) avcılığı gerçekleştirilmiştir. Avcılıkta kerevit pinterleri kullanılmış, örneklemeler mevsimsel olarak yapılmıştır. İlkbahar mevsiminde, kerevitlerin pinterlere girmemesi nedeniyle örnekleme yapılamamıştır.

Enzim aktivite analizler

Bu çalışmada; α -amilaz, proteaz ve lipaz olmak üzere üç çeşit sindirim enzim aktivitesi araştırılmıştır. Tatlısu istakozundaki α -amilaz enzim aktivitesi, Metais ve Bieth (1968)'e göre yapılmıştır.

İstatistiksel analizler

Verilerin değerlendirilmesinde SPSS 23 istatistiki paket programından yararlanılmış ve sonuçlar, faktöriyel düzeyinde varyans analizi testi ile $P < 0,05$ önem düzeyinde test edilmiştir. Faktörlerin seviye ortalamalarının arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Tukey testi kullanılmıştır.

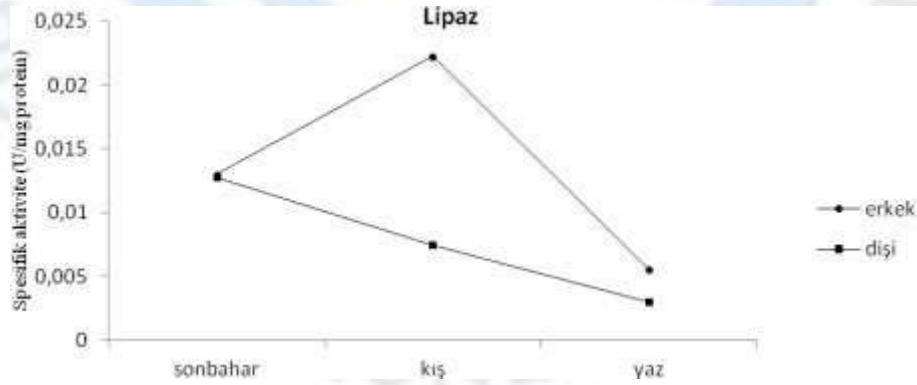
BULGULAR

Eşey ve mevsimsel farklılıkların kerevit midesindeki α -amilaz enzim aktivitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$) (Tablo 1).

Tablo1. Kerevit midesindeki α -amilaz aktivitesinin eşey ve mevsime göre değişimi, (Ort.± S.H.) (U/mgprotein)

Eşey/Mevsim	Sonbahar	Kış	Yaz
Dişi	^a 0,013± 0,0011 ^a	^b 0,007 ± 0,0006 ^b	^b 0,003 ± 0,0010 ^a
Erkek	^a 0,013 ± 0,0035 ^a	^b 0,022 ± 0,0026 ^a	^c 0,006± 0,0006 ^a

Lipaz aktivitesi erkek kerevitlerde sonbahar mevsiminden kış mevsimine kadar artan ve kış mevsiminden yaz mevsimine kadar azalan bir grafik oluşturmuş, dişi bireylerde ise sonbahar mevsiminden yaz mevsimine kadar azalan bir grafik oluşmuştur (Şekil 3).



Şekil 3. Kerevit midesinde farklı mevsimlerdeki lipaz aktivitesi (U/mg protein)

TARTIŞMA ve SONUÇ

Mevcut sindirim enzimlerinin profili ve faaliyetleri başta olmak üzere sindirim sisteminde ortaya çıkan fizyolojik süreçler, türlerin geniş besin çeşitliliğinden faydalanmasını etkilemektedir. Farklı kabuklu türleri, farklı beslenme alışkanlıklarına ve yaşam alanlarını yansıtan bir dizi sindirim enzime sahiptir (Anonim, 2017; Coccia vd., 2011).....

Ayrıca, maksimum enzim aktivitesini belirleyebilmek için; farklı pH, sıcaklık ve reaksiyon sürelerinde denemeler yapılması da önemli taşımaktadır.....

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, yüksek lisans tezinden özetlenmiştir. (veya varsa proje desteği yazılmalı)

KAYNAKLAR

- Acar Kurt, E. (2016). Tatlısu İstakozu (*Astacus Leptodactylus* Eschscholtz, 1823)'nun sindirim enzim aktivitelerinin mevsimsel değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Ackefors, H. (2000). Freshwater crayfish farming technology in the 1990s: a European and global perspective. *Fish and Fisheries*, 1(4), 337-359.
- Adebayo-Tayo, B.C., Onilude, A.A., & Etuk, F.I. (2011). Studies on microbiological, proximate mineral and heavy metal composition of freshwater snails from Niger Delta Creek in Nigeria. *AU J.T.* 14(4), 290-298. Technical Report 290.
- Alpbaz, A. (1993). *Kabuklu ve Eklembacaklı Yetiştiriciliği*. I. Baskı, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Bilgin, Ş., İzci L, Günlü A., & Bolat Y. (2008). Eğirdir gölü'ndeki tatlısu istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch, 1823)'nun boy grubu ve eşeye göre bazı besin bileşenlerinin belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 63-68.
- Kolkovski, S. (1995). The mechanism of action of live food on utilization of microdiets in gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. Ph.D.Thesis. The Hebrew University, Jerusalem,120.
- Reynolds, J., & Souty-Grosset, C. (2011). *Management of freshwater biodiversity: Crayfish as bioindicators*.

