



Gökkuşağı Alabalığı Yemlerine L-alliin ve Oleuropein İlavesinin Büyüme Performansı, Bazı Bağışıklık Parametreleri ve Hastalık Direnci (*Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*) Üzerine Etkileri

Ebru YILMAZ^{1*} , Sebahattin ERGÜN² , Sevdan YILMAZ²

¹Aydın Adnan Menderes University, Agriculture Faculty, Department of Aquaculture, 09100 Aydın-Turkey

²Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science and Technology, Department of Aquaculture, 17100 Çanakkale-Turkey

Ö Z

Bu çalışmada, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemlerine L-alliin ve oleuropein takviyesinin balıkların büyüme performansı, serum biyokimyasal, immünolojik parametreleri ve hastalık direnci üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemede, ortalama ağırlığı $12,6 \pm 0,91$ olan 270 gökkuşağı alabalığı kullanılmıştır. Balık yemlerine L-alliin ve oleuropein 10 mg/kg oranında ilave edilmiştir. Balıklar deneme yemleri ile 60 gün beslenmişlerdir. Alabalık yemlerine L-alliin ilavesinin balıkların büyüme performansını artırdığı tespit edilmiştir. L- alliin ve oleuropeinin immünolojik parametreler üzerinde olumsuz bir etki göstermemiştir. Oleuropein ilaveli grupta, kolesterol seviyesinin, kontrol grubuna oranla yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, L-alliin, Oleuropein, büyüme performansı, immünolojik parametreler

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 01.06.2020

Düzeltilme : 04.09.2020

Kabul : 14.09.2020

Yayın : 29.12.2020

DOI:10.17216/LimnoFish.746677

* SORUMLU YAZAR

ebruyilmaz@adu.edu.tr

Tel : +90 256 772 70 22/6482



Effects of Supplementation Of L-alliin and Oleuropein into Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Feeds on Growth Performance, Some Immune Parameters and Disease Resistance (*Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*)

Abstract: The effects of L-alliin and oleuropein on growth performance, serum biochemical and innate immune parameters and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) was investigated in the present study. In the experiment, 270 rainbow trout with an average weight of 12.6 ± 0.91 were used. L-alliin and oleuropein were added to fish feeds at a rate of 10 mg / kg. Fish were fed with experimental diets for 60 days. The addition of L-alliin to the feed increased the performance of growth parameters. The results showed that L-alliin and oleuropein have no negative effect on immune parameters. Cholesterol level was found higher in Oleuropein added group rather than control group.

Keywords: Rainbow trout, L-alliin, Oleuropein, growth performance, immune parameters

Alıntılama

Yılmaz E, Ergün S, Yılmaz S. 2020. Gökkuşağı Alabalığı Yemlerine L-alliin ve Oleuropein İlavesinin Büyüme Performansı, Bazı Bağışıklık Parametreleri ve Hastalık Direnci (*Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida*) Üzerine Etkileri. LimnoFish. 6(3): 180-188. doi: 10.17216/LimnoFish.746677

Giriş

Su ürünleri yetiştiriciliğinde; hormonlar, antibiyotikler, vitaminler ve diğer bazı kimyasallar, büyüme destekleyicileri, antibakteriyel ve diğer kullanım amaçlarına yönelik olarak bilimsel araştırmalarda test edilmiştir (Jayaprakas ve Sambhu 1996). Test edilen bu kimyasalların balık ve karides yetiştiriciliğinde olumlu etkileri olmasına rağmen, balık ve karides kaslarında kalıntı bırakmaları nedeniyle kullanımları önerilmemektedir (Sambhu

1996). Antibiyotikler ayrıca larva büyümesini azaltabilir ve balık larvalarının savunma mekanizmalarını inhibe edebilirler. Antibiyotiklerin ve sentetik ilaçların çoğu duyarlılaşma reaksiyonu ve diğer istenmeyen yan etkiler göstermiştir (Citarasu, 2010). Küresel düzeyde, insanlar antibiyotiklerin olumsuz etkilerini anlamışlar ve doğal ürünler kullanmaya başlamışlardır (Fauci 1993). 2006 yılından bu yana, su ürünleri yetiştiriciliğinde büyüme destekleyici olarak antibiyotik kullanımı

AB'de tamamen yasaklanmıştır (Sanandakumar 2002). Bitkilerin, antioksidan ve antimikrobiyolojik aktiviteleri nedeniyle hastalık kontrolünde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir, ayrıca daha güvenli ve ucuzdur (Prasad ve Variyur 1993). Bitkisel ürünler ve hammaddeler dahil olmak üzere dünya bitkisel ilaç pazarının yıllık büyüme oranının % 5-15 arasında olduğu tahmin edilmektedir. Küresel bitkisel ilaç pazarının 62 milyar dolar büyüklüğe ulaştığı ve 2050 yılına kadarda 5 trilyon dolar büyüklüğe ulaşacağı beklenmektedir (Maggon 2005).

Alkaloidler, flavanoidler, pigmentler, fenolikler, terpenoidler, steroidler ve uçucu yağlar gibi doğal bitkisel ürünlerin; anti-stres, büyümeyi teşvik edici, iştah uyarımı ve immünostimülasyon gibi çeşitli aktivitelerde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Citarasu vd. 1998, 1999, 2002; Sivaram vd. 2004).

Sarımsak (*Allium sativum* L.), toplam 1.437.690 hektar hasat alanı ve yıllık 24.255.303 ton kuru tomurcuk üretimi ile dünyadaki en önemli sebzelerden biridir. Özellikle Çin, Hindistan gibi birçok yakın doğu ülkelerinde eski zamanlardan beri lezzet verici bir ajan ve geleneksel bir ilaç olarak kullanılmaktadır (Arora vd. 2005; FAO 2013). Sarımsak, antioksidan ve antimikrobiyal etkiler gibi çeşitli biyolojik fonksiyonlara sahiptir (Goncagul ve Ayaz 2010; Touloupakis ve Ghanotakis 2010). Ayrıca, ateroskleroz (Durak vd. 2004), diyabet (Padiya vd. 2014), hipertrofik kardiyomiopati (Padiya vd. 2014), tromboz, inflamasyon, hipertansiyon ve hatta kanseri (Rose vd. 2005; Mithen 2006; Bongiorno vd. 2008; Zawistowski vd. 2018) önleyebildiği de bilinmektedir. S-allil-L-sistein sülfoksit (alliin), sarımsaktaki sistein sülfoksitlerin yaklaşık % 80'ini oluşturur. L-alliin (S-allil-L-sistein sülfoksit), L-sisteinden türetilen bir amino asittir. S-Allil-L-sistein sülfoksit (ACSO), antioksidan ve antienflamatuar aktiviteleri olan bir anti-aterosklerotik bileşiktir (Lawson 1998). Literatürde sarımsağın balıklar üzerindeki etkisiyle ilgili birçok çalışma (Shalaby vd. 2006; Nwabueze 2012; Kanani vd. 2014) olsa da içeriğindeki bileşenler bölgelere, mevsime, sıcaklığa, vb. birçok parametreye bağlı olarak değişeceğinden içeriğindeki etken maddelerin etkisinin araştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında sarımsaktan elde edilen alliin'in gökkuşağı alabalıkları üzerindeki etkisi ilk defa araştırılmış olacaktır.

Ayrıca, oleuropein yine doğal bir antimikrobiyal (Yıldız ve Uylaşer 2011) olup balıklar üzerindeki etkisi bilinmemektedir. Oleuropein, zeytin meyvelerinde ve yapraklarında en çok çalışılan fenolik bileşiktir. Oleuropeinin in vitro çalışmalarda, gram-pozitif bakteriler, gram-negatif bakteriler ve mantarlar üzerinde (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus*

aureus, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* ve *Candida albicans*) yüksek antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir. (Fleming vd. 1973; Pereira vd. 2007). Aynı zamanda, oleuropeinin kardiyoprotektif, antienflamatuar, antioksidan, anti-kanser, anti-anjiyojenik ve nöroprotektif etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Sun vd. 2017).

2016 yılında 0.8 milyon ton üretim ile gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), dünyadaki toplam su ürünleri yetiştiriciliği üretiminin % 2'sini oluşturmuştur ve Atlantik somonundan sonra, dünyanın ikinci soğuk su kültür balığı türüdür (FAO 2016; Rashidian vd. 2018).

Son yıllarda gökkuşağı alabalıkları ile ilgili yapılan balık besleme ve yetiştiricilik çalışmalarında, balıkların beslenme ortamı, yetiştiricilik şekli ve yemlere ilave edilen katkı maddelerinin, balıklarda büyüme parametreleri, kan parametreleri ve hastalık direnci üzerine etkileri incelenmektedir (Ramezanzadeh vd. 2019; Koshinski vd. 2020; Rufchaei vd. 2020; Heydari vd. 2020; Rashidian vd. 2020).

L-alliin ve oleuropein balık yemi katkısı olarak kullanılabilecek önemli doğal kaynaklar olarak gözükmemektedir. Literatürde bugüne kadar L-alliin ve oleuropeinin gökkuşağı alabalıklarında büyüme performansı, kan parametreleri ve hastalık direnci üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada L-alliin ve oleuropeinin gökkuşağı alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme performansı, kan parametreleri ve hastalık direncine etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Deneme Yeri, Deney Sistemi ve Balık

Deneme Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi Canlı Kaynaklar Üretim Ünitesinde gerçekleştirilmiştir. Denemede 270 adet $12,06 \pm 0,91$ g (ortalama $\pm$ standart sapma) ağırlığında gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır. Besleme denemesinden önce balıklar 15 gün boyunca deneme ortamına adapte edilmişlerdir. Deneme kapalı devre sistemde yürütülmüştür. Sistemde 9 adet 140 L hacminde fiberglas tank olup bu tanklar çökeltme havuzu, kaba filtrasyon, kum filtre, biyolojik filtre ve ısıtma-soğutma ünitesine (Tuna Mac®, Çanakkale) bağlıdır. Deneme sisteminin günlük olarak su değişimi %10-15 oranında yapılmıştır. Deneme ünitesinin bulunduğu ortamın aydınlatılması 12 saat aydınlık/12saat karanlık olarak otomatik zamanlayıcılar yardımıyla sağlanmıştır.

Denemede her bir tanka 30 adet balık 3 tekrarlı olacak şekilde konmuştur. Kontrol yemine herhangi bir katkı ilave edilmemiştir. Deneme yemleri

içerisine alliin ve oleuropein 10 mg/kg oranlarında ilave edilmiştir.

Deneme Yemleri

Alliin ve oleuropein ticari bir firmadan temin edilmiştir. Deneme yemi olarak yağsız ticari gökkuşağı alabalığı yemleri (HEMYEM, HEMAKS MAKİNA SANAYİ TİCARET A.Ş.) kullanılmıştır (Tablo 1). Alliin ve oleuropein balık yağına karıştırılarak yağsız yemlere literatürde bildiriliği gibi ilave edilmiştir (Yılmaz ve Ergün 2018). Yemlerin besin değeri analizleri AOAC (1998) ve Folch vd. (1957)'e göre yapılmıştır.

Tablo 1. Deneme yemlerinin kimyasal kompozisyonları.

Table 1. Chemical composition of experimental feeds.

	Kontrol	L-alliin	Oleuropein
Kimyasal kompozisyon (% kuru madde)			
Protein	35,9	36	36,2
Yağ	9,25	9,26	9,28
Kül	8,65	8,63	8,62
NÖM	36,2	36,11	35,9
Enerji (GE)	18,28	18,29	18,31

Nitrojeniz Öz Madde (NÖM) = Kuru madde - (yağ+kül+protein). Enerji 23,6 kJ/g protein, 39,5 kJ/g yağ, ve 17,0 kJ/g NFE' e göre belirlenmiştir.

Balıklardan Kan Örneklerinin Alınması

60 günlük besleme denemesinden sonra balıklar 1 gün aç bırakılmış ve kan örnekleme yapılmıştır. Her bir tanktan 3 adet olmak üzere toplamda her bir deney grubu için 9 balık kan örnekleme için kullanılmıştır. Örnekleme için rastgele ve hızlıca yakalanan balıklar en kısa sürede 20 mg/L dozunda karanfil yağı ile 10 L lik plastik kova içinde bayıltılmışlardır (Iversen vd. 2003). Bayıltılan balıkların kanları alınmadan önce kana mukoza karışmasını önlemek amacıyla anal yüzgecinin hemen arkası %70'lik alkol emdirilmiş pamuk ile temizlenmiştir. Kaudal venadan kan örnekleme 2,5 mL lik plastik enjektörler yardımıyla yapılmıştır. Kan örnekleri hematolojik ve immunolojik analizler için K₃EDTA, serum biyokimyası analizleri için ise jelli serum tüpleri içerisine alınmıştır. Serum analizleri için jelli tüplerdeki kan örnekleri 5000 g devirde 10 dakika santrifüj edilmiştir. Elde edilen serum -80 °C de analiz edilinceye kadar saklanmıştır.

Fiziksel ve Kimyasal Su Kalitesi Analizleri

Deneme süresince deneme tanklarının sıcaklık, oksijen ve iletkenlik ölçümleri YSI Pro2030 su analiz cihazı yardımıyla gün aşırı olarak takip edilmiştir. pH ölçümleri HANNA (HI 2221) masa üstü pH metre ile iki günde bir ve toplam amonyak, nitrit ve nitrat

ölçümleri ticari kit (Spectroquant®) kullanılarak Optizen POP UV/VIS spektrofotometre ile haftalık olarak ölçülmüştür.

Büyüme Performansı, Yemden Yararlanmanın Hesaplanması

Denemede büyüme performansı ve yemden yararlanmanın hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılmıştır (Yılmaz vd. 2018):

Yüzde Canlı Ağırlık Artışı CAA (%) = (Son Ağırlık g - Başlangıç ağırlığı g) / Başlangıç Ağırlığı x 100

Spesifik Büyüme Oranı: SBO (%Gün⁻¹) = [Ln (Son ortalama ağırlık g) - Ln (Başlangıçtaki ortalama Ağırlık g)] / Deneme gün sayısı x 100

Yem Dönüşüm Oranı: YDO = Yem Tüketimi (g) / Ağırlık Kazanımı (g)

Biyokimyasal Analizler

Serum biyokimyası analizleri glikoz, albümin, globülin, toplam protein, trigliserit ve kolesterol daha önce balık çalışmalarında kullanılan ticari kit (Bioanalytic Diagnostic Industry, Almanya) yardımıyla spektrofotometrik olarak (Optizen POP UV/VIS) belirlenmiştir (Yılmaz ve Ergün 2012).

İmmunolojik Analizler

Respiratöri büst aktivitesi

Fagositlerin respiratöri büst aktivitesi kandaki aktif lökositlerin 96 kuyulu yapışması ve NBT pozitif hücrelerin verdiği tepkinin spektrofotometrik ölçümü ile tespit edilmiştir (Stasiak ve Baumann 1996; Yılmaz 2018). Kısaca, analizden 10-12 saat önce her bir örnek için 50 µL poli-l-lizin 96 kuyucuklu plakalara ilave edilmiş ve plaka +4 °C de bekletilmiştir. Sonrasında her bir balık için 50 µL kan örneği poli-L-lizin kaplı 96 plaka kuyucuklarına yerleştirilmiştir. Devamında örnekler 1 saat inkübasyona bırakılmış ve üst faz atılıp örnekler HBSS ile 3 kez yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra her bir kuyucuğa 100 µL NBT solüsyonu ilave edilmiş ve plaka 1 saat daha inkübasyona bırakılmıştır. Devamında hücreler %100 metanol ile 5 dakika fikse edilmiş ve 3 kez %70'lik metanol ile yıkanmıştır. Plakalar kuruduktan sonra her bir kuyucuğa 60 µL 2 M potasyum hidroksit ve 70 µL DMSO sırasıyla ilave edilmiş ve okumalar multiskan spektrofotometrede 620 nm de yapılmıştır.

Potansiyel öldürme aktivitesi

Potansiyel öldürme aktivitesinin tespit edilmesi için Siwicki ve Anderson (1993)'un bildirdikleri metod kullanılmıştır. Analizden 10-12 saat önce her bir örnek için 50 µL poli-l-lizin 96 kuyucuklu plakalara ilave edilmiş ve plaka +4 °C de bekletilmiştir. Sonrasında her bir balık için 50 µL kan örneği poli-L-lizin kaplı 96 plaka kuyucuklarına

yerleştirilmiştir. Devamında örnekler 1 saat inkübasyona bırakılmış ve üst faz atılıp örnekler HBSS ile 3 kez yıkanmıştır. Yıkama işleminden sonra her bir kuyucuğa 100 µL NBT [içerisinde formalin ile öldürülmüş ve PBS ile yıkanmış *A. salmonicida* bakterisi (NBT solüsyonu içindeki bakteri yoğunluğu: $1,5 \times 10^8$) bulunan solüsyonu ilave edilmiş ve plakalar 150 g de 5 dakika santrifüj yapılmıştır. 30 dakika daha inkübasyondan sonra hücreler %100 metanol ile 5 dakika fiks edilmiş ve 3 kez %70 lik metanol ile yıkanmıştır. Plakalar kuruduktan sonra her bir kuyucuğa 60 µL 2 M potasyum hidroksit ve 70 µL DMSO sırasıyla ilave edilmiş ve okumalar multiskan spektrofotometrede 620 nm de yapılmıştır.

Lizozim aktivitesi

Lizozim aktivitesinin tespit edilmesi için Nudo ve Catap (2011) bildirdikleri metot kullanılmıştır. Kısaca 25 µl serum örneği 175 µl *Micrococcus luteus* süspansiyonuna (pH 5,8) eklenerek ve 96 plakada örnekler 30 dakika inkübasyona bırakılmıştır. Okumalar 450 nm de multiskan mikropilaka okuyucuda yapılmış ve standart kullanılarak (L6876 Sigma, Lysozyme from chicken egg white) µg/mL olarak standart eğriden hesaplanmıştır.

Myeloperoksidaz aktivitesi

Myeloperoksidaz aktivitesi literatürde bildirilen metotlarda bazı değişiklikler yapılarak analiz edilmiştir (Quade ve Roth 1997; Kumari ve Sahoo 2006). Analiz için 10 µl serum örneği 90 µl HBSS solüsyonu ile seyreltilmiştir. Devamında bu karışıma 3,3',5,5'-tetramethylbenzidine dihydrochloride ve hidrojen peroksit içeren solüsyon ilave edilerek reaksiyon 2 dakika sonra 35 µl sülfirik asitle durdurulmuş ve 450 nm' de multiskan mikropilaka okuyucuda okumalar yapılmıştır (Quade ve Roth 1997).

Hastalık Direnci Testi

Bu proje kapsamında *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* (ATCC, 33658) hastalık direnci testi için kullanılmıştır. *A. salmonicida* gece boyunca 22 °C'de Tryptic Soy Broth'da üretili ve daha sonra yoğunluğu 1×10^8 CFU mL⁻¹ olarak ayarlamak için iki kez PBS ile yıkandı. Besleme denemesinin sona ermesinden sonra 75 balık / grup intraperitoneal olarak 100 µL bakteriyel süspansiyon (1×10^8 CFU mL/PBS) bir insülin şırınga kullanılarak enjekte edildi. Tanktaki balık ölümleri günlük olarak izlendi ve ölü balıklar tanktan çıkartıldı. Ölüm oranı 20 günlük bir süre boyunca kaydedilmiştir. Ayrıca, ölümlerin *A. salmonicida* bakteriyel

enfeksiyonundan kaynaklandığından emin olmak için ölü balıklardan yeniden izole işlemi yapılmış ve izolatları tanımlamak için 16S rDNA analizi yapılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Analizlerden elde edilen verilere tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Verilerin normal dağılım göstermesi ve homojen olması durumunda Tukey çoklu karşılaştırma testi, normal dağılım göstermeyen, homojen verilerin karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis testi ve homojen olmayan verilerin karşılaştırılmasında Tamhane testi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler SPSS 19 (IBMM SPSS Statistics 19) programı kullanılarak $p < 0,05$ önemlilik seviyesinde değerlendirilmiştir.

Bulgular

Fiziksel ve Kimyasal Su Kalitesi Bulguları

Deneme süresince, su sıcaklığı 16,2-16,3 °C, oksijen 7,0-7,7 mg/l, iletkenlik 415-445 µs cm⁻¹, pH 7,0-7,4, toplam amonyak 0,015-0,010 mg/l, Nitrit 0,01-0,02 mg/l ve Nitrat 0,11-0,19 mg/l olarak tespit edilmiştir.

Büyüme Performansı Bulguları

L-alliin ve oleuropein katkılı (10 mg/kg) ve katkısız (kontrol) yemlerle beslenen balıkların büyüme performansı ve yem değerlendirme bulguları Tablo 2'de gösterilmiştir. Yeme 10 mg/kg oranında L-alliin ilavesi balıkların spesifik büyüme oranını (SBO), ağırlık artışını ve ağırlık artışı (%) olumlu oranda etkilemiştir ($p < 0,05$).

İmmunolojik Bulguları

Besleme denemesi sonunda balıkların immünolojik parametrelerden respiratöri bürst aktivitesi, potansiyel öldürme aktivitesi, lizozim ve MPO bulguları Tablo 4'de verilmiştir. Deneme yemlerine L-alliin ve oleuropein ilavesinin lizozim aktivitesini kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan önemli oranda arttırdığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Potansiyel öldürme aktivitesi ise L-alliin ve oleuropein ilaveli gruplarda kontrole göre önemli derecede yüksek çıkmıştır ($p < 0,05$).

Ölüm Oranı Bulguları

Çalışma sonunda balıkların *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* patojenine karşı hastalık dirençleri bulguları Tablo 5'de gösterilmiştir. Test sonucunda yeme 10 mg/kg oranında L- alliin ve oleuropein ilavesinin en düşük yaşama oranına sahip olduğu bulunurken, kontrol grubu en yüksek yaşama oranına sahip olarak bulunmuştur.

Tablo 2. Deneme gruplarına göre büyüme parametrelerindeki değişimler**Table 2.** Changes in growth parameters of experimental groups

	Deneme grupları		
	Kontrol	10 mg/kg L-alliin	10 mg/kg Oleuropein
Deneme başı ortalama balık ağırlığı (g)	12,08±0,13 ^a	12,21±0,05 ^a	12,20±0,65 ^a
Deneme sonu ortalama balık ağırlığı (g)	35,11±0,37 ^c	38,67±0,74 ^a	35,57±2,57 ^b
SBO (% gün ⁻¹)	1,78±0,00 ^b	1,92±0,03 ^a	1,66±0,05 ^c
AA	437,50±4,50 ^b	502,67±13,58 ^a	394,22±7,39 ^c
YT	476,58±15,36 ^a	470,00±7,00 ^a	461,08±7,34 ^a
YDO	1,09±0,04 ^a	0,93±0,02 ^b	1,17±0,04 ^a
AA (%)	190,63±0,12 ^b	216,66±5,54 ^a	170,33±8,51 ^c

Tablo 3. Deneme gruplarına göre serum biyokimyasal parametrelerindeki değişimler.**Table 3.** Changes in serum biochemical parameters of experimental groups.

Serum biyokimyası Parametreleri	Deneme Grupları		
	Kontrol	10 mg/kg L-alliin	10 mg/kg Oleuropein
ALT (U/L)	20,56± 3,97 ^a	15,46± 4,16 ^b	13,45± 3,34 ^b
AST (U/L)	112,30± 2,69 ^a	128,43± 32,70 ^a	130,03± 19,80 ^a
LDH (U/L)	998,53± 82,43 ^a	748,02±111,22 ^b	1018,35±145,60 ^a
ALP (U/L)	425,33±57,11 ^a	456,77±63,84 ^a	479,38±162,41 ^a
GLI (mg/dL)	115,34±42,61 ^a	74,70±17,34 ^b	68,72±10,56 ^b
Tprot (g/dL)	10,37±0,82 ^a	10,64±0,67 ^a	9,92±0,27 ^a
ALB (g/dL)	0,78±0,05 ^{ab}	0,85±0,07 ^a	0,71±0,10 ^b
GLO (g/dL)	9,59±0,82 ^a	9,79±0,61 ^a	9,21±0,28 ^a
TRIG (mg/dL)	201,01±17,51 ^a	206,63±26,63 ^a	195,30±20,01 ^a
KOL (mg/dL)	270,31±27,90 ^b	296,73±31,31 ^{ab}	304,79±13,75 ^a

n=9, Ortalama ±standart hata. Aynı satırda farklı üstel harfler içeren gruplar istatistiksel açıdan diğer gruplardan farklıdır. ALT: Glutamik Pirüvik Transaminaz, AST: Glutamik Oksaloasetik Transaminaz, LDH: Laktat Dehidrogenaz, ALP: Alkalen Fosfataz, GLI: Glikoz, Tprot: Toplam protein, ALB: Albumin, GLO: Globulin, TRIG: Trigliserit, KOL: Kolesterol.

Tablo 4. Deneme gruplarına göre immunolojik parametrelerindeki değişimler.**Table 4.** Changes in immunological parameters of experimental groups.

İmmunolojik Parametreler	Deneme Grupları		
	Kontrol	10 mg/kg L-alliin	10 mg/kg Oleuropein
Respiratöri büst aktivitesi (OD 620)	0,13±0,02 ^b	0,23±0,07 ^a	0,20±0,03 ^a
Potansiyel öldürme aktivitesi	0,20±0,01 ^c	0,49±0,06 ^a	0,31±0,08 ^b
Lizozim aktivitesi (µg/mL)	16,48±2,39 ^b	27,53±3,60 ^a	28,63±5,40 ^a
MPO (450 nm)	0,40±0,04 ^a	0,32±0,09 ^a	0,40±0,08 ^a

n=9, Ortalama ±standart hata. Aynı satırda farklı üstel harfler içeren gruplar istatistiksel açıdan diğer gruplardan farklıdır.

Tablo 5. Deneme gruplarına göre ölüm oranındaki değişimler.**Table 5.** Changes in mortality rate experimental groups.

	Deneme grupları		
	Kontrol	10 mg/kg L-alliin	10 mg/kg Oleuropein
Hastalık bulaştırılan balık sayısı	75	75	75
% Ölüm oranı	50,66	54,66	54,66

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma sonucunda yeme L-alliin ilavesinin balıkların büyüme performansını arttırdığı

belirlenmiştir. Benzer olarak farklı çalışmalarda balık yemine ilave edilen sarımsak katkısının balıkların büyüme performansına olumlu etki yaptığı

bildirilmiştir (Diab vd. 2002; Abou-Zeid 2002; Shalaby vd 2006; Metwally 2009; Nya ve Austin 2009; Abdel-Hakim vd. 2010).

Serum biyokimyası parametreleri balık yemine ilave edilen katkıların balık sağlığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde kullanılan önemli göstergelerdir (Yılmaz vd. 2016). Ayrıca serum biyokimyası parametrelerindeki değişiklikler, parazitlerden ve toksik maddelerden kaynaklanan hastalık ve kirliliği göstermektedir. Örneğin, *Aeromonas*'a maruz kalan gökkuşağı alabalığında ALT, LDH ve g-GT seviyelerinde artış rapor edilmiştir (Rehulka 2003). ALT, karaciğer bozukluklarının prognozunda optimum indikatördür (Shalaby 2005). Kan şekerindeki azalma, indikatörlerden biridir; sarımsak katkılı yem stress faktörlerine karşı savaşır (Sahu vd. 2007). Xie vd. (2008) yaptıkları çalışmada antrakinin ile beslenen sazan (*Cyprinus carpio* var. Jian) balıklarında, hem glikoz hem de kortizol seviyelerinin akut stresten sonra arttığını bildirmişlerdir. Bizim yaptığımız çalışmada ALT ve GLI değerleri, L-alliin ve oleuropein ile beslenen balıklarda kontrol grubundaki balıklara göre önemli oranda düşük çıkmıştır ($p<0,05$).

Sarımsak, hepatik p-hidroksi-p-metilglutaryl koenzim A (HMG-CoA) redüktaz, kolesterol 7 α -hidroksilaz ve yağ asidi sentezi üzerinde doza bağlı bir inhibisyon etkisine sahiptir (Qureshi vd. 1983). Bu çalışmada, KOL değerinin L- alliin ilaveli gruplarda kontrol grubuna göre önemli bir değişiklik göstermediği belirlenmiştir ($p>0,05$). Bizim çalışmamızın aksine araştırmacılar sarımsak ekstraktlarının serum kolesterol seviyelerini düşürdüğünü tespit etmişlerdir (Bordia vd. 1975; Augusti 1977). Farklı bir çalışmada ise Carrijo vd. (2005), % 1'e kadar sarımsak tozu içeren bir diyetle civcivleri besledikten sonra kolesterol ve triasilgliserol seviyelerinde herhangi bir değişiklik bildirmemiştir. Ancak, literatürde L-alliin ilavesinin balıklar üzerindeki etkisi ilk defa bu çalışma ile araştırıldığından derin bir tartışma yapılamamaktadır. Oleuropein bu çalışmada kolesterolü önemli oranda arttırmıştır. Ancak, bu katkının farelerde yüksek kolesterolü diyet durumlarında kolesterol düşürücü olduğu bilinmektedir (Hadrach vd. 2016). Ancak, balıklardaki etkisi farklı olabilir. Örneğin, sazan balığı yemine oleuropein açısından zengin zeytin yaprağı ekstresi ilavesi yüksek dozda kolesterol seviyelerini arttırmıştır (Zemheri-Navruz vd. 2019). Normal şartlarda bu durum sağlık durumunun olumsuz etkilendiğinin bir göstergesidir. Ancak, bu çalışmada balıkların bağışıklık durumu ve hastalık direncine bakıldığında sağlık açısından olumsuz bir

etki gözükmemektedir. Bu nedenle ileride daha detaylı çalışmalar yapılmasına ihtiyaç vardır.

Bu çalışmada yeme L-alliin ve oleuropein ilavesi, balıkların lizozim, respiratörü büst aktivitesi ve potansiyel öldürme aktivitelerini arttırmıştır. Bu sonuçlar balık yemine L-alliin ve oleuropein ilavesinin balık bağışıklığını olumlu etkilediğinin birer göstergesi olarak kabul edilebilir. Benzer olarak yeme sarımsak (0,5 g/kg) ilavesinin juvenil hibrit tilapyalarda lökosit sayısı, fagositik aktivite, fagositik indeks, respiratörü büst aktivitesi ve lizozim aktivitesini önemli oranda arttırdığı tespit edilmiştir (Ndong ve Fall 2011). Yine sazan balığı yemine oleuropein açısından zengin zeytin yaprağı ekstresi ilavesi balıkların bağışıklık parametrelerini arttırmıştır (Zemheri-Navruz vd. 2019).

Bu çalışmada yeme eklenen L-alliin ve oleuropein balıkların *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* patojenine karşı yaşama oranını değiştirmemiştir. Ancak, alabalık yemlerine 10 mg/kg oranında L-alliin ilavesinin balıkların büyüme performansını arttırdığı, L- alliin ve oleuropeinin genel olarak serum biyokimyası parametreleri iyileştirdiği ve immunolojik parametreleri arttırdığı belirlenmiştir. İleriki çalışmalarda farklı balık patojenleri üzerine L-alliin ve oleuropeinin etkileri araştırılabilir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın Hayvan Deneyleri Etiği açısından uygun olduğu Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (Karar Numarası 2019/04-02) tarafından onaylanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi FHD-2019-2989 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Abdel-Hakim NF, Lashin MME, Al-Azab AAM, Ashry AM. 2010. Effect of fresh or dried garlic as a natural feed supplement on growth performance and nutrients utilization of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Egypt J Aquat Biol Fish. 14(2):19–38.
doi: 10.21608/EJABF.2010.2058
- Abou-Zeid SM. 2002. The Effect of Some Medical Plant on Reproductive and Productive Performance of Nile tilapia Fish [Ph.D. Thesis]. Cairo University. 212 s.
- AOAC 1998. Official methods of analysis of AOAC International (16th ed., 4th Rev.). AOAC International, Gaithersburg, MD, Method 985.18.
- Arora A, Tripathi C, Shukla Y. 2005. Garlic and its organosulfides as potential chemopreventive agents: A review. Current Cancer Therapy Reviews. 1(2):199–205.
doi: 10.2174/1573394054021772

- Augusti K.T. 1977. Hypocholesterolaemic effect of garlic, *Allium sativum*, Linn. IJEB. 15:489–490.
- Bongiorno PB, Fratellone PM, LoGiudice P. 2008. Potential health benefits of garlic (*Allium sativum*): A narrative review. J Complement Integr Med. 5(1):1–24.
doi: 10.2202/1553-3840.1084
- Bordia A, Bansal HC, Arora SK, Singh SV. 1975. Effect of essential oils of garlic and onion on alimentary hyperlipemia. Atherosclerosis. 21(1):15–19.
doi: 10.1016/0021-9150(75)90091-x
- Carrijo AS, Madeira LA, Sartori JR, Pezzato AC, Gonçalves JC, Cruz VC, Kuibida KV, Pinheiro DF. 2005. Powdered garlic in the alternative feeding of broiler chickens. Pesqui Agropecu Bras. 40(7): 673–679.
doi: 10.1590/S0100-204X2005000700008
- Citarasu T, Immanuel G, Marian MP. 1998. Effects of feeding Artemia enriched with stresstol and cod liver oil on growth and stress resistance in the Indian white shrimp *Penaeus indicus* post larvae. Asian Fish Sci. 12:65–75.
- Citarasu T, Jayarani TV, Babu MM, Marian MP. 1999. Use of herbal bio-medicinal products in aquaculture of shrimp. Paper presented at: Aqua-Terr Annual Symposium; School of Biological Sciences, MK University, Madurai.
- Citarasu T, Sekar R.R. Babu M.M. Marian M.P. 2002. Developing Artemia enriched herbal diet for producing quality larvae in *Penaeus monodon*. Asian Fish Sci. 15(1):21–32.
- Citarasu T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. Aquacult. Int. 18: 403–414.
- Diab AS, El-Nagar GO, Abd-El-Hady YM. 2002. Evaluation of *Nigella sativa* L (black seeds; baraka), *Allium sativum* (garlic) and BIOGEN as feed additives on growth performance and immunostimulants of *O. niloticus* fingerlings. Suez Canal Vet Med J. 5(2):745–753.
- Durak I, Aytac B, Atmaca Y, Devrim E, Avci A, Erol C, Oral D. 2004. Effects of garlic extract consumption on plasma and erythrocyte antioxidant parameters in atherosclerotic patients. Life Sci. 75(16):1959–1966.
doi: 10.1016/j.lfs.2004.04.015
- FAO. 2013. FAO Statistical Yearbook 2013: World food and agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations 289 s.
- FAO. 2016. Aquaculture Department, The State of World Fisheries and Aquaculture 2016, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 204. ISBN 978-92-5-109185-2.
- Fauci AS. 1993. Multifactorial nature of human immunodeficiency virus: implications for therapy. Science, 262(5136):1011–1018.
doi: 10.1126/science.8235617
- Fleming HP, Walter WM, Jr. Etchells JL. 1973. Antimicrobial properties of oleuropein and products of its hydrolysis from green olives. Appl Microbiol. 26(5):777–782.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J Biol Chem. 226(1):497–509.
- Goncagul G, Ayaz E. 2010. Antimicrobial effect of garlic (*Allium sativum*) and traditional medicine. J Anim Vet Adv. 9(1):1–4.
doi: 10.3923/javaa.2010.1.4
- Hadrich F, Mahmoudi A, Bouallagui Z, Feki I, Isoda H, Feve B, Sayadi S. 2016. Evaluation of hypocholesterolemic effect of oleuropein in cholesterol-fed rats. Chem-Biol Interact. 252: 54–60.
doi: 10.1016/j.cbi.2016.03.026
- Heydari H, Firouzbakhsh F, Paknejad H. 2020. Effects of *Mentha longifolia* extract on some blood and immune parameters, and disease resistance against yersiniosis in rainbow trout. Aquaculture. 515, 734586.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734586
- Iversen M, Finstad B, McKinley RS, Eliassen RA. 2003. The efficacy of metomidate clove oil aqui-s™ and benzoak® as anaesthetics in atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts and their potential stress-reducing capacity. Aquaculture. 221(1-4):549–566.
doi: 10.1016/S0044-8486(03)00111-X
- Jayaprakas V, Sambhu C. 1996. Growth response of white prawn, *Penaeus indicus* to dietary L-carnitine. Asian Fish Sci. 9(3):209–219.
- Kanani H.G, Nobahar Z, Kakoolaki S, Jafarian H. 2014. Effect of ginger- and garlic-supplemented diet on growth performance, some hematological parameters and immune responses in juvenile *Huso huso*. Fish Physiol Biochem. 40(2):481–490.
doi: 10.1007/s10695-013-9859-6
- Koshinski R, Velichkova K, Sirakov I, Stoyanova S. 2020. Effect of *Angelica archangelica* L. extract on growth performance, meat quality and biochemical blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.), cultivated in a recirculating system. Bulg J Agric Sci. 26 (1) 232–237.
- Kumari J, Sahoo PK. 2006. Dietary levamisole modulates the immune response and disease resistance of Asian catfish *Clarias batrachus* (Linnaeus). Aquac Res. 37(5):500–509.
doi: 10.1111/j.1365-2109.2006.01456.x
- Lawson LD. 1998. Garlic: a review of its medicinal effects and indicated active compounds. In: Lawson LD, Bauer R, eds. Phytomedicines of Europe: Chemistry and Biological Activity. Washington, D.C. American Chemical Society. 691(14):177–209.
doi: 10.1021/bk-1998-0691.ch014
- Maggon K. 2005. Best selling human medicine 2002–2004. Drug Discov Today. 10(11):739–742.
doi: 10.1016/S1359-6446(05)03468-9
- Metwally MAA. 2009. Effects of garlic (*Allium sativum*) on some antioxidant activities in tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*). World J Fish Mar Sci. 1(1): 56–64.
- Mithen R. 2006. Sulphur- containing compounds. In: Crozier A, Clifford N and Ashida H editors. Plant secondary metabolites: occurrence, structure and role in the human diet Hoboken, NJ: Blackwell Publishing. s. 25- 46.
- Ndong D, Fall J. 2011. The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune responses of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*).

- Journal of Clinical Immunology and Immunopathology. 3(1):1-9.
- Nudo LP, Catap ES. 2011. Immunostimulatory effects of *Uncaria perrottetii* (A. Rich.) Merr. (Rubiaceae) vinebark aqueous extract in Balb/C mice. J Ethnopharmacol. 133(2):613-620.
doi: 10.1016/j.jep.2010.10.044
- Nwabueze AA. 2012. The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and haematological parameters of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Sustainable Agric Res. 1(2):222-228.
doi: 10.22004/ag.econ.231382
- Nya EJ, Austin B. 2009. Use of garlic, *Allium sativum*, to control *Aeromonas hydrophila* infection in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). J Fish Dis. 32(11):963-970.
doi: 10.1111/j.1365-2761.2009.01100.x
- Padiya R, Chowdhury D, Borkar R, Srinivas R, Pal Bhadra M, Banerjee SK. 2014. Garlic attenuates cardiac oxidative stress via activation of PI3K/AKT/Nrf2-Keap1 pathway in fructose-fed diabetic rat. PLoS One. 9(5):e94228.
doi: 10.1371/journal.pone.0094228
- Pereira A.P, Ferreira ICFR, Marcelino F, Valentão P, Andrade F, Seabra R, Estevinho L, Bento A, Pereira JA. 2007. Phenolic compounds and antimicrobial activity of olive (*Olea europaea* L. Cv. Cobrança) leaves. Molecules. 12(5):1153-62.
doi: 10.3390/12051153
- Prasad S, Variyur PKB. 1993. Chemical investigation of some commonly used spices. Aryavaidyan. 6(4):262-267.
- Quade M.J., Roth J.A. 1997. A rapid direct assay to measure degranulation of bovine neutrophil primary granules. Vet Immunol Immunop. 58(3-4):239-248.
doi: 10.1016/s0165-2427(97)00048-2
- Qureshi AA, Din ZZ, Abuirmeileh N, Burger WC, Ahmad Y, Elson CE. 1983. Suppression of avian hepatic lipid metabolism by solvent extracts of garlic: impact on serum lipids. J. Nutr. 113(9):1746-1755.
doi: 10.1093/jn/113.9.1746
- Ramezanzadeh S, Abedian K, Esmaeili M. 2019. Immunohematological parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed supplemented diet with different forms of barberry root (*Berberis vulgaris*). Comparative Clinical Pathology. 29,177-187.
doi: 10.1007/s00580-019-03032-8
- Rashidian G, Bahrami S, Farsani MN, Prokić MD, Faggio C. 2018. The oak (*Quercus brantii*) acorn as a growth promotor for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): growth performance, body composition, liver enzymes activity and blood biochemical parameters. Nat Prod Res. 34(17):2413-2423.
doi: 10.1080/14786419.2018.1538994
- Rashidian G, Kajbaf K, Prokić MD, Faggio C. 2020. Extract of common mallow (*Malva sylvestris*) enhances growth, immunity, and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings against *Yersinia ruckeri* infection. Fish Shellfish Immun. 96:254-261.
doi: 10.1016/j.fsi.2019.12.018
- Rehulka J. 2003. Hematological analysis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) affected by viral haemorrhagic septicaemia (VHS). Dis Aquat Organ. 56(3):185-193.
doi: 10.3354/dao056185
- Rose P, Whiteman M, Moore PK, Zhu YZ. 2005. Bioactive S-alk(en)yl cysteine sulfoxide metabolites in the genus *Allium*: The chemistry of potential therapeutic agents. Nat Prod Rep. 22(3):351-368.
doi: 10.1039/b417639c
- Rufchaei R, Mirvaghefi A, Hoseinifar SH, Valipour A, Nedaei S. 2020. Effects of dietary administration of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaves extracts on innate immune parameters, antioxidant defence and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 515: 734533.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.734533
- Sahu S, Das BK, Mishra BK, Pradhan J, Sarangi N. 2007. Effects of *Allium sativum* on the immunity and survival of *Labeo rohita* infected with *Aeromonas hydrophila*. J Appl Ichthyol. 23(1):80-86.
doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00785.x
- Sambhu C. 1996. Effect of hormones and growth promoters on growth and body composition of pearlspot, *Etroplus suratensis* and white prawn *Penaeus indicus* [Ph.D. Thesis]. University of Kerala. 215 p.
- Sanandakumar S. 2002. MPEDA asks aquafarms not to use banned antibiotics, Times News Network, 9 April 2002.
- Shalaby A. 2005. The opposing effect of ascorbic acid (Vitamin C) on Ochratoxin toxicity in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Paper presented at: 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture; Philipin.
- Shalaby AM, Shalaby YA, Khattab AM, Abdel R. 2006. Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). J Venom Anim Toxins. 12(2):172-201.
doi: 10.1590/S1678-91992006000200003
- Sivaram V, Babu MM, Citarasu T, Immanuel G, Murugadass S, Marian MP. 2004. Growth and immune response of juvenile greasy groupers (*Epinephelus tauvina*) fed with herbal antibacterial active principle supplemented diets against *Vibrio harveyi* infections. Aquaculture. 237(1-4):9-20.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2004.03.014
- Siwicki AK, Anderson DP. 1993. Nonspecific defense mechanisms assay in fish II; Potential killing activity of neutrophils and macrophages lysozyme activity in serum and organs and total immunoglobulin (Ig) level in serum. In: Siwicki AK, Anderson DP, Waluga J, editors. Disease diagnosis and prevention methods. FAO-project GCP/INT/JPA IFI Olsztyn, Poland: Wydawnictwo Instytutu Rybactwa Strodładowego. s. 105-112.
- Stasiak SA, Baumann PC. 1996. Neutrophil activity as a potential bioindicator for contaminant analysis. Fish Shellfish Immun. 6(7):537-539.
doi: 10.1006/fsim.1996.0050

- Sun W, Frost B, Liu J. 2017. Oleuropein, unexpected benefits. *Oncotarget*. 8: 17409.
doi: [10.18632/oncotarget.15538](https://doi.org/10.18632/oncotarget.15538)
- Touloupakis E, Ghanotakis DF. 2010. Nutraceutical use of garlic sulfur-containing compounds. *Adv Exp Med Biol*. 698: 110-121.
doi: [10.1007/978-1-4419-7347-4_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7347-4_9)
- Xie J, Liu B, Zhou Q, Su Y, He Y, Pan L, Ge X, Xu P. 2008. Effects of anthraquinone extract from rhubarb *Rheum officinale* Bail on crowding stress response and growth of common carp *Cyprinus carpio* var. Jian. *Aquaculture*. 281(1-4):5-11.
doi: [10.1016/j.aquaculture.2008.03.038](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.038)
- Yıldız G, Uylaşer V. 2011. Doğal bir antimikrobiyel: oleuropein. *Uludağ Üniv Ziraat Fak Derg*. 25(1):131-142.
- Yılmaz S, Ergün S. 2012. Effects of garlic and ginger oils on hematological and biochemical variables of sea bass *Dicentrarchus labrax*. *J Aquat Anim Health*. 24(4):219-224.
doi: [10.1080/08997659.2012.711266](https://doi.org/10.1080/08997659.2012.711266)
- Yılmaz S, Ergün S, Çelik EŞ. 2016. Effect of dietary spice supplementations on welfare status of sea bass *Dicentrarchus labrax* L. *Proc Natl Acad Sci India Sect B: Biol Sci*. 86(1):229-237.
doi: [10.1007/s40011-014-0444-2](https://doi.org/10.1007/s40011-014-0444-2)
- Yılmaz S, Ergün S, Yığıt M. 2018. Effects of dietary FARMARIN® XP supplement on immunological responses and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*. 496:211-220.
doi: [10.1016/j.aquaculture.2018.07.024](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.024)
- Yılmaz S. 2018. Balık immunolojisi analiz yöntemleri/Methods of fish immunology analysis. İstanbul: Paradigma Akademi Yayınları 105 s.
- Yılmaz S, Ergün S. 2018. Trans-cinnamic acid application for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): I. Effects on haematological, serum biochemical, non-specific immune and head kidney gene expression responses. *Fish Shellfish Immun*. 78:140-157.
doi: [10.1016/j.fsi.2018.04.034](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.034)
- Zawistowski J, Kopec A, Jedrzczyk E, Francik R, Bystrowska B. 2018. Garlic grown from air bulbils and its potential health benefits. *ACS Symp Ser*. 1286: 315- 328.
doi: [10.1021/bk-2018-1286.ch017](https://doi.org/10.1021/bk-2018-1286.ch017)
- Zemheri-Navruz F, Acar Ü, Yılmaz S. 2019. Dietary supplementation of olive leaf extract increases haematological, serum biochemical parameters and immune related genes expression level in common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. *Fish Shellfish Immun*. 89:672-676.
doi: [10.1016/j.fsi.2019.04.037](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.04.037)



Zooplankton Fauna of Demrek Dam Lake (Kırıkhan, Hatay)

Ahmet BOZKURT ^{1*} , Bestami KARA ¹ 

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

ABSTRACT

The annual average of Secchi disk depth (100.42 ± 38.99 cm), water temperature (21.06 ± 5.96 °C), dissolved oxygen (8.33 ± 0.99 mg/l), nitrate (0.43 ± 0.19 mg/l), nitrite (0.02 ± 0.01), hardness (172 ± 17.27 mg/l), silica (1.17 ± 0.28 mg/l), phosphate (0.14 ± 0.03 mg/l), organic phosphate (1.09 ± 0.56 mg/l) and chlorophyll-*a* (0.05 ± 0.03 mg/l) were detected and according to these values, it was determined that the reservoir water has eutrophic and hyperneutrophic character. Rotifera had the highest proportion with 45 taxa, followed by Cladocera with 11 species and Copepoda with 7 species. *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Sychaeta stylata*, *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma birgei*, and *Disparalona rostrata* were present throughout the whole study period. The most abundant species from Rotifera was *Sychaeta stylata* (26034 ± 56482.24 ind./m³) followed by *Polyarthra dolichoptera* (15356 ± 9593.48 ind./m³) and *Keratella cochlearis* (11850 ± 15441.51 ind./m³). In the study, the most common species belonging to Cladocera was *Ceriodaphnia pulchella* (7042 ± 6759.93 ind./m³) and the most abundant copepod species was *Cyclops vicinus* (2553 ± 1596.48 ind./m³).

Keywords: Demrek Dam Lake, water quality, zooplankton

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 21.06.2020

Revised : 24.08.2020

Accepted : 30.08.2020

Published : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.755863

* CORRESPONDING AUTHOR

ahmet.bozkurt@iste.edu.tr

Phone : +90 326 614 16 93/3405

Demrek Baraj Gölü (Kırıkhan, Hatay) Zooplankton Faunası

Öz: Yıllık ortalama secchi disk derinliği ($100,42 \pm 38,99$ cm), su sıcaklığı ($21,06 \pm 5,96$ °C), çözülmüş oksijen ($8,33 \pm 0,99$ mg / l), nitrat ($0,43 \pm 0,19$ mg / l), nitrit ($0,02 \pm 0,01$), sertlik ($172 \pm 17,27$ mg / l), silikat ($1,17 \pm 0,28$ mg / l), fosfat ($0,14 \pm 0,03$ mg / l), organik fosfat ($1,09 \pm 0,56$ mg / l) ve klorofil-a ($0,05 \pm 0,03$ mg / l) tespit edildi ve bu değerlere göre rezervuar suyunun ötrofik ve hiperneutrofik karaktere sahip olduğu belirlendi. Rotifera 45 taksonla en yüksek orana sahipken, onu 11 tür ile Cladocera ve 7 tür ile Copepoda izledi. Bütün çalışma süresince *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Sychaeta stylata*, *Bosmina longirostris*, *Diaphanosoma birgei* ve *Disparalona rostrata* mevcuttu. Rotifera'dan en bol bulunan tür *Sychaeta stylata* ($26034 \pm 56482,24$ birey /m³) iken, bunu *Polyarthra dolichoptera* ($15356 \pm 9593,48$ birey /m³) ve *Keratella cochlearis* ($11850 \pm 15441,51$ birey/m³) takip etmiştir. Çalışmada Kladocera'ya ait en yaygın türün *Ceriodaphnia pulchella* ($7042 \pm 6759,93$ birey /m³) ve Kopepoda'ya ait en bol türün ise *Cyclops vicinus* ($2553 \pm 1596,48$ birey /m³) olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Demrek Baraj Gölü, su kalitesi, zooplankton

How to Cite

Bozkurt A, Kara B. 2020. Zooplankton Fauna of Demrek Dam Lake (Kırıkhan, Hatay). LimnoFish. 6(3): 189-200. doi: 10.17216/LimnoFish.755863

Introduction

The zooplanktonic organisms living in the lake ecosystem not only form the nutrients of planktivorous fish but also become a source of food for all insects, fish larvae, invertebrates, and other aquatic animals in the ecosystem. Besides, zooplankton are potential indicators for the water properties, pollution, and eutrophication status of the waters in which they are found (Hecky and Kilham 1973; Běrzinš and Pejler 1987; Miksch 1989).

Various studies have reported that there is a close relationship between the efficiency of the aquatic environment and zooplanktonic organisms; since pollution has negative effects on zooplankton. In lake ecosystems, there is a balance between the living and inanimate factors of the lake.

Since the damages caused by people to nature disrupt the balance of the ecosystem, a considerable part of the living organisms in the lakes are destroyed due to pollution. The most important factor that

disrupts the balance in the ecosystem is the unconscious exploitation of the environment to meet the luxurious living needs of the growing population. Studies on zooplanktonic organisms, which constitute the nutrients of many fish species in their younger periods and that transform the plant foods into animal proteins in the aquatic environment, have also been accelerated (Güher 1999).

As a result of the increase in industrial, domestic, and agricultural waste disposal into water systems, there is an accumulation of highly nutritious elements leading to eutrophication.

Since excessive phytoplankton growth and biological pollution are involved in eutrophication, plankton studies are important to provide information about ecosystems on topics such as the biodiversity of the lakes, pollution, and trophic levels. Turkey is considered as rich in terms of inland water resources. It is necessary to know the inland

waters, aquatic organisms, and their distribution in our country for using these inland water resources efficiently.

No previous studies have been conducted in Demrek Dam Lake, where zooplankton species diversity and some water quality characteristics were investigated. On the other hand, this study, which is carried out in the dam lake, is important in terms of being an example for the next studies.

Materials and Methods

The study was carried out between April 2013 and March 2014 in Demrek Dam Lake, which has 48 ha lake area, in Hatay province Hassa district (Figure 1). Demrek Dam Lake has 1995 hm³ water storage volume, 276 ha irrigation capacity, its construction started in 1997, its construction was completed in 2006 and it was put into operation in 2006 (Anonymous 2006).

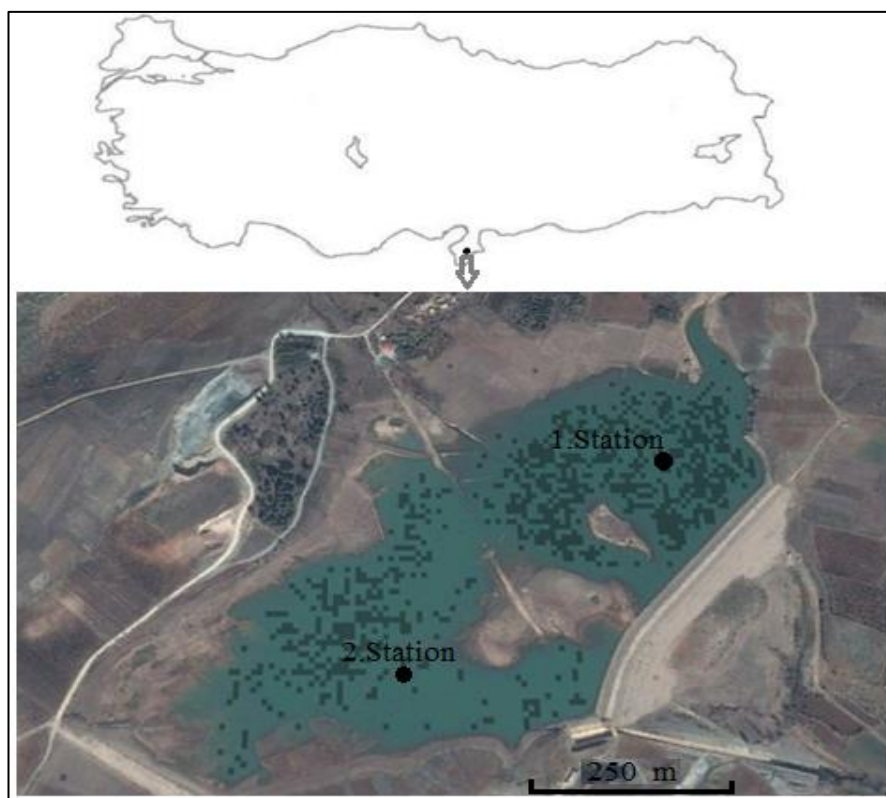


Figure 1. Demrek Dam Lake and sampling stations.

Zooplankton samples were taken from 2 stations with horizontal and vertical hauls by using 60 µm mesh size plankton nets monthly for systematic analyses. Using the Nansen bottle, two liters of water samples were collected from each depth of the different water layers (surface, medium and deep) of both stations. Water quality parameters and chlorophyll-*a* were analyzed from water samples. For the chlorophyll-*a* analysis and chemical analyzes, one lt and 100 ml of the total water samples were used, respectively. The remaining part (4.9 lt) was

filtered from a collector having a mesh size of 60 µm for zooplankton analyses. All zooplankton samples were fixed in 4% formaldehyde. Dissolved oxygen, water temperature, and conductivity were measured directly in the field using digital instruments (oxygen and temperature: YSI model 52 oxygen meter; conductivity: YSI model 30 salinometer). YSI 950 photometer and its procedure were used to determine nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, phosphate phosphorus, Organic phosphate; the method in APHA 1995 was used to determine chlorophyll-*a*

spectrophotometrically. Secchi depth was measured using a Secchi disk with a diameter of 20 cm.

The lowest depth at the stations was 4 m (station 1) and 7 m (station 2) in October, and the highest depth was 9 m and 12 m in May, respectively. Species identifications were made using a binocular microscope according to the works of Edmondson (1959), Scourfield and Harding (1966), Dussart (1967), Kiefer and Fryer (1978), Koste (1978), Negrea (1983), Segers (1995), De Smet (1996, 1997), Nogrady and Segers (2002), Hołyńska et al. (2003) and Benzie (2005). Zooplankton count was performed using an inverted microscope in a petri dish with 2 mm lines at the bottom. The sample cup was made homogenized by shaking and 2 cc sub-sample was taken from the cup and it was placed in a petri dish and the individuals of each species were separately counted. This process has been repeated 4-5 times.

CTM tolerance of the species (SPSS 20.1). Duncan's multiple range test (DMRT) was carried out for post hoc mean comparisons. Regression analysis was also carried out to evaluate the relationship between acclimation temperature and CTMin and CTMax ($p \leq 0.05$).

Results

Secchi disk depth reached the maximum depth of 160 cm in May and the minimum depth of 55 cm in September, with a mean value of 100.42 ± 38.99 cm (Table 1, Figure 2). The water temperature was close to regional seasonal norms, increased from spring to summer, and decreased from autumn to winter. Thus, it was ranged from 13.58°C in December to 31.42°C in August (annual average $21.06 \pm 5.96^\circ\text{C}$).

The highest and the lowest dissolved oxygen values were recorded in February and July as 9.70 and 6.83 mg/l, respectively (average 8.33 ± 0.99 mg/l, over the study period; Table 1, Figure 2).

Nitrate and nitrite levels showed similar patterns during the study period and maximum levels were recorded in December and January (0.595 mg/l and 0.056 mg/l), respectively. The minimum nitrate level was 0.035 mg/l in November, but the minimum nitrite level was 0.009 mg/l in November and March (Figure 2). The mean nitrate and nitrite concentrations were 0.43 ± 0.19 mg/l and 0.02 ± 0.01 mg/l at the end of the study (Table 1).

Hardness showed irregular ups and downs in the summer, increasing properly from September to February, but remained almost stable in spring. The average, maximum, and minimum total hardness values were 172 ± 17.27 mg/l, 205 mg/l, and 133.33 mg/l respectively.

The average silica level was 1.17 ± 0.28 mg/l. Silica concentrations were observed as 0.635 mg/l in May, gradually increased to 1.588 mg/l in August, decreased to 0.932 mg/l until December, and reincreased to 1.422 mg/l in May.

Phosphate, the most vital nutrient affecting the productivity of natural water resources, was 0.14 ± 0.03 mg/l, on average. The highest and the lowest phosphate values recorded in February and June were 0.192 mg/l and 0.104 mg/l, respectively (Table 1, Figure 2). Phosphate levels increased during the summer until August following a gradual decrease this month. It increased from October to February and decreased from here until June. The maximum, minimum, and mean organic phosphate values were 1.83 mg/l (November at the first station), 0.38 mg/l (January at the second station), and 1.09 ± 0.56 mg/l, respectively (Table 1, Figure 2).

Chlorophyll-*a* ranging from 0.013 mg/l in March to 0.086 mg/l in June and September was averaged to be 0.05 ± 0.03 mg/l (Table 1, Fig. 2). Chlorophyll *a* fluctuated irregularly from April to September, and it decreased from here to March.

Table 1. Maximum, minimum, and average values of water quality parameters.

	Secchi-disk(cm)	Temp (°C)	DO (mg/l)	Chl-a (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	SiO-Si (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	Hardness	Org. PO ₄ (mg/l)
Max	160.00	31.42	9.70	0.086	0.056	0.595	1.588	0.192	205.00	1.83
Min	55.00	13.58	6.83	0.013	0.009	0.035	0.635	0.104	133.33	0.38
Average	100.42 ± 38.99	21.06 ± 5.96	8.33 ± 0.99	0.05 ± 0.03	0.02 ± 0.01	0.43 ± 0.19	1.17 ± 0.28	0.14 ± 0.03	172.36 ± 17.27	1.09 ± 0.56

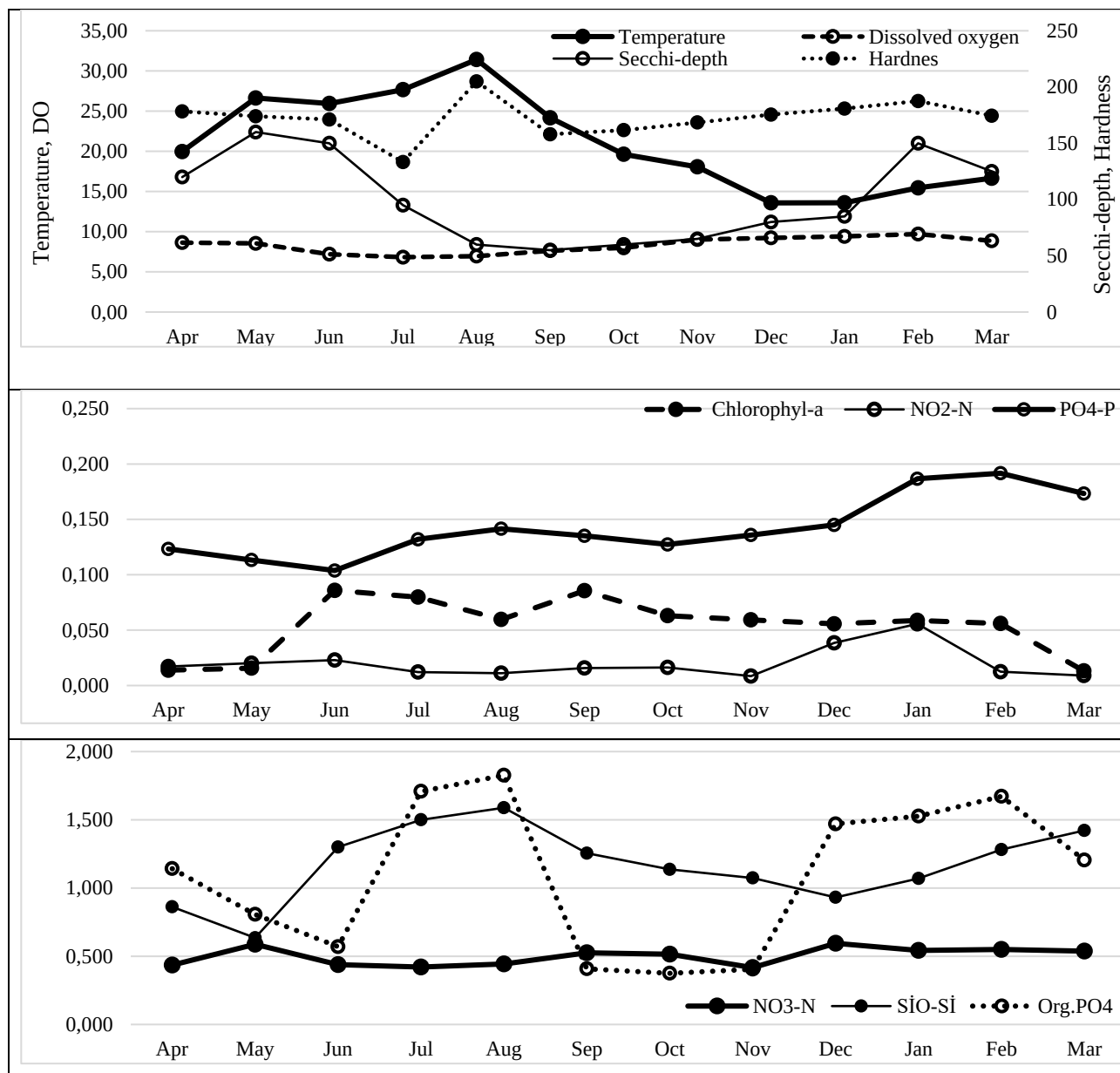


Figure 2. Monthly change of water quality parameters.

The zooplankton taxa identified in Demrek Dam Lake are shown in Table 2. The zooplankton assemblage included 63 species. Rotifera had the highest proportion with 45 taxa, followed by Cladocera with 11 species and Copepoda with 7 species.

A. priodonta, *K. cochlearis*, *P. dolichoptera*, *S. stylata*, *B. longirostris*, *D. birgei* and *D. rostrata* were present throughout the whole study period. It was determined that these species were followed by *A. ovalis*, *F. longiseta*, *K. valga*, which were found for 11 months, and *T. similis*, which were found for 10 months.

Copepoda were found for 8 months. The least recorded species were as follows: *A. fissa*, *B. budapestinensis*, *B. urceolaris*, *B. quadridentatus*, *B. nilsoni*, *C. adriatica*, *C. colurus*, *Conochiloides* sp., *D. epicharis*, *E. dilatata*, *H. oxyuris*, *K. tecta*, *L.*

closterocerca, *L. luna*, *L. hastata*, *L. hamata*, *L. stenroosi*, *L. tenuiseta*, *L. patella*, *L. rhomboides*, *L. ovalis*, *L. salpina*, *P. quadricornis*, *S. longicaudum*, *T. patina*, *T. porcellus*, *T. tigris*, *A. guttata*, *C. sphaericus*, *I. sordidus*, *P. laevis*, *C. vicinus*, *D. bicuspidatus*, *M. albidus*, *M. leuckarti*, *P. chiltoni*, *B. minutus*, *N. hibernica*

In terms of numbers, according to the monthly distribution of the groups, the highest numbers of Rotifera were found with 22 taxa in July, followed by 21 taxa recorded in November, 20 taxa in October, but only 10 taxa were determined in April. Cladocera showed the highest number of taxa in May with 9 taxa, followed by April, June, July, October, and March with 7 taxa and November with 6 taxa. Only 3 species of Cladocera was found in January. Copepoda showed the maximum diversity with 3 taxa in July and

was the highest with 32 species in July, followed by October with 30 species. It was determined to be the least with 18 species in April and August (Table 2).

Table 2. Zooplankton species list and monthly availability.

	Apr 2013	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan 2014	Feb	Mar
Rotifera												
<i>Anuraeopsis fissa</i> Gosse, 1851			+	+		+						
<i>Ascomorpha ovalis</i> (Bergendahl, 1892)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	+	+	+	+	+	+		+	+			
<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday, 1885				+			+	+				
<i>Brachionus urceolaris</i> Müller, 1773	+											
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783				+			+	+				
<i>Brachionus nilsoni</i> Ahlstrom, 1940		+										
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1830)		+	+	+			+	+	+	+	+	+
<i>Collotheca pelagica</i> (Rousselet, 1893)			+	+				+	+			
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831										+	+	
<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	+											
<i>Conochiloides</i> sp.						+	+	+			+	
<i>Dicranophorus epicharis</i> Harring & Myers, 1928	+											
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832									+	+	+	
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)			+	+		+	+	+		+		
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Sernov, 1903)									+			
<i>Itura aurita</i> (Ehrenberg, 1830)				+	+	+	+	+		+	+	
<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)			+	+		+						
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella valga</i> (Ehrenberg, 1834)		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Lecane closterocerca</i> (Schmarda, 1859)										+		+
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)												+
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)							+		+	+		+
<i>Lecane hastata</i> (Murray, 1913)								+				
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)											+	
<i>Lecane stenroosi</i> (Meissner, 1908)			+									
<i>Lecane tenuiseta</i> Harring, 1914								+				
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)		+				+					+	
<i>Lepadella rhomboides</i> (Gosse, 1886)							+					
<i>Lepadella ovalis</i> (Bergendahl, 1892)	+											
<i>Lophocharis salpina</i> (Ehrenberg, 1834)									+			
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)			+	+				+	+	+	+	+
<i>Platytias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)							+					
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Rotaria neptunia</i> (Ehrenberg, 1830)	+		+	+			+					+
<i>Scaridium longicaudum</i> (Müller, 1786)					+							
<i>Sychaeta stylata</i> Wierzejski, 1893	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)				+	+							
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzeski, 1893)		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Trichocerca pusilla</i> (Jennings, 1903)		+	+	+	+	+				+		
<i>Trichocerca porcellus</i> (Gosse, 1851)							+					
<i>Trichocerca tigris</i> (Müller, 1786)			+					+				
<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)				+			+	+			+	
Total rotifer	10	13	19	22	13	16	20	21	16	16	17	14
Cladocera												
<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1785)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	+	+		+			+				+	+
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek,1981	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Macrothrix laticornis</i> (Jurine, 1820)	+	+	+	+	+		+	+				
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875		+	+	+	+	+	+	+				
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+	+	+	+			+	+	+			+
<i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1862)											+	
<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1776)		+										+

Table 2. Continued.

	Apr 2013	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan 2014	Feb	Mar
Cladocera												
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Lievin, 1848)	+											+
<i>Pleuroxus laevis</i> Sars, 1862		+	+									
Total cladocer	7	9	7	7	5	4	7	6	4	3	5	7
Copepoda												
<i>Cyclops vicinus</i> Ulyanin, 1875	+						+					+
<i>Diacyclops bicuspidatus</i> (Claus, 1857)										+		
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)							+					
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)			+	+			+					
<i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882)			+					+				
<i>Bryocamptus minutus</i> (Claus, 1863)				+		+						
<i>Nitokra hibernica</i> (Brady, 1880)				+				+				
Total copepod	1	0	2	3	0	1	3	2	0	1	0	1
Total zooplankton	18	22	28	32	18	21	30	29	20	20	22	22

Table 3. Monthly abundance of zooplankton

Species	Months	April 2013	May	June	July	Aug	Sept
Rotifera							
<i>A. fissa</i>				6702	1126		355
<i>A. ovalis</i>			1858	4204	74275	1879	15074
<i>A. priodonta</i>	728	9299	13241	9081	4442	4402	
<i>B. angularis</i>	666	1423	909	15268	728	1634	
<i>B. budapestinensis</i>				293			
<i>B. quadridentatus</i>				327			
<i>C. gibba</i>		306	303	502			
<i>C. pelagica</i>			758	248			
<i>C. colurus</i>	259						
<i>Conochiloides</i> sp							1862
<i>D. epicharis</i>	476						
<i>E. dilatata</i>							
<i>F. longiseta</i>		1000	1352	2519	571	939	
<i>F. opoliensis</i>			294	250		692	
<i>H. oxyuris</i>							
<i>I. aurita</i>				2055	284	370	
<i>K. tecta</i>			1251	327		357	
<i>K. cochlearis</i>	3686	13508	5849	9333	1270	852	
<i>K. valga</i>		4686	2552	10566	2277	2491	
<i>L. closterocerca</i>							
<i>L. luna</i>							
<i>L. lunaris</i>							
<i>L. hamata</i>							
<i>L. stenroosi</i>			256				
<i>L. patella</i>		1143				365	
<i>L. salpina</i>							
<i>N. squamula</i>			769	333			
<i>P. quadricornis</i>							
<i>P. dolichoptera</i>	18620	4530	4440	19608	4719	23590	
<i>R. neptunia</i>	667		825	770			
<i>S. stylata</i>	11007	6251	9802	21244	712	14023	
<i>T. patina</i>				250	313		
<i>T. similis</i>		625	13036	6355	822	1987	
<i>T. pusilla</i>		625	10852	2766	15397	706	
<i>T. tigris</i>			513				
<i>T. tetractis</i>				251			
Average rotifer	4514± 6763.08	3771± 4139.50	4100± 4529.23	8079± 16171.94	2785± 4248.77	4356±6906.58	

Table 3. Continued.

Species	Months	April 2013		May	June	July	Aug	Sept
Cladocera								
<i>B. longirostris</i>		1567		5983	11564	4372	33154	2271
<i>C. pulchella</i>		15423		13799		1154		
<i>D. birgei</i>		1095		1508	640	3787	28102	10512
<i>M. laticornis</i>		1664		283	431	438	455	
<i>M. micrura</i>				287	280	1928	851	713
<i>C. rectangularis</i>		1997		6990	464	894		
<i>A. guttata</i>								
<i>D. rostrata</i>		913		2087	1080	1269	690	763
Average cladocer		3777± 5719.13		4420± 4918.21	2410± 4493.06	1977± 1512.97	12650± 16508.74	3565±4687.58
Copepoda								
<i>C. vicinus</i>		3788						
<i>D. bicuspidatus</i>								
<i>M. albidus</i>								
<i>M. leuckarti</i>					303	580		
<i>P. chiltoni</i>					303			
<i>N. hibernica</i>						763		
Average copepod		3788±0		0±0	303±0	672±129.40	0±0	0±0
Average zooplankton		4026± 422.30		4095± 2386.59	2271± 1902.51	3576± 3954.25	7717± 6647.33	3960± 2320.57
Species	Months	Oct	Nov	Dec	Jan 2014	Febr	Marc	Average
Rotifera								
<i>A. fissa</i>								2728±3463.39
<i>A. ovalis</i>		2616	889	290	784	4371		10624±22772.80
<i>A. priodonta</i>		27286	1080	20476	1612	1201	891	7812±8641.56
<i>B. angularis</i>			521	276				2678±5107.07
<i>B. budapestinensis</i>		2483	3141					1972±1491.09
<i>B. quadridentatus</i>								327±0
<i>C. gibba</i>		451	520	295	1863	692		617±521.99
<i>C. pelagica</i>			272	279				389±246.19
<i>C. colurus</i>								259±0
<i>Conochiloides</i> sp		1403	3867			939		2018±1289.13
<i>D. epicharis</i>								476±0
<i>E. dilatata</i>				267	882	293		481±347.81
<i>F. longiseta</i>		14606	2194	537	907	999	253	2352±4121.02
<i>F. opoliensis</i>		1462	771		293			627±466.21
<i>H. oxyuris</i>				273				273±0
<i>Ī. aurita</i>		12132	257		295	2056		2493±4330.34
<i>K. tecta</i>								645±525.03
<i>K. cochlearis</i>		48237	6669	2949	38695	10508	640	11850±15441.51
<i>K. valga</i>		76334	13275	2008	1858	1567		11761±23048.84
<i>L. closterocerca</i>					291		2562	1427±1605.84
<i>L. luna</i>							258	258±0
<i>L. lunaris</i>		998		276	577		945	699±338.49
<i>L. hamata</i>						287		287±0
<i>L. stenroosi</i>								256±0
<i>L. patella</i>						295		601±470.69
<i>L. salpina</i>				280				280±0
<i>N. squamula</i>			274	4845	2944	557	262	1426±1782.20
<i>P. quadricornis</i>		325						325±0
<i>P. dolichoptera</i>		27206	25262	1566	26716	12435	15574	15356±9593.48
<i>R. neptunia</i>		332					927	704±228.30
<i>S. stylata</i>		204367	4407	16644	13529	8485	1936	26034±56482.24
<i>T. patina</i>								282±44.55
<i>T. similis</i>		2714	8982	172		1079	989	3676±4351.43

Table 3. Continued.

Species	Months	Oct	Nov	Dec	Jan 2014	Febr	Marc	Average
<i>T. pusilla</i>					285			389±6435.50
<i>T. tigris</i>			265					389±175.36
<i>T. tetractis</i>		318	276			317		291±32.81
Average rotifer		24898±50776.53	4051±6401.44	3215±6167.40	6102±11515.92	2880±3964.39	2294±4462.00	5920±6180.93
Cladocera								
<i>B. longirostris</i>		14780	1653	2235	3583	803	2188	7013±9291.93
<i>C. pulchella</i>		1988				276	9610	7042±6759.93
<i>D. birgei</i>		2719	3755	3210	2209	2125	1210	5073±947.53
<i>M. laticornis</i>		2856	772					986±947.53
<i>M. micrura</i>		2844	255					1023±995.35
<i>C. rectangula</i>		935	268	315			375	1530±2278.08
<i>A. guttata</i>						262		262±0
<i>D. rostrata</i>		4726	1291	1054	946	577	386	1315±1158.28
Average cladocer		4407±4713.55	1332±1310.06	1704±1278.26	2246±1318.89	809±769.58	2754±3904.36	3504±3108.37
Copepoda								
<i>C. vicinus</i>		750					3120	2553±1596.48
<i>D. bicuspidatus</i>					288			288±0
<i>M. albidus</i>		993						993±0
<i>M. leuckarti</i>		987						623±344.053
<i>P. chiltoni</i>			266					285±26.16
<i>N. hibernica</i>			780					772±12.02
Average copepod		523±138.60	523±363.45	0±0	288±0	0±0	3120±0	768±1285.49
Average zooplankton		9943±13096.48	1969±1848.16	2459±1608.47	2879±2958.18	1844±1485.37	2723±413.89	3398±2319.00

The most abundant species from Rotifera was *S. stylata* (annual average 26034±56482.24 ind./m³). *P. dolichoptera* (15356±9593.48 ind./m³) and *K. cochlearis* (11850±15441.51 ind./m³) were found the second and third abundant species, respectively. The least abundant species was *L. stenroosi* (256±0 ind./m³).

In this study, the most common species belonging to Cladocera was *C. pulchella* (7042±6759.93 ind./m³) according to their annual averages. The second abundant species was *B. longirostris* (7013±9291.93 ind./m³) and followed by *D. birgei* (5073±7700.78 ind./m³). The most abundant copepod species was *C. vicinus* (2553±1596.48 ind./m³) followed by *M. albidus* (993±0 ind./m³) and *N. hibernica* (772±12.02 ind./m³). The least abundant cladoceran species were *A. guttata* (262±0 ind./m³) and copepod *P. chiltoni* (285±26.16 ind./m³).

Considering their monthly abundance, the most abundant species was rotifer *S. stylata* (October 2013, 204367 ind./m³) and followed by *K. valga* (October 2013, 76334 ind./m³), and *A. ovalis* (July 2013, 74275 ind./m³). The least abundant species was *T. similis* obtained in December 2013 (172 ind./m³) (Table 3).

The most abundant species were copepod *C. vicinus* (April 2013, 3788 ind./m³) and cladoceran *B. longirostris* (August 2013, 33154 ind./m³). Other abundant species were cladoceran *D. birgei* (August 2013, 28102 ind./m³), *C. pulchella* (April 2013, 15423 ind./m³), copepod *M. albidus* (October 2013, 993 ind./m³), *M. leuckarti* (October 2013, 987 ind./m³) and *N. hibernica* (780 ind./m³). The least abundant species from Cladocera were *A. guttata* (February 2014, 262 ind./m³) and copepod *P. chiltoni* (November 2013, 266 ind./m³) (Table 3).

The most dominant rotifer (24898±50776.53 ind./m³), and total zooplankton (9943±12231.09 ind./m³) were obtained in October 2013, cladocer in August 2013 (12656±16508.74 ind./m³) and copepod in April 2013 (3788±0 ind./m³). The mean rotifer, cladocer and copepod abundance were 5920±6180.91 ind./m³, 3504±3108.29 ind./m³ and 768±1285.49 ind./m³ in the dam lake respectively. The mean zooplankton was the most abundant in October (9943 ± 41292.83), followed by August (7717 ± 10100.33) and May (4095 ± 4317.16), but the least abundant zooplankton was in February (1844 ± 3566.94) (Table 3).

It has been determined that Rotifera, Cladocera, Copepoda and average zooplankton showed monthly irregular and unstable fluctuations, and peaked in the middle of

summer and autumn. Copepod was not found in quantitative samples in May, August, September, December, and February (Figure 3, Table 3).

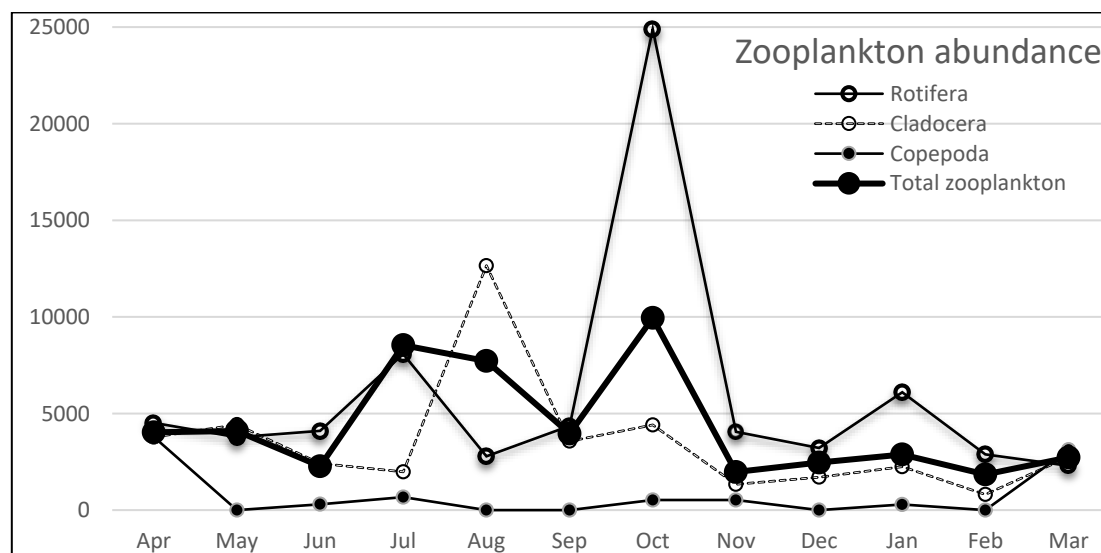


Figure 3. Monthly abundances of zooplankton.

Table 4. Relationship levels between water quality parameters and zooplankton abundance.

	Rotifera	Cladocera	Zooplankton
Temp (°C)	$R^2 = 0.09$	$R^2 = 0.61$	$R^2 = 0.34$
DO (mg/l)	$R^2 = 0.17$	$R^2 = 0.34$	$R^2 = 0.45$
Chl-a (mg/l)	$R^2 = 0.14$	$R^2 = 0.04$	$R^2 = 0.04$
NO ₂ -N (mg/l)	$R^2 = 0.01$	$R^2 = 0.05$	$R^2 = 0.08$
NO ₃ -N (mg/l)	$R^2 = 0.07$	$R^2 = 0.07$	$R^2 = 0.12$
SiO-Si (mg/l)	$R^2 = 0.04$	$R^2 = 0.46$	$R^2 = 0.21$
PO ₄ -P (mg/l)	$R^2 = 0.08$	$R^2 = 0.17$	$R^2 = 0.24$
Hardnes	$R^2 = 0.54$	$R^2 = 0.57$	$R^2 = 0.43$
Org. PO ₄ (mg/l)	$R^2 = 0.15$	$R^2 = 0.18$	$R^2 = 0.26$

A significant functional relationship was found between zooplankton and water quality parameters (hardness-rotifer, $R^2 = 0.54$; temperature-cladocer, $R^2 = 0.61$; hardness-cladocer, $R^2 = 0.57$). A weak correlation was found between zooplankton and other water quality parameters (Table 4).

Discussion

Water quality parameters and zooplankton communities together form a comprehensive ecosystem having interaction between both zooplankton and phytoplankton and the water quality parameters. These interactions are directly or indirectly subjected to the complex influences, some of which results in quantitative changes (Welch 1952). Water quality parameters in the study were observed to be within the normal values for animals in the water. According to this, water temperature

values (13.58-31.42 °C) in the study generally reflect the climatic conditions of the region and they are ideal for zooplankton and their development. Mean dissolved oxygen concentrations were above 5 mg/l (6.83-9.70 mg/L) which was enough to support aquatic life, especially the zooplankton community (Karpowicz and Ejsmont-Karabin 2017).

The mean value of chlorophyll-*a* was relatively high (0.013-0.086 mg /L) and indicated that the lake has a eutrophic character, according to Wetzel (1975).

Inorganic forms of nitrogen (NO₃⁻ and NO₂⁻) can be used by aquatic plants and algae (Tepe and Boyd 2002). If these inorganic forms of nitrogen exceed 0.3 mg/l (as N) in spring, it means there is enough nitrogen to support summer algal blooms. The concentrations of nitrogen forms in Demrek Dam

Lake were enough to support algae blooms and indirectly zooplankton biomass. The quality of reservoir waters generally varied between clean water and much-polluted water throughout the year in terms of nitrite values (YSKY 2012). As the nitrate-nitrogen values determined in the study were below 10 mg/l, thus the reservoir waters were in the category of clean and less polluted water.

Orthophosphate values changed between 0.104 mg/l and 0.192 mg/l and the reservoir waters generally have the second-class polluted water and the third-class polluted water in terms of phosphate according to the YSKY (2012). As a result, according to the Regulation on Surface Water Quality, reservoir water was first-class water in point of $\text{NO}_3\text{-N}$, partly also dissolved oxygen, and third class water in point of $\text{NO}_2\text{-N}$ (YSKY 2012).

The annual mean values of total phosphorus and chlorophyll-a with 0.14 mg/L and 0.05 mg/L respectively also make the lake in hyper-eutrophic class according to YSKY (2012). The Dam Lake was determined to be eutrophic in terms of average Secchi disc depth and mesotrophic in terms of nitrogen (YSKY 2012).

Since there is a close relation between phytoplankton and zooplankton because of the food chain, increases were observed in zooplankton biomass following the phytoplankton bloom. The highest amount of Rotifera was reported in the area where phytoplankton bloom occurred, as they consequently found abundant food sources (Ruttner-Kolisko 1974; Horn and Goldman 1994; Noges 1997). Similar results were found in the present study. In May, chlorophyll increased due to decreased zooplankton. In the following months, the amount of zooplankton was decreased with a decrease in chlorophyll-a but increased with an increase in chlorophyll-a.

Zooplankton species diversity and abundance of Demrek Dam Lake seem to be considerably rich compared with other studies carried out in different Turkish lakes [17 Rotifera species in Yamansaz Lake (Yalın 2006); 16 Rotifera species in Hazar Lake (Tellioğlu and Şen 2002); a total of 17 species, 10 belong to Rotifera, 5 to Cladocera and 2 to Copepoda, in Lake Burdur (Altındağ and Yiğit 2002). Yıldız et al. (2007) declared that 41 species were found in Lake Marmara, including 29 Rotifera, 8 Cladocera, and 4 Copepoda. Bekleyen and Taş (2008) had found 10 species from Cladocera, 3 from Copepoda, and 18 from Rotifera (a total 31 species) in Çernek Lake. The same situation was observed in dam lakes. Results of some studies were as follow: 54 species were declared in Aslantaş Dam Lake, including 35 Rotifera, 14 Cladocera, and 5 Copepoda (Bozkurt et al. 2009; Bozkurt and Göksu 2010); totally 39 taxa

declared, containing 21 rotifer, 11 cladocer and 7 copepod in Birecik Dam Lake (Bozkurt and Sağat 2008). Some others; 11 rotifer, 7 cladocer and 1 copepod, 19 species in total in Çamlığöze Dam Lake (Dirican and Musul 2008); 12 cladocer, 5 copepod, 17 species in total in Devegeçidi Dam Lake (Bekleyen 2006); 8 cladocer, 2 copepod, 10 species in total in Çatalan Dam Lake (Aladağ et al. 2006); 18 rotifer, 9 cladocer and 4 copepod, 31 species in total in Hirfanlı Dam Lake (Yiğit and Altındağ 2005); 11 rotifer in Kesikköprü Dam Lake (Yiğit 2002); 21 rotifer, 7 cladocer and 4 copepod, 32 species in total in Kurtboğazı and Çamlıdere Dam Lakes (Demir 2005); 8 cladocer and 4 copepod, 12 species in total in İkizcetepeler Dam Lake (Alper et al. 2007); 34 rotifer at Devegeçidi Dam Lake (Bekleyen 2001) and 28 rotifer, 16 cladocer and 3 copepod, 47 species in total were declared (Bekleyen 2003).

The simultaneous presence of several species of the genus *Brachionus* is a good indication for the eutrophic nature of an aquatic ecosystem (Angeli 1976; Mageed 2008; Uzma 2009). Patalas (1972) noticed that in the lakes of EUA the cyclopoid copepods were more abundant in eutrophic waters than calanoid copepods.

The results of the study are in accordance with the above information and a large number of species reported by various researchers as eutrofication indicators have also been identified in the study. These species are *A. fissa*, *N. squamula*, *P. quadricornis*, *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *P. dolichoptera*, *B. angularis*, *R. neptunia*, *B. urceolaris*, *B. quadridentatus*, *L. luna*, *L. lunaris*, *L. patella*, *T. patina*, *B. nilsoni*, *T. pusilla*, *T. tetractis*, *E. dilatata*, *F. longiseta*, *F. opoliensis*, *I. aurita*, *B. longirostris*, *M. micrura*, *K. tecta*, *D. birgei*, *C. rectangula*, *C. sphaericus*, *C. vicinus*, *M. leuckarti* (Pourriot 1964; Hutchinson 1967; Flössner 1972; Ruttner-Kolisko 1974; Koste 1978; Braioni and Gemlini 1983; Gulati 1983; Margaritora 1985; Koste and Shiel 1986; Saksena 1987; Pejler and Bērziņš 1994; Smith 2001; Lucinda et al. 2004; Baião and Boavida 2005). Considering the water quality parameters and the determined species, it can be said that the Demrek Dam Lake is eutrophic. The remaining species in the study are widely distributed in the inland water of Turkey and have been identified in many studies (Ustaoglu et al. 2012; Ustaoglu 2015).

Acknowledgements

The authors would like to thank Ece Kılıç from Iskenderun Technical University for providing comments that improved the quality of the manuscript and for correcting the English.

References

- Aladağ AT, Erdem C, Karaytuğ S. 2006. Cladocera ve Copepoda (Crustacea) fauna of Çatalan Dam Lake (Adana, Turkey). *EgeJFAS*. 23(3-4): 427-428.
- Alper A, Çelebi E, Çam H, Karaytuğ S. 2007. Cladocera and Copepoda (Crustacea) fauna of İkizcetepeler Dam Lake (Balıkesir, Turkey). *Turk J Fish Aquat Sc*. 7:71-73.
- Altındağ A, Yiğit S. 2002. The zooplankton fauna of Lake Burdur. *Ege JFAS*. 19(1-2):129-132.
- Angeli N. 1976. Influence de la pollution sur les éléments du plancton. In: Pesson P, editör. *La Pollution des eaux continentales*. Paris: Gauthier-Villars. p. 97-134.
- Anonymous 2006. General Directorate of State Hydraulic Works. [Erişim tarihi: 20 Haz 2020]. Erişim Adresi: <http://bolge06.dsi.gov.tr/isletmedekitesisler/baraj-g%C3%B6let/>
- APHA 1995. Standard methods for the examination of water and waste water, 19th Ed. Washington, DC: American Public Health Association 1325 p.
- Baião C, Boavida MJ. 2005. Rotifers of Portuguese reservoirs in river Tejo catchment: Relations with trophic state. *Limnetica* 24(1-2):103-114. doi: 10.23818/limn.24.10
- Bekleyen A. 2001. A Taxonomical Study on the Rotifera fauna of Devegeçidi Dam Lake (Diyarbakır-Turkey). *Turk J Zool*. 25(3):251-255.
- Bekleyen A. 2003. A Taxonomical study on the zooplankton of Göksu Dam Lake (Diyarbakır). *Turk J of Zool*. 27(2):95-100.
- Bekleyen A. 2006. Devegeçidi Baraj Gölü'nün (Diyarbakır) Cladocera ve Copepoda (Crustacea) faunası. Turkey). *Ege JFAS*. 23(3-4):413-415.
- Bekleyen A, Taş B. 2008. Zooplankton fauna of Çernek Lake. *Ekoloji*. 17(67):24-30.
- Benzie JAH. 2005. Cladocera: the genus *Daphnia* (including *Daphniopsis*). Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers 376 p.
- Bērziņš B, Pejler B. 1987. Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*. 147:107-116. doi: 10.1007/bf00025733
- Bozkurt A, Sagat Y. 2008. Birecik Baraj Gölü zooplaktonunun vertikal dağılımı. *Journal of FisheriesSciences.com*. 2(3):332-342. [in Turkish]. doi: 10.3153/jfscom.mug.200721
- Bozkurt A, Göksu MZL, Altun A. 2009. Cladocera and copepoda fauna of Aslantaş Dam Lake (Osmaniye-Turkey). *Journal of FisheriesSciences.com*. 3(4):285-297. doi: 10.3153/jfscom.2009033
- Bozkurt A, Göksu MZL. 2010. Composition and vertical distribution of Rotifera in Aslantas Dam Lake (Osmaniye-Turkey). *Journal of Fisheries Sciences.com*. 4(1):38-49. doi: 10.3153/jfscom.2010005a
- Braioni MG, Gelmini D. 1983. Guide per il riconoscimento delle specie animali delle acque interne Italiane: Rotiferi monogononti. Italy: Consiglio Nazionale delle Ricerche 181p.
- Demir N. 2005. Zooplankton of two drinking water reservoirs in Central Anatolia: composition and seasonal cycle. *Turk J Zool*. 29:9-16.
- De Smet WH. 1996. Rotifera 4: The Proalidae (Monogononta). In: Dumont HJ, Nogrady T, editors. *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 9. The Netherlands: SPB Academic Publishing* 102 p.
- De Smet WH. 1997. Rotifera 5: the Dicranophoridae. *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, vol. 12. The Hague, the Netherlands: SPB Academic Publishing BV*. 1-325 p.
- Dirican S, Musul H. 2008. Çamlığöze Baraj Gölü zooplankton faunası üzerine bir çalışma. *Sakarya Üniv Fen Bil Derg*. 12(1):17-21.
- Dussart B. 1967. Les Copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale. Tome I: Calanoides at Harpacticoides. Paris: N. Boulée & Cie 500 p.
- Edmondson WT. 1959. Rotifera. In: Edmondson WT, editör. *Fresh-water Biology*. NY: John Wiley & Sons, Inc. p. 420-494.
- Flössner D. 1972. *Krebstiere, Crustacea. Kiemen und Blattfüsser, Branchiopoda, Fishlause, Branchiura, Tierwelt Deutschlands, 60. Teil*. Jena: Veb Gustav Fischer Verlag 501 p.
- Gulati RD. 1983. Zooplankton and its grazing as indicators of trophic status in Dutch lakes. *Environ Monit Assess*. 3:343-353. doi: 10.1007/BF00396229
- Güher H. 1999. Mert, Erikli, Hamam ve Pedina gölleri'nin (İğneada/Kırklareli) Cladocera ve Copepoda (Crustacea) türleri üzerinde taksonomik bir çalışma. *Turk J Zool*. 23 (Ek sayı 1):47-53.
- Hecky RE, Kilham P. 1973. Diatoms in alkaline, saline lakes: Ecology and geochemical implications. *Limnol Oceanogr*. 18(1):53-71. doi: 10.4319/lo.1973.18.1.0053
- Hołyńska M, Reid JW, Ueda H. 2003. Genus *Mesocyclops* Sars, 1914. In: Ueda H, Reid JW, editors. *Copepoda: Cyclopoida Genera Mesocyclops and Thermocyclops Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, Volume 20*. Amsterdam: Backhuys Publishers 12-214 p.
- Horn AJ, Goldman CR. 1994. *Limnology*. New York: McGraw-Hill, inc. 576 p.
- Hutchinson GE. 1967. *A Treatise on Limnology. Vol. 2. Introduction to lake biology and the limnoplankton*. New York: Wiley Intersci. Publ. 1115 p.
- Karpowicz M, Ejsmont-Karabin J. 2017. Effect of metalimnetic gradient on phytoplankton and zooplankton (Rotifera, Crustacea) communities in different trophic conditions. *Environ Monit Assess*. 189(8):354-367. doi: 10.1007/s10661-017-6055-7
- Kiefer F, Fryer G. 1978. *Das Zooplankton der Binnengewässer 2. Teil*. Stuttgart: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung 380 p.
- Koste W. 1978. *Rotatoria. Die radertiere mittel-europas*, 2nd ed. Berlin and Stuttgart: Gebruder Borntraeger 673p.

- Koste W, Shiel RJ. 1986. Rotifera from Australian inland waters. I. Bdelloidea (Rotifera: Digononta), II. Epiphanidae & Brachionidae (Rotifera: Monogononta). Aust J Mar Fresh Res. 37(6):765-792.
- Lucinda I, Moreno IH, Melão MGG, Matsumura-Tundisi T. 2004. Rotifers in freshwater habitats in the upper Tietê River Basin, São Paulo State, Brazil. Acta Limnol Bras. 16(3):203-224.
- Mageed A. 2008. Distribution and long-term historical changes of zooplankton assemblages in Lake Manzala (South Mediterranean Sea, Egypt). Egypt J Aquat Res. 33(1):183-192.
- Margaritora FG. 1985. Fauna D'Italia. Cladocera. Bologna: Calderini 399 p.
- Mikschi E. 1989. Rotifer distributions in relation to temperature and oxygen content. Hydrobiologia 186-187:209-214.
- Negrea S. 1983. Fauna Republicii Socialiste Romania. Crustacea Volum IV. Fascicula 12 Cladocera. Bucuresti: Academia Republicii Socialiste Romania 399 p.
- Noges T. 1997. Zooplankton-phytoplankton interactions in Lakes Vortsjarv, Peipsi (Estonia) and Yaskhan (Turkmenia). Hydrobiologia, Belgium, 342/343:175-184.
- Nogrady T, Segers H. 2002. Rotifera 6; The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae. In Dumont, HJ, editor. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World 18. Dordrecht, The Netherlands: Backhuys Publishers BV 264 p.
- Patalas K. 1972. Crustacean plankton and the eutrophication of St. Lawrence Great Lakes. Can J Fis Aquat Sci. 29: 1451-1462.
doi: 10.1139/f72-224
- Pejler B, Bērziņš B. 1994. On the ecology of *Lecane* (Rotifera). Hydrobiologia 273:77-80.
doi: 10.1007/BF00006849
- Pourriot R. 1964. Etude expérimentale de variations morphologiques chez certaines espèces de Rotifères. B Soc Zool Fr. 89:555-561.
- Ruttner-Kolisko A. 1974. Plankton rotifers. Biology and taxonomy. English translation of Die Binnengewässer v. 26, part 1. Stuttgart: Schweizerbart 146 p.
- Saksena ND. 1987. Rotifers as indicator of water quality, Hydrobiology, 15(5):481-485.
doi: 10.1002/aheh.19870150507
- Scourfield DJ, Harding JP. 1966. A key to British species of freshwater Cladocera with notes on their ecology. 3rd ed. Scientific Publication 5. Ambleside, UK: Freshwater Biological Association 55 p.
- Segers H. 1995. Rotifera: the Lecanidae (Monogononta). In: Dumont HJ, Nogrady T, editors. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world, vol. 2. Amsterdam: SPB Academic 226 p.
- Smith DG. 2001. Pennak's freshwater invertebrates of the United States: Porifera to Crustacea, 4th edn. New York: John Wiley & Sons 664 p.
- Tellioglu A, Şen D. 2002. A Taxonomical Study on the Rotifer Fauna of Hazar Lake (Elazığ) (in Turkish). EgeJFAS 19(1-2):205-207.
- Tepe Y, Boyd CE. 2002. Nitrogen fertilization of Goldenshiner ponds. N Am J Aquacult. 64(4):284-289.
doi:10.1577/1548454(2002)064<0284:NFOGSP>2.0.CO;2
- Ustaoglu MR, Altındağ A, Kaya M, Akbulut N, Bozkurt A, Özdemir Mis D, Atasagun S, Erdoğan S, Bekleyen A, Saler S, Okgerman HC. 2012. A checklist of Turkish Rotifers. Turk J Zool. 36(5):607-622.
doi: 10.3906/zoo-1110-1
- Ustaoglu MR. 2015. An Updated Zooplankton Biodiversity of Turkish Inland Waters. LimnoFish. 1(3):151-159.
doi: 10.17216/LimnoFish-5000151941
- Uzma A. 2009. Studies on plankton communities of some eutrophic water bodies of Aligarh [M.Sc. Thesis]. Aligarh Muslim University. 145 p.
- Welch PS. 1952. Limnology, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company 538 p.
- Wetzel GR. 1975. Limnology. Philadelphia: W.B. Saunders Company 743 p.
- Yalın FB. 2006. Rotifera fauna of Yamansaz Lake (Antalya) in South-West of Turkey. EgeJFAS. 23(3-4):395-397.
- Yiğit S. 2002. Seasonal fluctuation in the Rotifer Fauna of Kesikköprü Dam Lake (Ankara, Turkey). Turk J Zool. 26(4):341-348.
- Yiğit S, Altındağ A. 2005. A taxonomical study on the zooplankton fauna of Hirfanlı Dam Lake (Kırşehir, Turkey). Gazi University Journal of Science, 18(4):563-567.
- Yıldız Ş, Altındağ A, Ergönül MB. 2007. Seasonal fluctuations in the zooplankton composition of a eutrophic lake: Lake Marmara (Manisa, Turkey). Turk J Zool. 31(2):121-126.
- YSKY 2012. Yerüstü su kalitesi yönetmeliği (YSKY), 30.11.2012, RG No: 28483, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 28 s.



Yazır Gölü Havzası (Çavdır/BURDUR) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi

Simge VAROL^{1*} , İlknur KÖSE¹ 

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Böl., 32260 Isparta-Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada Yazır Gölü havzası su kaynaklarındaki fizikokimyasal, majör iyon, ağır metal ve kirlilik parametreleri ile su kalitesinin mevsimsel değişimi incelenmiştir. Çalışma alanında alttan üstte doğru Yeşilbarak napı, Likya napları, paraallokton ve neotokton konumlu kaya birimleri yer almaktadır. Alüvyon ve kireçtaşı birimleri akifer birimlerdir. Kurak ve yağışlı mevsimlerde bölgeden toplam 30 su örneği toplanmıştır. Çalışma alanında Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃ baskın su türleridir. Çalışma alanında ortaya çıkan farklı su tipleri ve kimyasal özelliklerindeki mevsimsel değişimlerde bölgedeki kayalarla temas süresi, suyun miktarı, sıcaklığı ve ortamın basıncı gibi faktörlerin etkili olduğu görülmektedir. Ayrıca su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve kalitesini etkileyen diğer bir önemli faktörün tarımsal faaliyetlerle ilişkili antropojenik kirlenme olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kurak ve yağışlı dönem analiz sonuçları istatistiksel olarak da değerlendirilmiş ve parametrelerin birbirleri ile ilişkisi ortaya konmuştur. Çalışma alanındaki sulardan S4 ve S6 nolu örnekler WHO (2011), TSE266 (2005) standartlarına ve Schoeller diyagramına göre içilebilir özellik taşımamaktadır. Aynı şekilde çalışma alanındaki sular sulama suyu olarak değerlendirildiğinde ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramı sınıflamalarına göre de her iki dönemde de S4 ve S6 nolu örneklerin kullanımı sınırlıdır.

Anahtar kelimeler: Hidrojeoloji, hidrojeokimya, su kalitesi, Yazır Gölü

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 18.03.2020
Düzeltilme : 31.05.2020
Kabul : 03.06.2020
Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.705947

* SORUMLU YAZAR

simgevarol@sdu.edu.tr
Tel : +90 246 211 19 90

Investigation of Seasonal Changes of the Hydrogeochemical Properties and Water Quality of Water Resources within the Yazır Lake Basin (Çavdır / BURDUR)

Abstract: In this study, the physicochemical, major ion, heavy metal, and pollution parameters of the Yazır Lake basin water resources and the seasonal variation of the water quality were investigated. Yeşilbarak nappe, Lycian nappes, paraallokton and neotokton rock units are located from top to bottom in the region. Groundwater supplied from alluvium and limestone units. Thirty water samples were collected from the area in dry and wet seasons. Ca-Mg-HCO₃ and Ca-HCO₃ were the dominant water types. The composition of the groundwater varies depending on such factors as the time of contact with the rocks, the amount of water, the temperature, and the pressures of the environment in the region. It has also been determined that another important factor affecting the hydrochemical and quality of water resources is anthropogenic pollution associated with agricultural activities. In this study, the results of the arid and rainy period analysis were evaluated statistically and the relationship of the parameters with each other was revealed. S4 and S6 samples from the waters in the study area are not potable according to WHO (2011), TSE266 (2005) standards, and Schoeller diagram. Similarly, when the waters in the study area are evaluated as irrigation water, according to the US Salinity Laboratory and Wilcox diagram classifications, the use of samples S4 and S6 is limited in both periods.

Keywords: Hydrogeology, hydrogeochemistry, water quality, Yazır Lake

Alıntılama

Varol S, Köse İ. 2020. Yazır Gölü Havzası (Çavdır/BURDUR) Su Kaynaklarının Hidrojeokimyasal Özellikleri ve Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimlerinin İncelenmesi. LimnoFish. 6(3): 201-214. doi: 10.17216/LimnoFish.705947

Giriş

Nüfusun hızlı artışı ve buna paralel olarak artan tarımsal, içme kullanma ve sanayi suyu ihtiyaçları nedeni ile su kaynaklarına duyulan talep giderek artmaktadır. Talebin hızla artışına rağmen toprak ve

su kaynakları kalite ve kantite olarak giderek daha çok kısıtlanmaktadır (Karadavut 2009; Akkan vd. 2018). Su kaynaklarının kirlenmesi önemli sosyo-ekonomik kayıplar getirmesinin yanı sıra, kirlilik türü ile kirliliğin yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan

insan ve ekosistem yaşamını tehdit etmektedir. Önümüzdeki yıllarda su varlığının daha da kısıtlı hale gelecek olması, aynı zamanda mevcut suyun kalitesi ile ilgili problem ve maliyetlerin de artması beklenmektedir (WWAP 2012; Kıymaz vd. 2016). Bu nedenle su kalitesi, insan ve ekosistemin temel ihtiyaçlarının karşılanması için suyun miktarı kadar önemlidir. Bu amaçla kullanılan yeraltı ve yerüstü sularının kalitelerinin belirlenmesi, değişimlerinin izlenmesi ve çevreye olan etkilerinin bilinmesi toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği yönünden havza bazında su kaynakları yönetiminin önemini arttırmıştır. Havza yönetimi, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması için toprak, bitki örtüsü, diğer doğal kaynaklar ve insan kullanımlarının bütüncül bir yaklaşım içerisinde herkesin yararına uygun olacak şekilde korunması, geliştirilmesi ve yararlanılmasının sağlanmasıdır (Davraz vd. 2016; Mutlu ve Verep 2018). Bu amaçla su kaynaklarının korunması ve yönetimine ilişkin 23 Ekim 2000 tarihli ve 2000/60/EC sayılı “Su Çerçeve Direktifi” yürürlüğe girmiştir. Bu direktifle (SÇD 2000) kirlilik kaynaklarının kaynaklarında engellenmesini ve tüm kirlilik kaynaklarının sürdürülebilir kontrolü için bir mekanizma oluşturulmasını gerektirmektedir. Direktif, yeraltı sularını da korumakta ve kalite ve kantitesi için kesin hedefler getirmektedir. Nehirler, göller ve kıyı suları için de kesin ekolojik hedefler getirmektedir (Chave 2001). Gerek direktifin ana hedefleri gerekse ortaya çıkan problemler su kaynakları yönetiminde suyun miktarının yanında, suyun kalitesine de önem verilmesi, su kalitesi izleme ve değerlendirilmesi çalışmalarına hız verilmesini gerektirmektedir. Özellikle son yıllarda endüstrileşmenin ve sanayinin gelişi ile beraber tarımsal mücadelede pestisit ve kimyasal ilaç kullanımından dolayı bu su kalitesindeki bozulmalara sıkça rastlanmaktadır. Sanayi atıkları, tarımsal ilaç atıkları ve endüstri, petrol, deri, deterjan atıkları su kimyasında özellikle balıklar ve su canlıları aleyhine önemli değişiklikler yapmakta ve bunların ölümüne sebep olmaktadır (Sönmez vd. 2008; Sönmez vd. 2012). Bu tip kirlenme sonucunda yeraltı ve yer üstü suları kullanılamaz durumu gelmektedir. Özellikle yüzey sularında oksijen azlığına bağlı olarak su canlılarının ölümü, azot ve fosfor çoğalmasına bağlı olarak ötrofikasyon veya buna sebebiyet, suların yüzeylerinde biriken deterjan, yağ vb. gibi maddeler sonucunda suyun havalanmasını engellenir, güneş ışınlarına engel olduğundan dolayı fotosentez düşer, kokuşma meydana gelir, estetik sorunlar ortaya çıkarır. Bulanıklık meydana getirdiği için balıkların besin bulmasını zorlaştırır, dolayısıyla büyümelerini yavaşlatır. Ağır metal birikimine sebebiyetten dolayı zehirlenmelere neden olabilir. Hiç şüphesiz ki

kimyasal su kirliliğinin en tehlikeli boyutunu ağır metal birikimi oluşturur ve ağır metal birikimi canlı organizmalar için potansiyel birer tehliktir (Rainbow 1995; Sönmez vd. 2012).

Bu çalışmada Burdur Gölü kapalı havzası içerisinde bulunan Yazır Gölü sulak alan alt havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanındaki yüzey ve yeraltı suyu kaynakları bölgede başta içme suyu olmak üzere sulama ve kullanma gibi farklı amaçlar doğrultusunda kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışmada havzadaki suların kalitesindeki mevsimsel değişimler incelenmiş ve bu değişimler istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Çalışma Alanı

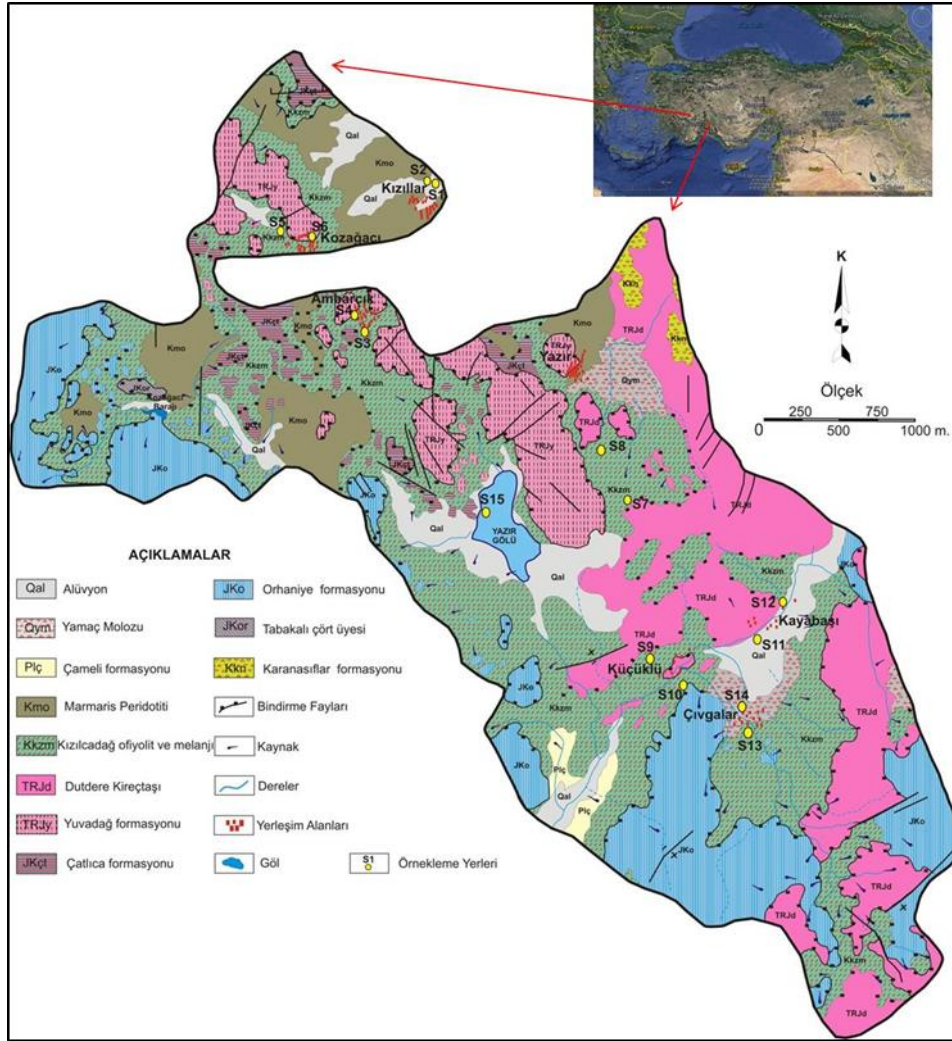
Yazır Gölü sulak alanı (Çavdır/Burdur) Türkiye'nin güneybatısında yer almakta ve (Şekil 1) ve 194,78 km² lik havza alanına sahiptir (Köse 2017). Genel olarak, sulak alan ve çevresinin iklimi, Orta Anadolu iklimi ve Akdeniz iklim bölgesinden etkilenmektedir. Çalışma alanına düşen ortalama yağış miktarı 406,08 mm, ortalama buharlaşma miktarı ise 337,55 mm'dir (Köse 2017). Kocadere deresi çalışma alanındaki en önemli yüzey akışıdır. Ayrıca Yazır Gölü çalışma alanının ortasında yer almakta ve gölden sulama suyu temin edilmektedir. Çalışma alanı içerisinde bulunan yerleşim alanlarının içme suyu, çalışma alanındaki kaynak sularından temin edilmektedir. Ayrıca, sulama suları kuyu suyu ve yüzeysel akışlardan sağlanmaktadır (Varol ve Köse 2018a).

Jeoloji-Hidrojeoloji

Litolojik formasyonlar ve bu formasyonlarla suyun temas süresi, yüzey ve yeraltı sularının kimyasal bileşimini belirlemektedir. Bu nedenle öncelikle çalışma alanındaki jeolojik birimlerin litolojik özellikleri ve bunların hidrojeolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışma alanındaki litolojik birimler iki grupta incelenmiştir. Bu birimler bölgeye otokton ve allohton olarak yerleşmiş birimlerdir (Köse 2017; Şekil 1; Tablo 1). Allohton birimler Marmaris peridotiti (Çapan 1980); Kızılcadağ ofiyolit ve melanji (Poisson 1977); Dolomitik kireçtaşları ve katmanlı çört üyelerinden oluşan Orhaniye formasyonu (Meşhur vd. 1989); Dutedere kireçtaşı (Şenel vd. 1989; Bilgin vd. 1990); Kireçtaşı, kilaşı ve kumtaşından oluşan Karanasıflar formasyonları (Şenel vd. 1989); Neritik ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Yuvaldağ formasyonu; kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşından oluşan Çatlıca formasyonudur. Çalışma alanındaki otokton birimler ise kilaşı, kumtaşı, konglomera ve kireçtaşından oluşan Çameli formasyonu (Erakman vd. 1982), alüvyon, yamaç molozu ve birikinti

konisidir. Yazır Gölü sulak havzasının jeolojik yapısının oluşumu genel olarak tektonik

faaliyetlerle ilişkilidir (Koçyiğit vd. 2000; Varol ve Köse 2018a).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru ve jeoloji haritası.

Figure 1. Location and geology map of the study area.

Çalışma alanındaki litolojik birimler farklı hidrojeolojik özelliklere sahiptir. Bu birimler su tutma kabiliyetine göre geçirimsiz (akifüj), yarı geçirimli (akıtar-1, akıtar-2, akıtar-3), geçirimli-1 (taneli akifer) ve geçirimli-2 (karstik akifer) olarak gruplandırılmıştır. Çalışmada benzer hidrojeolojik özelliklere sahip birimler aynı grupta toplanmıştır. Bu birimler ve özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Havzada önemli bir akifer olduğu düşünülen alüvyon, yaklaşık 34,84 km²'lik bir alana sahiptir ve taneli akifer olarak adlandırılmıştır. Karstik akifer ise çalışma alanındaki diğer önemli akifer türüdür. Çalışma alanındaki su kaynaklarının çoğu Kızılcaadağ ofiyolit ve melanj içindeki olistolitlerden boşalmaktadır (Şekil 1) (Köse 2017). Çalışma alanındaki yeraltı suyu seviyesinin mevsimsel değişimi iki tür faktörle ilgilidir. Bunlar yağış, buharlaşma, yüzeysel akış gibi doğal faktörler ile yeraltı suyunun kuyulardan çekilmesi ve Kozagacı barajından sulama ile beslenme gibi yapay

faktörlerdir. Çalışma alanındaki yeraltı suyunun ana beslenme kaynağı yağış sularıdır. Yeraltı suyunun statik seviyesi yapılan ölçümlerde Kasım 2016'da 3,70 ile 75,00 m ve Nisan 2017'de 1,00 ve 40,00 m arasında değiştiği tespit edilmiştir (Köse 2017; Varol ve Köse 2018a).

Örnekleme ve Analizler

Çalışma alanında Ekim 2016 (kurak dönem) ve Nisan 2017'de (yağışlı dönem) kuyulardan (5 örnek), kaynaklardan (8 örnek), dere (1 örnek) ve göl suyundan (1 örnek) olmak üzere toplam 30 su örneği başlıca kimyasal özelliklerinin belirlenmesi için analiz edilmiştir (Şekil 1). Havzada yüzey ve yeraltı sularının kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla çift kapaklı polietilen şişelere asitli (HNO₃) ve asitsiz olarak su örnekleri alınmıştır. Örnek alımı işlemleri sırasında YSI marka çok parametrelili portatif su kalitesi ölçüm cihazı kullanılarak suların sıcaklık (T), elektriksel iletkenlik (EC), çözünmüş oksijen (DO),

redoks potansiyeli (Eh) ve hidrojen iyonu konsantrasyonu (pH) değerleri yerinde ölçülmüştür. Su örneklerinin anyon (Cl, SO₄, HCO₃, CO₃), nitrat ve nitrit analizleri Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası laboratuvarlarında, katyon (Na, K, Ca, Mg) ve ağır metal analizleri (As, Mn, Fe) ACME (Kanada) laboratuvarında APHA (1998) ve WPCF (1995) standartlarına uygun şekilde

yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar farklı grafik ve diyagramlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra tüm matematiksel hesaplamalar Excel 2007 (Microsoft Office) kullanılarak fizikokimyasal değişkenler için hesaplanmıştır. Temel bileşenler istatistiksel analizi, SPSS yazılımı sürüm 15 kullanılarak analiz edilmiştir.

Tablo 1. Jeolojik birimlerin litostratigrafik ilişkileri ve hidrojeolojik özellikleri.

Table 1. Lithostratigraphic relations and hydrogeological properties of geological units.

Yaş	Formasyon	Litoloji	Hidrojeolojik Özellikler
Kuvaterner	Alüvyon (Qal)	Çakıl, kum ve çamurtaşı	Geçirimli-1 (Taneli Akifer)
Kuvaterner	Yamaç Molozu (Qym)	Tutturulmuş Çakıl, kum ve çamurtaşı	Geçirimli-1 (Taneli Akifer)
Pliyosen (Neojen)	Çameli formasyonu (Plç)	Konglomera, kumtaşı, kilitaşı, killi kireçtaşı, marn	Yarı Geçirimli (Akitard-1)
Apsiyen-Albiyen (Kretase)	Marmaris peridotiti (Kmo)	Peridotite, serpantin ve serpantinize peridotit	Geçirimsiz (Akifüj)
G. Senoniyen (Kretase)	Kızılcaadağ Ofiyolit ve Melanjı (Kkzm)	Çört, diyabaz, bazalt, sipilit, tüf, tüfit, gabro, ve ofiyolitik matriks içinde serpantin blokları, olistolitler içinde kireçtaşları,	Yarı Geçirimli (Akitard-3)
O.-G. Triyas	Dutdere Kireçtaşı (TrJd)	Rekristalize kireçtaşları	Geçirimli-2 (Karstik Akifer)
Jura- Kretase	Orhaniye formasyonu (JKo)	Kalsitürbidit, çörtlü kireçtaşı	Yarı Geçirimli (Akitard-2)
G. Eosen	Karanasiflar formasyonu (Kkn)	Neritik kireçtaşı ve çörtlü breş	Geçirimli-2 (Karstik Akifer)
Triyas-	Yuvadağ formasyonu (TRJy)	Neritik kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı	Geçirimli-2 (Karstik Akifer)
Kretase	Çatlıca formasyonu (JKçt)	Kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve çörtlü kireçtaşı	Geçirimli-2 (Karstik Akifer)

Bulgular

Hidrojeokimya

Yeraltısuyu kalitesi suyun içerisinde yer aldığı akifer kayaçların özellikleri ile ilişkilidir (Subramani vd. 2005; Kumar vd. 2016). Suyun kimyasal özellikleri ise evsel, endüstriyel veya tarımsal faaliyetlerde kullanım durumunu belirler. Günümüzde birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede görülen su kirliliği, hastalıkların ve bebek ölümlerinin en önemli faktörlerinden birisidir (Kumar vd. 2016). Bu çalışmada, Yazır Gölü havzasındaki yüzey ve yeraltı sularının fizikokimyasal, majör iyon ve kalite değerlendirmeleri yapılmış ve aşağıda başlıklar altında detaylandırılmıştır.

Fizikokimyasal Parametrelerin Mevsimsel Değişiminin Değerlendirmesi

Çalışma alanındaki kaynak sularının pH'ı kurak ve yağışlı dönemler için sırasıyla 8,96 (S12)-9,61 (S13) ve 8,93 (S12)-9,80 (S13) arasında değişmektedir. Kuyulardan alınan su örneklerinin pH' ları kurak mevsimde 8,56 (S6)-9,22 (S2) ile yağışlı dönemde 8,54 (S6)-10,07 (S2) arasında ölçülmüştür. Ayrıca, yüzey sularından göl suyunun pH'ı kurak dönemde 9,27 (S15), dere suyunun pH'ı 9,91 (S14)'dir. Yağışlı dönemde ise göl suyunun pH'ı 9,53 (S15) dere suyunun pH'ı 9,62 (S14) 'dir. Suların pH değerleri için yağışlı dönemde arttığı görülmektedir (Tablo 2). Bu artış kayaçlar ile yağmur suyu arasındaki yüksek

etkileşime bağlıdır (Makwe ve Chup 2013; Ngabirano vd. 2016).

Kaynak sularının EC değerleri kurak dönemde 183,4 (S13)-434,6 (S3) $\mu\text{S/cm}$ ile yağışlı dönemde 139,3 (S13)-394,00 $\mu\text{S/cm}$ (S12) arasında ölçülmüştür. Kuyu sularının EC değerleri kurak dönemde 119,2 (S6)-988,00 (S4) $\mu\text{S/cm}$ ve yağışlı dönemde ise 293,7 (S10)-968,00 (S6) $\mu\text{S/cm}$ arasında değişmektedir. Ayrıca, yüzey sularından göl suyunun EC değerleri kurak dönemde (S15) 241,8 $\mu\text{S/cm}$, dere suyunun 253,7 $\mu\text{S/cm}$ 'dir. Göl suyunun yağışlı dönemde EC değeri 253,7 $\mu\text{S/cm}$ ve dere suyunun EC değeri 297,8 $\mu\text{S/cm}$ aralığındadır (Tablo 2). Hem kurak hem de yağışlı dönemde sulardaki yüksek EC değerleri, yağmuru ile beslenmeyle ilişkili zenginleşme ve seyreltmenin mekansal değişkenliğini göstermiştir. Ayrıca, yağışlı dönemde suların daha yüksek EC değerine sahip olması, kimyasal ayrışmanın yüksek olmasına ve akiferlerde yeraltı suyunun daha uzun kalış süresine bağlanabilir (Oinam vd. 2011; Alam vd. 2016; Varol ve Köse 2018b).

Suların kalitesini belirleyen fizikokimyasal parametrelerden biri olan sıcaklık değerlerinin mevsimsel değişimleri de bu çalışmada incelenmiştir. Buna göre kaynak sularının T ($^{\circ}\text{C}$) değerleri kurak dönemde 11,9 (S12)-17,3 $^{\circ}\text{C}$ (S3) ve yağışlı dönemde 9,2 (S13)-13,4 $^{\circ}\text{C}$ (S7) aralığında ölçülmüştür. Kuyu sularının T ($^{\circ}\text{C}$) değerleri ise kurak dönemde 11,4 (S10)-17,5 $^{\circ}\text{C}$ (S6) ve yağışlı dönemde 11,0 (S8)-12,5 $^{\circ}\text{C}$ (S4) arasında değişmiştir. Çalışma alanındaki yüzey sularından göl suyunun T ($^{\circ}\text{C}$) değerleri kurak dönemde 11,8 $^{\circ}\text{C}$ (S15) ve dere suyunun 12,4 $^{\circ}\text{C}$ (S14)'dir. Yağışlı dönemde ise göl suyu 9,4 $^{\circ}\text{C}$ (S15) ve dere suyu 11,2 $^{\circ}\text{C}$ (S14) olarak ölçülmüştür (Tablo 2). Çalışma alanındaki suların kurak ve yağışlı dönemlerdeki sıcaklık değişimleri meteorolojik koşullarla ilişkilidir.

Yükseltgenme-indirgeme potansiyeli (ORP), bir maddenin başka bir maddeyi oksitleme veya azaltma derecesini gösteren bir ölçümdür. Buna bağlı olarak su kimyası ve Arsenik türlerini suda ölçülen ORP değerleri ile belirlemek de mümkündür (APHA 1998). Bu çalışmada, kaynak sularında ORP değerleri kurak dönemde 327,00 mV (S5)-620,90 mV (S13) yağışlı dönemde ise 240,3 mV (S1) ile 348,00 mV (S3) arasında bulunmuştur. Kuyu sularından alınan örneklerin ORP değerleri kurak dönemde 320,2 mV (S2)-370,1 mV ve yağışlı dönemde ise 208 mV (S2)-325,6 mV

(S6) arasında değişmektedir. Ayrıca, yüzey sularından göl suyunun ORP değeri kurak dönemde 338,9 mV (S15) dere suyunun 410,9 mV (S14) ölçülmüştür. Yağışlı dönemde ise göl suyunun ORP değeri 288,9 mV (S15) ve dere suyunun ORP değeri 295,5 mV (S14) olarak ölçülmüştür (Tablo 2) (Varol ve Köse 2018b).

Majör İyonların Mevsimsel Değişiminin Değerlendirmesi

Çalışma alanındaki yeraltısularında en yaygın iyon Ca iyonudur. Daha sonra ise, bileşiminde daha az miktarda Mg, Na ve K iyonları bulunur (Tablo 3). Buna göre, su örneklerine ait majör iyonların mevsimsel dizilimleri Tablo 3' de sunulmuştur. Sudaki Ca ve Mg iyonu kaynakları genellikle kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşı gibi karbonat bakımından zengin kayalardır. Bu tür kayalardaki karbonatlar, yeraltı suyuna sulama ve yağış gibi çeşitli yollarla karışmaktadır. Mg iyonundaki artış kurak ve yağışlı dönemlerde, özellikle Kızılıcaadağ ofiyolit ve melanji içerisinde boşalan kaynak sularında (S1, S4 ve S15) gözlenmiştir. Yeraltısularındaki Mg iyonu kaynağı, su ile kayaların bileşiminde bulunan minerallerin iyon değişimidir. K iyonu açısından kurak dönemde sadece Kızılıcaadağ ofiyolit ve melanji ile tabakalı çört üyesi dokanağından boşalmakta olan Ambarcık kaynak suyunda (S3) bir artış gözlemlenmiştir. Bu artış, kayaç-su etkileşimine bağlı iyon değişiminden kaynaklanmaktadır.

Çalışma alanındaki yeraltı suyu örneklerinin majör anyonik bileşeni olan Bikarbonat (HCO_3) iyon konsantrasyonu kurak dönemde 115,61-505,43 mg/L, yağışlı dönemde ise 148,05-538,93 mg/L arasında değişmektedir. Alkalinitenin ana kaynağı olan HCO_3 genellikle CO_2 ve karbonatların çözünmesi, silikatların karbonik asit ile reaksiyonu (Ranjan vd. 2013) ve organik maddenin oksidasyonu (Jeong 2001) ile ilişkilidir. Dutedere kireçtaşı ve Kızılıcaadağ ofiyolit ve melanji dokanağından boşalım gösteren yeraltı suyu örneklerinin çoğunda Cl konsantrasyonlarının kurak dönemde arttığı görülmektedir. Cl konsantrasyonlarındaki bu artış Kızılıcaadağ ofiyolit ve melanji ile yağmur suyu arasındaki kaya-su etkileşimi ile ilişkilendirilmiştir. Çalışma alanındaki örneklerdeki sülfatin oksidasyonundan kaynaklanan sülfat (SO_4) (Ranjan vd. 2013) kurak dönemde 3,11-70,99 mg/L ve yağışlı dönemde ise 2,13-83,79 mg/L arasında değişmektedir.

Tablo 2. Kurak ve yağışlı dönemler için su örneklerinin fizikokimyasal, majör iyon ve ağır metal konsantrasyonlarının tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları.**Table 2.** Descriptive statistical analysis results of physicochemical, major ion and heavy metal concentrations of water samples for dry and wet periods.

	Birim	Kurak Dönem					Yağışlı Dönem				WHO (2011)	TSE 266 (2005)
		N	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sap.	Min.	Mak.	Ort.	Std. Sap.		
T	°C	15	11,40	17,50	13,90	2,11	9,20	13,40	11,20	1,15		
pH		15	8,56	9,91	9,14	0,36	8,54	10,07	9,29	0,41	6,5–8,5	6,5–9,5
ORP	mV	15	320,20	620,90	400,19	100,85	208,00	348,00	297,22	34,50		
EC	µS/cm	15	119,20	988,00	335,34	201,44	139,30	968,00	382,32	248,21		
TDS	mg/L	15	77,48	642,20	217,97	130,93	90,55	629,20	248,51	161,33	500	
Ca	mg/L	15	37,56	134,88	64,77	30,17	35,99	130,82	62,09	27,93	300	200
Mg	mg/L	15	2,79	80,43	28,51	22,13	1,51	79,71	30,84	25,81	30	150
Na	mg/L	15	2,31	63,40	11,03	16,20	1,03	54,87	10,24	14,59	200	200
K	mg/L	15	0,33	52,52	4,09	13,40	0,22	43,53	3,48	11,08		12
HCO₃	mg/L	15	115,61	505,43	259,45	105,01	148,05	538,93	302,82	110,68	500	
CO₃	mg/L	15	0,00	22,86	8,38	10,77	0,00	23,30	5,82	8,80		
Cl	mg/L	15	2,04	71,14	11,32	20,04	1,41	79,96	12,91	22,366	250	250
SO₄	mg/L	15	2,19	70,99	14,00	20,40	2,13	83,79	16,97	23,52	250	250
NO₃	mg/L	15	0,00	263,80	32,53	75,26	0,77	258,49	35,59	78,66	50	50
NO₂	mg/L	15	0,00	0,35	0,03	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	3	0,05
NH₄	mg/L	15	0,00	2,56	0,49	0,63	0,00	0,12	0,02	0,04	0,05-0,50	0,05-0,50
As	mg/L	15	0,02	0,08	0,06	0,02	0,04	0,13	0,09	0,02	0,01	0,01
Mn	mg/L	15	0,00	0,35	0,03	0,09	0,01	0,09	0,05	0,02	-	0,05
Fe	mg/L	15	0,00	5,52	0,39	1,42	0,01	0,30	0,05	0,07	-	0,2
N		15										

Tablo 3. Su örneklerinin yeri ve ana iyon dizileri (Köse 2017).**Table 3.** Location of water samples and main ion sequences (Köse 2017).

Örnek Yeri	No	Örnek Tipi	Kurak Dönem (Ekim 2016)		Yağışlı Dönem (Nisan 2017)	
			Katyon Dizisi	Anyon Dizisi	Katyon Dizisi	Anyon Dizisi
Kızıllar	S1	Kaynak	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >CO ₃ >Cl
Kızıllar	S2	S.Kuyu	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄
Ambarcık	S3	Kaynak	K>Mg>Ca>Na	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄
Ambarcık	S4	S.Kuyu	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃
Kozağacı	S5	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Kozağacı	S6	S.Kuyu	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃
Gölcük (Yazır)	S7	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃
Gölcük (Yazır)	S8	S.Kuyu	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Küçükklü	S9	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃
Küçükklü	S10	S.Kuyu	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >Cl>SO ₄ >CO ₃	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Kayabaş	S11	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Kayabaş	S12	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Çıvgalar	S13	Kaynak	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >SO ₄ >Cl>CO ₃
Çıvgalar	S14	Dere	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Ca>Mg>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >SO ₄ >Cl
Yazır Gölü	S15	Göl	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >Cl>SO ₄	Mg>Ca>Na>K	HCO ₃ >CO ₃ >SO ₄ >Cl

Ağır Metal ve Kirlilik Parametrelerinin Mevsimsel Değişiminin Değerlendirmesi

Çalışma alanındaki su kaynaklarından alınan örneklerde sulara özellikle kirlilik göstergesi olan ve belirli miktarlardan fazla olması durumunda kullanılması sınırlandırılan kimyasal parametrelerden NO₃, NO₂, NH₄ yanı sıra As, Fe ve Mn analizleri de yaptırılmıştır. NO₃⁻ konsantrasyonları kurak dönemde 0-263,80 mg/L ve yağışlı dönemde 0,77-258,49 mg/L arasında değişmektedir. NO₂ konsantrasyonları kurak dönemde 0-0,35 mg/L ve yağışlı dönemde sulara

bulunmamaktadır. NH₄ konsantrasyonları ise 0-2,56 mg/L ve yağışlı dönemde 0-0,12 mg/L arasında değişmektedir. Sularda NO₃, NO₂ ve NH₄ tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan kirliliğin göstergesidir. Özellikle içme suyu olarak kullanılan sulara WHO (2011) ve TSE266 (2005) tarafından belirlenen sınır değerler NO₃ için 50 mg/L, NO₂ için WHO (2011)'a göre 3 mg/L ve TSE266 (2005)'e göre 0,05 mg/L'dir. Aynı şekilde NH₄ için WHO (2011) ve TSE266 (2005) tarafından belirlenen sınır değer 0,05-0,50 mg/L'dir. NO₃, NO₂ ve NH₄ konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişim incelendiğinde kurak dönemde

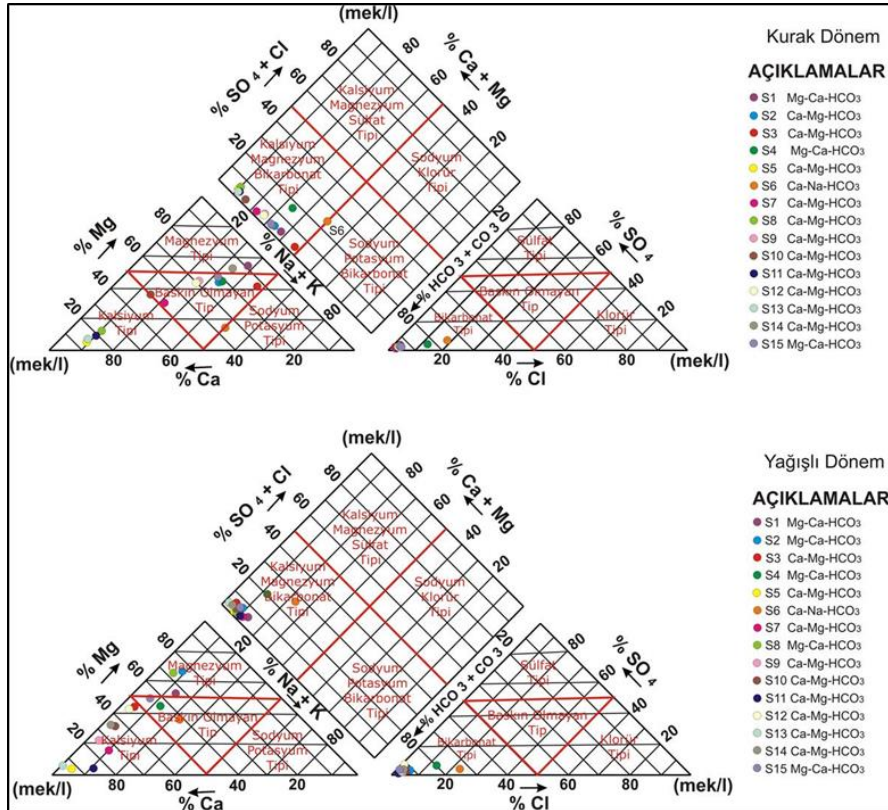
yağışlı döneme göre artış söz konusudur. Bu durum yağışların azalması ile birlikte tarımsal faaliyetler sonrasında toprak ve yeraltısularında gübre kaynaklı kirleticilerin birikimini göstermektedir (Varol ve Köse 2018b).

Çalışma alanına ait su örneklerinin As konsantrasyonu kurak dönemde 0,02-0,08 mg/L ve yağışlı dönemde ise 0,04-0,13 mg/L arasında değişmektedir. As için WHO (2011) ve TSE266 (2005) tarafından belirlenen sınır değer 0,01 mg/L'dir. İçme suyu standartlarına göre çalışma alanındaki suların hepsi sınır değerinin üzerinde Arsenik konsantrasyonlarına sahiptir. Bu durumda As içeriği bakımından bu suların içilmesi uygun değildir. As konsantrasyonlarındaki mevsimsel değişim incelendiğinde yağışlı dönemde kurak dönem ile karşılaştırıldığında konsantrasyonlarda artış gözlemlenmektedir. Bu durum bölgede geniş bir yayılıma sahip Kızılcadağ ofiyolit ve melanji ile Marmaris peridotitleri içerisindeki Arsenik bulundurabilen kayaç türlerinin yeraltısuyu ile etkileşimine bağlı olduğu düşünülmektedir. Sulardaki bir diğer ağır metal Fe'dir. Kurak dönemde suların Fe konsantrasyonları 0-5,52 mg/L ve yağışlı dönemde ise 0,01-0,30 mg/L arasında değişim göstermektedir. Sulardaki Fe iyonlarının varlığı hem jeojenik kökenli hem de antropojenik kökenli olabilmektedir. Çünkü Fe elementi doğal ortamda ve kayaçlarda bol miktarda bulunan bir elementtir. Sondaj kuyularından alınan örneklerdeki Fe

iyonunun yüksek oluşu ise yine sondaj kuyusu ile su etkileşimine bağlı metal artışı olarak söylenebilmektedir. Kurak dönemde Fe iyon konsantrasyonlarında bir artış dikkati çekmektedir. Çalışma alanındaki sularda karşılaşılan bir diğer ağır metal ise Mn'dır. Mn konsantrasyonları kurak dönemde 0-0,35 mg/L ve yağışlı dönemde 0,01-0,09 mg/L arasındadır. Aynı şekilde kurak dönemde yağışlı döneme göre artış söz konudur.

Hidrojeokimyasal Fasiyesler

Hidrojeokimyasal fasiyesler, yeraltısuyunun kimyasal geçmişini ve kökenlerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Yeraltısuyu örneklerinin kimyasında baskın katyonlara ve anyonlara dayalı benzerlik ve farklılıkları göstermek için Piper (1944) tarafından geliştirilmiştir. Kurak ve yağışlı dönemlerde çalışma alanından toplanan su örneklerinin hidrojeokimyasal fasiyeslerini belirlemek için Piper (1944) diyagramı hazırlanmıştır. Piper diyagramına göre, kurak ve yağışlı dönemlerde Ca-Mg-HCO₃ ve Ca-HCO₃ baskın su türleridir (Şekil 2). Çalışma alanında kurak dönemde sadece bir numune (S6) Ca-Na-HCO₃-Cl-SO₄ su tipindedir. Bu örnek Dolomitik kireçtaşı ve Kızılcadağ ofiyolit ve melanjından oluşan Yuvaldağ formasyonundan su alan sondaj kuyusuna aittir. Bu su örneğindeki Na ve SO₄ iyonlarının artışı ofiyolitler ile kaya-su etkileşiminden kaynaklanmaktadır (Varol ve Köse 2018b).



Şekil 2. Piper (1944) diyagramı üzerinde kurak ve yağışlı dönemlerde su tipleri.

Figure 2. Water types in dry and wet periods on the Piper (1944) diagram.

İstatistiksel Analiz

Su örneklerinin fizikokimyasal özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon analizi uygulandı. Korelasyon analizi ile suyun mineraller ve kimyasal bileşenler arasındaki kimyasal prosesleri hakkında bilgi edinmek mümkündür (Varol ve Davraz 2015). Korelasyon analizinin sonuçları değerlendirilirken, korelasyon katsayısı 1 veya 1'e yakınsa, iki değişken arasında iyi bir pozitif ilişki olduğu anlamına gelmektedir. Sıfıra yakın değerler $p < 0,05$ ise önemlidir. Yani, r değeri $> 0,7$ olan parametreler arasında güçlü bir korelasyon olduğu varsayılırken, r değerinin 0,5 ile 0,7 arasında orta derecede korelasyonlu olduğu söylenir (Kumar vd. 2006). Bu çalışmada da fizikokimyasal değişkenler ile eser elementler arasındaki potansiyel ilişkiyi değerlendirmek için "Pearson Korelasyon Analizi" (PCA) yapılmıştır. Tüm işlemler Windows için SPSS yazılım sürümü 15,0 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca parametreler arasındaki ilişkilerdeki değişiklikleri incelemek için kurak ve yağışlı dönemler için Pearson korelasyon matrisi ayrı ayrı uygulanmıştır (Tablo 4 ve 5).

Fizikokimyasal PCA sonuçlarına göre, T (°C) yağışlı dönemde EC-TDS-K-Cl ile pozitif korelasyon gösterirken ve NH_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. Ek olarak, T (°C) parametre kurak dönemde CO_3 iyonu ile negatif korelasyon göstermiştir. EC ve TDS yağışlı döneme Mg-Na- HCO_3 -Cl- SO_4 - NO_3 ile pozitif güçlü korelasyon gösterirken, kurak dönemde NH_4 ile pozitif güçlü korelasyon göstermiştir. pH, yağışlı dönemde arsenik (As) ile pozitif güçlü korelasyon göstermiştir. pH kurak dönemde ise CO_3 ve As ile pozitif güçlü korelasyon göstermiştir. Yağışlı ve kurak dönemlerin her ikisinde de ORP ile herhangi bir parametre arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir (Tablo 4 ve 5). Buna göre fizikokimyasal PCA sonuçları, çalışma alanındaki su kaynaklarında kaya-su etkileşiminin yanı sıra evsel ve tarımsal atıklardan kaynaklanan noktasal ve yayılı kaynak kirliliğinin katkısını göstermektedir (Varol ve Köse 2018b).

Majör iyon PCA sonuçlarına göre Mg, yağışlı dönemde Na- HCO_3 -Cl- SO_4 - NO_3 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermiştir. Kurak dönemde ise Mg, Na-K- HCO_3 -Cl- SO_4 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermiştir. Mg iyonunun diğer iyonlarla korelasyonu, Kızılcaadağ ofiyolit ve melanji içindeki dolomitik kireçtaşı ve magnezyum sülfatlı mineraller ile suyun etkileşimi ve çalışma alanındaki tarımsal süreçlerden etkilendiğini göstermektedir. Na yağışlı dönemde HCO_3 -Cl- SO_4 - NO_3 ile pozitif ve güçlü korelasyon gösterirken, kurak dönemde K- HCO_3 -Cl- SO_4 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermiştir. Su içerisindeki Na iyonunun yüksekliği, kayaç oluşturan

minerallerin doğal olarak ayrışmasını ve yeraltısuyu sistemindeki çeşitli iyon değişim süreçlerini göstermektedir (Davraz ve Özdemir 2014; Varol ve Davraz 2016; Varol ve Köse 2018b). Buna ek olarak, Na iyonunun Cl- SO_4 - NO_3 iyonları ile korelasyonu ise çalışma alanında antropojenik bir kirliliğin varlığını göstermektedir. Su örneklerindeki K iyonu yağışlı dönemde HCO_3 -Cl- SO_4 - NO_3 ile pozitif korelasyon gösterirken, NH_4 ile negatif korelasyon göstermiştir. Ayrıca bu parametre kurak dönemde HCO_3 -Cl- SO_4 ile yine pozitif korelasyon göstermektedir (Tablo 4). Su içerisindeki K iyonlarının yüksekliği Na iyonlarında olduğu gibi, kayaç oluşturan minerallerin doğal olarak ayrışmasını ve yeraltısuyu sistemindeki çeşitli iyon değişim süreçlerini göstermektedir. Buna ek olarak, K iyonlarının Cl- SO_4 - NO_3 iyonları ile korelasyonu ise ortamdaki antropojenik kirliliği göstermektedir. Çalışma alanındaki sulara majör anyonların PCA sonuçlarına göre HCO_3 , kurak ve yağışlı dönemlerde Cl- SO_4 - NO_3 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermektedir. Cl iyonu da kurak ve yağışlı dönemlerde SO_4 - NO_3 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermiştir. SO_4 yağışlı dönemde NO_3 ile pozitif korelasyon gösterirken, kurak dönemde SO_4 ile herhangi bir parametre arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir (Tablo 4 ve 5). Bu durum çalışma alanındaki antropojenik kirlilik ile açıklanabilir (Varol ve Davraz 2016; Varol ve Köse 2018b).

Ağır metal ve kirlilik parametrelerine göre PCA sonuçları, As yağışlı dönemde Mn ile pozitif ve güçlü korelasyon gösterirken Fe ile orta derecede korelasyon göstermiştir. Bu durum, yeraltısuyu-kaya etkileşimi ile suyun doğal hidrojeokimyasal evrimi ile açıklanabilir. Özellikle çalışma alanındaki litolojik birimlerden Kızılcaadağ ofiyolit ve melanjına ait kaya ve minerallerin kimyasal ayrışma ve çözülmesi buna neden olabilir. Buna ek olarak suda arsenik, ortamdaki demirin indirgeyici çözünmesinden ve organik maddenin mikrobiyal oksidasyonundan da kaynaklanabilmektedir. Yağışlı dönemde NO_3 ve herhangi bir parametre arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Benzer şekilde, yağışlı dönemde NO_2 'in ve Mn'in diğer herhangi bir parametre arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Ancak kurak dönemde NO_2 , NH_4 ile pozitif ve güçlü korelasyon göstermiştir (Tablo 4 ve 5). NO_2 iyonunun NH_4 ile korelasyonu, çalışma alanındaki tarımsal kökenli antropojenik kirliliği desteklemektedir.

İstatistiksel PCA analiz sonuçlarına göre, çalışma alanındaki su kaynaklarının kimyasal bileşiminde, iklim koşulları, iyon değişim süreçlerine bağlı olarak kaya-su etkileşiminin ve su kaynaklarındaki antropojenik etkilerin önemli bir rolü bulunmaktadır.

Tablo 4. Çalışma alanındaki suların kurak dönemde PCA sonuçları.**Table 4.** PCA results of the waters in the study area in dry period.

		T	pH	ORP	EC	TDS	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	NO ₂	NH ₄	As	Mn	Fe
T	r	1,00	-,28	-,35	,10	,10	,26	,35	,30	,18	,39	-,58	,24	,41	-,02	,37	,06	-,33	,088	,27
	p		,31	,19	,71	,71	,33	,19	,26	,51	,14	,02	,37	,12	,91	,16	,83	,22	,75	,31
pH	r		1,00	,31	-,40	-,40	-,75	-,47	-,47	-,67	-,84	,73	-,66	-,58	-,53	-,34	-,26	-,12	,34	,14
	p			,24	,13	,13	,00	,07	,07	,00	,00	,00	,00	,02	,04	,20	,34	,66	,20	,59
ORP	r			1,00	-,27	-,27	,05	,00	,00	-,12	-,20	,63	,04	-,04	,09	-,47	-,20	,03	-,16	-,45
	p				,32	,32	,85	,98	,97	,66	,46	,01	,87	,87	,74	,07	,47	,89	,54	,08
EC	r				1,00	1,00	,25	,50	,38	,25	,62	-,34	,51	,48	,22	,57	,83	,28	-,12	,03
	p						,36	,05	,15	,35	,01	,20	,05	,06	,42	,02	,00	,31	,66	,89
TDS	r					1,000	,25	,50	,38	,25	,62	-,34	,51	,48	,22	,57	,83	,28	-,12	,03
	p						,36	,05	,15	,35	,01	,20	,05	,06	,42	,02	,00	,31	,66	,89
Ca	r						1,00	,25	,20	,46	,59	-,41	,46	,33	,58	,27	,10	,32	-,39	-,11
	p							,36	,46	,08	,01	,12	,08	,21	,02	,32	,70	,23	,14	,67
Mg	r							1,00	,89	,53	,81	-,25	,82	,91	,45	,33	,44	-,18	,08	-,10
	p								,00	,04	,00	,36	,00	,00	,08	,21	,09	,50	,76	,71
Na	r								1,00	,72	,70	-,20	,87	,96	,34	,29	,42	-,29	,23	-,10
	p									,00	,00	,47	,00	,00	,21	,28	,11	,28	,39	,72
K	r									1,00	,61	-,35	,80	,68	,42	,23	,33	-,04	-,05	-,34
	p										,01	,19	,00	,00	,11	,40	,22	,88	,84	,20
HCO ₃	r										1,00	-,64	,83	,81	,53	,44	,47	,01	-,23	-,15
	p											,00	,00	,00	,03	,10	,07	,96	,39	,58
CO ₃	r											1,00	-,32	-,37	-,02	-,47	-,25	,05	,10	-,15
	p												,238	,16	,93	,07	,35	,85	,72	,58
Cl	r												1,00	,89	,58	,32	,47	-,09	-,13	-,37
	p													,00	,02	,23	,07	,72	,62	,16
SO ₄	r													1,00	,32	,37	,46	-,24	,19	-,04
	p														,23	,17	,07	,37	,49	,86
NO ₃	r														1,00	,11	,01	,33	-,59	-,52
	p															,68	,97	,22	,02	,04
NO ₂	r															1,0	,75	-,17	,26	,38
	p																,00	,53	,34	,15
NH ₄	r																1,00	-,09	,18	,15
	p																	,73	,51	,57
As	r																	1,00	-,51	-,31
	p																		,04	,25
Mn	r																		1,00	,69
	p																			,00
Fe	r																			1,00
	p																			

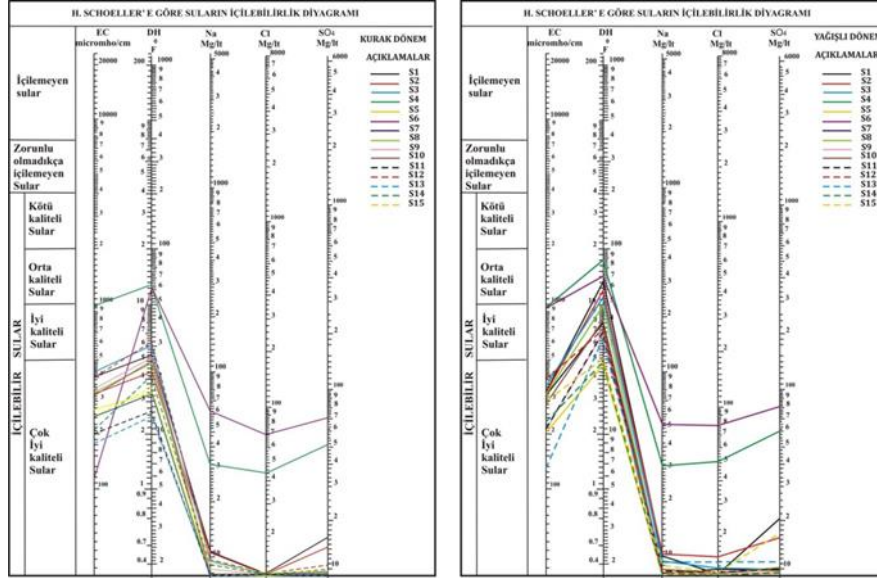
Su Kalite Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi

Suların İçme Suyu Özellikleri

İnceleme alanındaki suların içme suyu olarak değerlendirilmesinde öncelikle Türk İçme Suyu (TSE 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) standartları kullanılmıştır (Tablo 2). Havzadan alınan örneklerin genel olarak fiziksel özellikleri ve majör iyon içerikleri değerlendirildiğinde kurak ve yağışlı dönemde su örneklerinin tamamında pH değerleri içme suyu standartları tarafından belirlenen sınır değerlerin üzerinde tespit edilmiştir. TDS değerlerine göre yağışlı dönemde S4 ve S6 numaralı örnekler içme suyu standartlarınca belirlenen sınır değeri aşarken kurak dönemde sadece S4 numaralı örnekte sınır değeri aşımıştır. Su örneklerinin K iyonu konsantrasyonu içme suyu standartları ile karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerin her

ikisinde de sadece S6 numaralı örnekte sınır değeri aşmaktadır. Aynı şekilde kurak ve yağışlı dönemlerde sadece S4 numaralı örnekte HCO₃ iyonu konsantrasyonu bakımından sınır değerleri aştığı görülmektedir.

Majör iyonlar yanı sıra su örneklerinin diğer kirlilik parametreleri ile ağır metal içerikleri de Türk İçme Suyu (TSE 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) standartları ile değerlendirilmiştir (Tablo 2). Buna göre çalışma alanındaki su kaynaklarının NO₃ ve NO₂ konsantrasyonları sadece S4 sondaj kuyusundan alınan örnekte her iki dönemde sınır değerleri aşmaktadır. NH₄ konsantrasyonu ise yine S4 sondaj kuyusundan alınan örnekte sadece kurak dönemde sınır değeri üzerindedir (Varol ve Köse 2018a). Arsenik (As) konsantrasyonları yağışlı ve kurak dönemlerin her ikisinde de tüm su örneklerinde Türk İçme Suyu



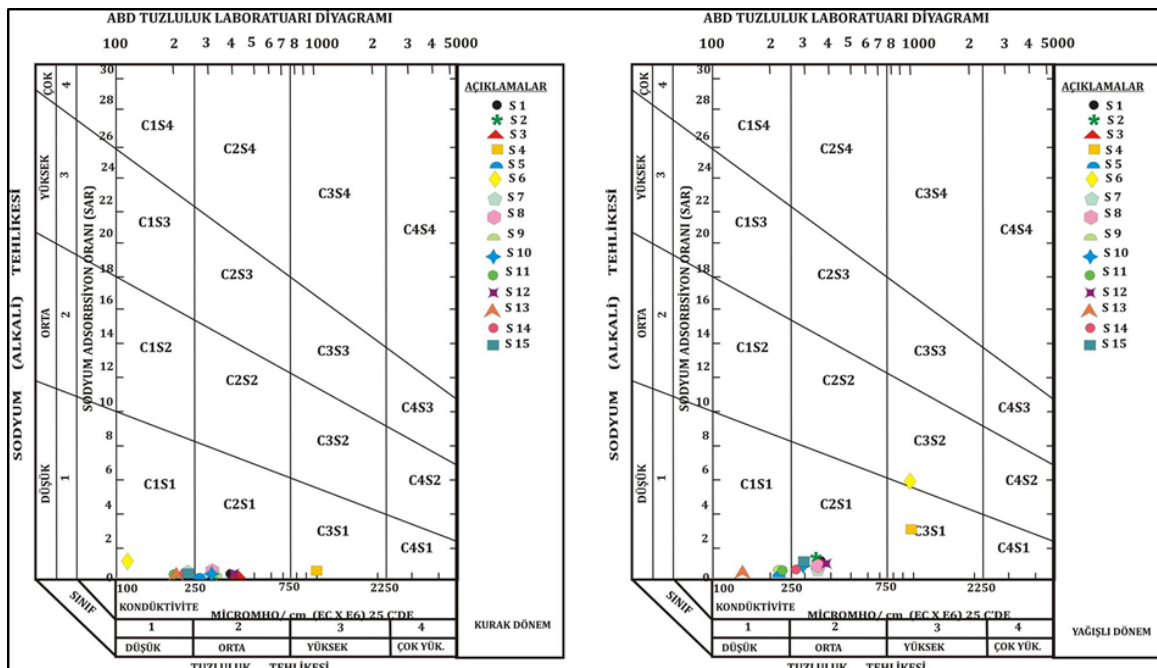
Şekil 3. Schoeller içilebilirlik diyagramına göre kurak ve yağışlı dönemlerde su örneklerinin sınıflandırılması.

Figure 3. Classification of water samples in dry and wet periods according to the Schoeller diagram.

Suların Sulama Suyu Olarak Kullanım Özellikleri

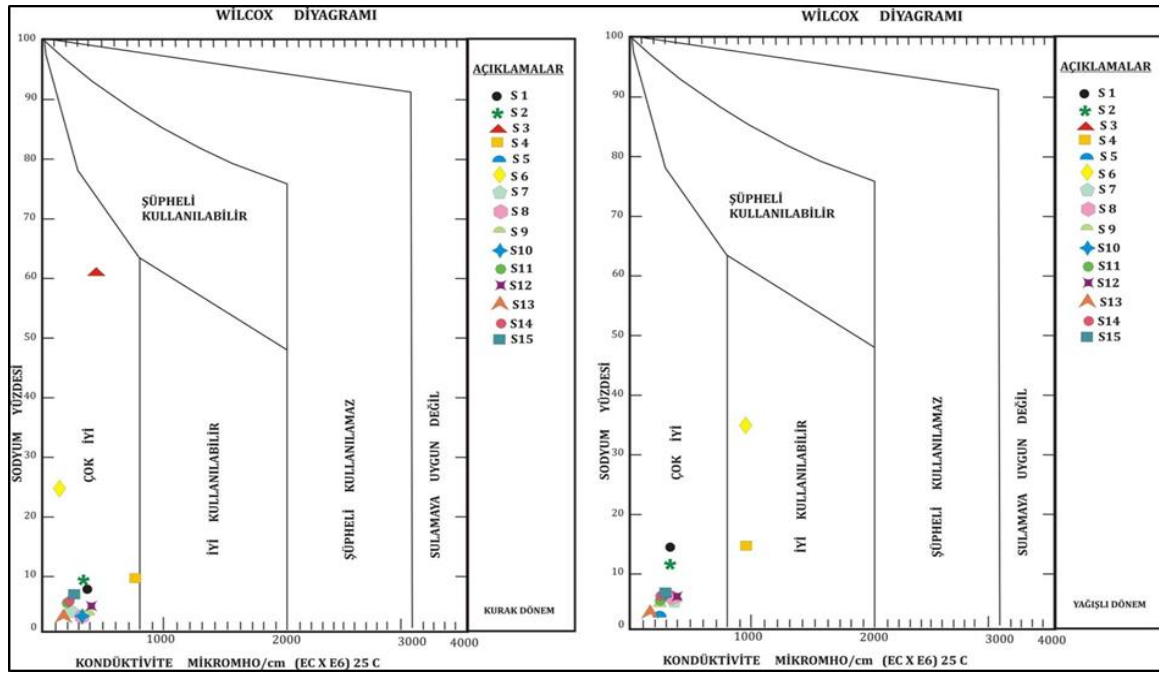
Suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin belirlenmesi ve mevsimsel değişiminin değerlendirilmesinde kurak ve yağışlı dönemler için ayrı ayrı hazırlanan ABD Tuzluluk Laboratuvarı ve Wilcox diyagramları kullanılmıştır (Şekil 4 ve 5). ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramı suların EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değeri ile SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı) arasındaki ilişkiye bağlı olarak oluşturulmaktadır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre çalışma alanındaki suların çoğu kurak dönemde C1S1 (Az tuzlu ve Az sodyumlu) ve

C2S1 (Orta tuzlulukta ve Az sodyumlu) sular sınıfında sadece S4 no'lu örnek C3S1 (Yüksek tuzlu ve Az sodyumlu) sınıfındadır (Varol ve Köse 2018a). Yağışlı dönemde ise S4 no'lu örnek C3S1 (Yüksek tuzlu ve Az sodyumlu), S6 no'lu örnek C3S2 (Yüksek tuzlu ve Orta sodyumlu) sular sınıfında bulunmaktadır. Diğer tüm örnekler yağışlı dönemde de C1S1 (Az tuzlu ve Az sodyumlu) ve C2S1 (Orta tuzlulukta ve Az sodyumlu) sular sınıfında yer almaktadır (Şekil 4). Bu diyagrama göre her iki dönemde de S4 ve S6 no'lu örneklerin sulama suyu olarak kullanımı sınırlıdır.



Şekil 4. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre kurak ve yağışlı dönemlerde suların sınıflandırılması.

Figure 4. Classification of waters in dry and wet periods according to the U.S.A. Salinity Laboratory diagram.



Şekil 5. Wilcox diyagramına göre kurak ve yağışlı dönemde suların sınıflandırılması.

Figure 5. Classification of waters in dry and wet periods according to Wilcox diagram.

Wilcox diyagramı da sulama suyu sınıflandırmasında kullanılmakta olan bir başka yöntemdir. Bu diyagramda ise suların EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değeri ile %Na değerleri kullanılmakta ve bu iki parametre arasındaki ilişkiye bağlı olarak bir sınıflandırma yapılmaktadır. Wilcox diyagramına göre kurak dönemde çalışma alanındaki tüm sular ‘Çok İyi Kullanılabilir Sular’ sınıfında yer almaktadır (Şekil 5) (Varol ve Köse 2018a). Yağışlı dönemde ise S4 ve S6 no’lu örnekler ‘İyi Kullanılabilir Sular’ sınıfındadır.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sulama suyu olarak kullanıma uygunluğun belirlenmesinde en çok yararlanılan ölçütlerden biridir. Bu sınıflandırmada $\text{SAR} < 10$ ise ‘çok iyi özellikte sulama suları’, 10-18 arasında ise ‘İyi özellikte sulama suları’, 18-26 arasında ise ‘Orta özellikte sulama suları’ ve $\text{SAR} > 26$ ise ‘Kötü özellikte sulama suları’ sınıfında yer almaktadır (Şahinci 1991). İnceleme alanında SAR değerleri kurak dönemde 0,44 ile 6,36 arasında değişmektedir (Varol ve Köse 2018a). Yağışlı dönemde ise 0,22 ile 5,92 arasındadır. Buna göre çalışma alanı genelindeki sular her iki dönemde de ‘Çok iyi özellikte sulama suları’ sınıfındadır.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada Yazır Gölü havzasındaki su kaynaklarının hidrojeokimyasal ve kalite özelliklerinin mevsimsel değişimi ve kullanılabilirliği incelenmiştir. Yazır Gölü sulak alan havzası Burdur Gölü Kapalı Havzasının bir alt havzası olup çoğunluğu Burdur ili Çavdır ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Söz konusu araştırma alanı ile ilgili olarak detaylı ve güncel

hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle bu çalışma, aynı zamanda bir sulak alan özelliğine sahip Yazır Gölü havzasında sürdürülebilir su yönetimi ve su kalitesine bağlı kullanımı açısından önem taşımaktadır.

Çalışma alanındaki litolojik birimler alttan üstte doğru Yeşilbarak napı, Likya napları, paraallokton ve neotokton konumlu kaya birimlerinden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki litolojik birimler fiziksel özellikleri ve akifer olabilme özelliklerine göre taneli ortam akiferi (Akf-1), erimeli-çatlaklı kaya ortam akiferi (Akf-2), akitard ortam-1 (Akt-1) ve akifüj ortam (Akj) olarak ayırtlanmıştır. Bölgede en önemli akifer birim alüvyon ve kireçtaşlarıdır.

Çalışmada kurak ve yağışlı dönemlerde kuyu, kaynak, dere ve göl suyundan alınan toplam 30 su örneği analiz edilmiştir. Su örneklerinin hidrojeokimyasal özellikleri ve su tiplerini belirlemek için bir Piper diyagramı kullanılmıştır. Buna göre, çalışma alanında Ca-Mg-HCO_3 ve Ca-HCO_3 kurak ve yağışlı dönemlerde gözlenen hakim su türleridir. Genel olarak, çalışma alanında su örneklerinde kalsiyum ve bikarbonat iyonları hakimdir. Su örneklerinin kimyasal bileşimi kaya-su etkileşiminden güçlü bir şekilde etkilenmektedir. Çalışma alanında, sadece bir örnekte Na ve SO_4 iyonlarının artışı belirlenmiştir. Bu artış çalışma alanında geniş alanlarda yüzeyleyen Kızılcaadağ ofiyolitleri ile ve su kaynaklarına tarımsal kökenli antropojenik girdilerle ilişkilendirilmiştir. Çalışmada ayrıca su örneklerine ait Hidrokimyasal parametreler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için Pearson Korelasyon Analizi (PCA) yapıldı. Buna göre, bazı parametreler arasında orta-güçlü korelasyon olduğu

belirlenmiştir ($r < 0,7$). PCA sonuçlarına göre çalışma alanındaki suyun jeokimyasal bileşimini etkileyen iki ana proses olduğu belirlenmiştir. Bunlar ayrışma süreçleri ve antropojenik girdilerdir. İstatistiksel analizlere göre, su örneklerinin EC ve TDS değerlerindeki artışlar, tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan azot türevleri ile ilişkilidir. Ayrıca Na, Fe, SO_4 ve Mg arasında da pozitif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Bu durum, özellikle Mg artışının Kızılcadağ ofiyolitik melanjı ile ilişkili olarak kayasu etkileşiminden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Su örneklerinin analiz sonuçları WHO (2011) ve TSE266 (2005) tarafından belirlenen içme suyu standartlarıyla karşılaştırıldığında, özellikle S4 ve S6 numaralı sondaj kuyusuna ait örnekte her iki dönemde majör iyonlardan HCO_3 , kirlilik parametrelerinden NO_3 , NO_2 ve NH_4 iyonlarının kritik değerlerin üzerinde olduğu bunun yanı sıra ağır metal konsantrasyonları (As, Fe ve Mn) bakımından ise As konsantrasyonları yağışlı ve kurak dönemlerin her ikisinde de tüm su örneklerinde belirlenen sınır değerlerin üzerindedir. Mn konsantrasyonları ise kurak dönemde sadece S2 numaralı örnekte sınır değeri aşarken, yağışlı dönemde S4, S6, S7, S11, S12 ve S14 numaralı örneklerde sınır değerleri aşmaktadır. Fe konsantrasyonları ise kurak ve yağışlı dönemlerde sadece S14 numaralı örnekte sınır değeri aşmaktadır. Bu durum göstermektedir ki su kaynaklarının içme suyu olarak kullanımı ağır metaller açısından sağlığa zararlı etkiler yaratabilecektir. Schoeller içilebilirlik diyagramına göre de çalışma alanındaki S4 ve S6 numaralı örnekler içme suyu olarak kullanıma uygun değildir.

Çalışma alanındaki suların sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi ve kalitesinin belirlenmesi için ABD Tuzluluk Laboratuvarı, Wilcox diyagramları ve SAR sınıflaması kullanılmıştır. ABD Tuzluluk Laboratuvarı diyagramına göre her iki dönemde de S4 ve S6 numaralı örneklerin sulama suyu olarak kullanımı sınırlıdır. Wilcox diyagramına göre kurak dönemde çalışma alanındaki tüm sular ‘Çok İyi Kullanılabilir Sular’ sınıfında yer almaktadır. Yağışlı dönemde ise S4 ve S6 numaralı örnekler ‘İyi Kullanılabilir Sular’ sınıfındadır. Ayrıca sulama suyu kriterlerinden biri olan SAR değerlerine göre yapılan değerlendirmeye göre ise çalışma alanı genelindeki sular her iki dönemde de ‘Çok iyi özellikte sulama suları’ sınıfındadır.

Sonuç olarak bu çalışmada Yazır Gölü havzası yüzey ve yeraltı su kaynaklarındaki ağır metal ve azot ve türevi bileşenlerle ilişkili kirlilik nedeni ile içme suyu olarak kullanımı sağlığa etkisi açısından uygun olmayıp sadece sulama suyu olarak kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Yazarlar, 4455-YL1-15 numaralı proje ile araştırmanın yapılmasını destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Akkan T, Yazicioglu O, Yazici R, Yilmaz M. 2018. Assessment of irrigation water quality of Turkey using multivariate statistical techniques and water quality index: Siddıklı Dam Lake. Desalin Water Treat. 115:261-270.
doi: 10.5004/dwt.2018.22302
- Alam MO, Shaikh WA, Chakraborty S, Avishek K, Bhattacharya T. 2016. Groundwater arsenic contamination and potential health risk assessment of Gangetic Plains of Jharkhand, India. Expos Health. 8(1):125-142.
doi: 10.1007/s12403-015-0188-0
- APHA 1998. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington DC: American Public Health Association 1325 p.
- Bilgin ZR, Karaman T, Öztürk Z, Şen MA, Şenel M. 1990. Yeşilova-Acıgöl Civarının Jeolojisi Raporu. Ankara: MTA. Rapor No: 9429
- Chave P. 2001. The EU water framework directive. London: IWA publishing 208 p.
- Çapan U. 1980. Toros Kuşağı Ofiyolit Masiflerinin(Marmaris, Mersin, Pozantı, Pınarbaşı ve Divriği) İç Yapıları, Petrolojisi ve Petrokimyalarına Yaklaşımlar. [Doktora Tezi]. Hacettepe Üniversitesi. 400 s.
- Davraz A, Özdemir A. 2014. Groundwater quality assessment and its suitability in Çeltikçi plain (Burdur/Turkey). Environ Earth Sci. 72:1167-1190.
doi: 10.1007/s12665-013-3036-1
- Davraz A, Şener Ş, Şener E. 2016. Su Kaynaklarının Kullanma Ve Koruma Metodolojisinin Geliştirilmesi: Eğirdir Gölü Havzası Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 4(3):227-238.
doi: 10.21923/jesd.71639
- Erakman B, Meşhur M, Gül MA, Alkan H, Öztaş Y, Akpınar M. 1982. Toros projesine bağlı Kalkan-Köyceğiz- Çameli-Tefenni arasında kalan alanın jeolojisi ve hidrokarbon olanakları raporu. Akara: TPAO. Rapor No: 1732.
- Jeong CH. 2001. Effect of land use and urbanization on hydrochemistry and contamination of groundwater from Taejon area, Korea. J Hydrol. 253(1-4):194-210.
doi: 10.1016/S0022-1694(01)00481-4
- Karadavut S. 2009. Aksaray bölgesi yer üstü ve yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi. [Doktora Tezi]. Namık Kemal Üniversitesi. 77 s.
- Kıymaz S, Karadavut U, Ertek A. 2016. Seyfe gölü havzası yer altı suyu kalitesinin zamana göre değişimin incelenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 30(1):21-31.
- Koçyiğit A, Ünay E, Saraç G. 2000. Episodic graben formation and extensional neotectonic regime in west

- central Anatolia and the Isparta angle: a case study in the Akşehir-Afyon graben, Turkey. *Geol Soc Spec Publ.* 173:405-421.
doi: [10.1144/GSL.SP.2000.173.01.19](https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2000.173.01.19)
- Köse İ. 2017. Yazır Gölü (Çavdır/Burdur) Sulak Alan Havzasının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi. [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi. 117 s.
- Kumar M, Ramanathan AL, Rao MS, Kumar B. 2006. Identification and evaluation of hydrogeochemical processes in the groundwater environment of Delhi, India. *Environ Geol.* 50:1025-1039.
doi: [10.1007/s00254-006-0275-4](https://doi.org/10.1007/s00254-006-0275-4)
- Kumar SK, Babu SH, Rao PE, Selvakumar S, Thivya C, Muralidharan S, Jeyabal G. 2016. Evaluation of water quality and hydrogeochemistry of surface and groundwater, Tiruvallur District, Tamil Nadu, India. *Applied Water Science.* 7:2533-2544.
doi: [10.1007/s13201-016-0447-7](https://doi.org/10.1007/s13201-016-0447-7)
- Makwe E, Chup CD. 2013. Seasonal variation in physico-chemical properties of groundwater around Karu Abattoir. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management.* 6(5):489-497.
doi: [10.4314/ejesm.v6i5.6](https://doi.org/10.4314/ejesm.v6i5.6)
- Meşhur M, Yoldemir O, Akpınar M, Öztaş Y, Alkan H. 1989. Batı Toroslar'ın Jeolojisi ve Petrol Olanakları Raporu. Ankara: TPAO.
- Mutlu T, Verp B. 2018. The Water Quality of Streams Flowing Into South Eastern Black Sea Coasts In Terms Of Physico-Chemical Properties. *Fresen Environ Bull.* 27(5A):3752-3758.
- Ngabirano H, Byamugisha D, Ntambi E. 2016. Effects of seasonal variations in physical parameters on quality of gravity flow water in Kyanamira Sub-County, Kabale District, Uganda. *Journal of Water Resource and Protection.* 8(13):1297-1309.
doi: [10.4236/jwarp.2016.813099](https://doi.org/10.4236/jwarp.2016.813099)
- Oinam JD, Ramanathan AL, Linda A, Singh G. 2011. A study of arsenic, iron and other dissolved ion variations in the groundwater of Bishnupur District, Manipur. India. *Environ Earth Sci.* 62:1183-1195.
doi: [10.1007/s12665-010-0607-2](https://doi.org/10.1007/s12665-010-0607-2)
- Piper AM. 1944. A graphic procedure in the chemical interpretation of water analysis. *EOS T Am Geophys Un.* 25(6):914-928.
doi: [10.1029/TR025i006p00914](https://doi.org/10.1029/TR025i006p00914)
- Poisson A. 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). [PhD Thesis]. Paris-Sud University. 795 p.
- Rainbow PS. 1995. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 31(4-12):183-192.
doi: [10.1016/0025-326X\(95\)00116-5](https://doi.org/10.1016/0025-326X(95)00116-5)
- Ranjan RK, Ramanathan AL, Parthasarthy P, Kumar A. 2013. Hydrochemical characteristics of groundwater in the plains of Phalgu River in Gaya, Bihar, India. *Arab J Geosci.* 6:3257-3267.
doi: [10.1007/s12517-012-0599-1](https://doi.org/10.1007/s12517-012-0599-1)
- EPC 2000. European Parliament and Council 2000. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities.* L327:1-73.
- Sönmez AY, Hisar O, Karataş M, Arslan G, Aras MS. 2008. Sular Bilgisi. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık 202 s.
- Sönmez A, Hisar O, Yanık T. 2012. Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.* 43(1): 69-77.
- Subramani T, Elango L, Damodarasamy SR. 2005. Groundwater quality and its suitability for drinking and agricultural use chithar River Basin, Tamil Nadu, India. *Environ Geol.* 47:1099-1110.
doi: [10.1007/s00254-005-1243-0](https://doi.org/10.1007/s00254-005-1243-0)
- Şahinci A. 1991. Doğal Suların Jeokimyası. İzmir: Reform Matbaası 548 s.
- Şenel M, Selçuk H, Bilgin ZR, Şen AM, Karaman T, Dinçer MA, Durukan E, Arbas A, Örcen S, Bilgi C. 1989. Çameli (Denizli)- Yeşilova (Burdur)- Elmalı (Antalya) ve kuzeyinin jeolojisi. Ankara: MTA. Rapor No: 9429.
- TSE266 2005. İnsani tüketim amaçlı sular, Türk İçme Suyu Standartları TS 266 sayılı standart-*Türk Standartları Enstitüsü* -Ankara.
- Varol S, Davraz A. 2015. Evaluation of the groundwater quality with WQI (water quality index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenni plain (Burdur/Turkey). *Environ Earth Sci.* 73:1725-1744.
doi: [10.1007/s12665-014-3531-z](https://doi.org/10.1007/s12665-014-3531-z)
- Varol S, Davraz A. 2016. Evaluation of potential human health risk and investigation of drinking water quality in Isparta city center (Turkey). *J Water Health.* 14(3):471-488.
doi: [10.2166/wh.2015.187](https://doi.org/10.2166/wh.2015.187)
- Varol S, Köse İ. 2018a. Yazır Gölü (Çavdır/Burdur) Sulak Alan Havzasının Hidrojeoloji ve Hidrojeokimyasal İncelemesi. *Karaelmas Science and Engineering Journal.* 8(1):156-167.
doi: [10.7212%2Fzkufbd.v8i1.924](https://doi.org/10.7212%2Fzkufbd.v8i1.924)
- Varol S, Köse İ. 2018b. Effect on human health of the arsenic pollution and hydrogeochemistry of the Yazır Lake wetland (Çavdır-Burdur/Turkey). *Environ Sci Pollut R.* 25(16):16217-16235.
doi: [10.1007/s11356-018-1815-7](https://doi.org/10.1007/s11356-018-1815-7)
- WHO 2011. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition. Geneva, Switzerland: World Health Organization 541 p.
- WWAP 2012. World Water Assessment Programme. The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk. Paris: UNESCO 357. p.



Otolith Morphometry of Wels Catfish, *Silurus glanis* L., 1758

Ramazan YAZICI^{1*} , Okan YAZICIOĞLU² , Mahmut YILMAZ³

¹Laboratory and Veterinary Health Program, Veterinary Department, Çiçekdağı Vocational School, Kırşehir Ahi Evran University, Kırşehir, Turkey

²Department of Plant and Animal Production, Vocational School of Technical Sciences, Kırşehir Ahi Evran University, Kırşehir, Turkey

³Agricultural Biotechnology Department, Faculty of Agriculture, Kırşehir Ahi Evran University, Kırşehir, Turkey

ABSTRACT

The relationships between dimensions of the asteriscus and lapillus and fish length for Wels catfish, collected from Sıddıklı Dam Lake between September 2015 and August 2016, are presented. No significant differences were noted between the dimensions of the left and right otoliths, and between otolith dimensions of male and female. For analyses, the right-side data of otoliths were used regardless of sex. The strongest correlation coefficient was obtained from the linear model for all relationships. Thus, a linear model was used for determining relationships. The r^2 values of relationships between asteriscus dimensions and total length were more appropriate than relationships between lapillus dimensions and total length. Asteriscus height was more suitable than other otolith dimensions for predicting the length of Wels catfish. Results provided the first information on relationships between total length and otolith dimensions of Wels catfish. These relationships from this study can provide a reliable tool to reconstruct the predator diet, and to estimate the size of the prey, as well as also provide support to paleontologists in their research on fish fossils.

Keywords: Otolith dimension, fish length, otolith biometry, Wels catfish, Sıddıklı Dam Lake

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 10.04.2020

Revised : 23.05.2020

Accepted : 28.05.2020

Published : 29.12.2020

DOI:10.17216/LimnoFish.717925



* CORRESPONDING AUTHOR

rmznzyci@gmail.com

Phone : +90 386 280 55 10

Yayın Balığı (*Silurus glanis* L., 1758)'nın Otolit Morfometrisi

Öz: Bu çalışmada Eylül 2015-Ağustos 2016 tarihleri arasında Sıddıklı Baraj Gölü'nden yakalanan yayın balığı için asteriscus ve lapillus boyutları ile balık boyutları arasındaki ilişkiler sunulmuştur. Sol ve sağ otolitlerin boyutları ile erkek ve dişi bireylerin otolit boyutları arasında anlamlı fark tespit edilmemiştir. Analizler için cinsiyetten bağımsız olarak sağ otolit ölçümleri kullanılmıştır. En güçlü korelasyon katsayısı tüm ilişkiler için doğrusal model kullanılarak elde edilmiştir. Bu nedenle ilişkilerin belirlenmesinde doğrusal model kullanılmıştır. Asteriscus boyutları ile total boy arasındaki ilişkilerin r^2 değerleri, lapillus boyutları ile total boy arasındaki ilişkilere göre daha yüksek bulunmuştur. Asteriscus yüksekliğinin, yayın balığının uzunluğunu tahmin etmek için diğer otolit ölçümlerinde göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma, yayın balığının total boyu ve otolit boyutları arasındaki ilişkiler açısından ilk bilgileri sağlamaktadır. Bu çalışmadan elde edilen ilişkiler; predator türlerin beslenme rejimini yeniden yapılandırmak ve mide içeriğinden elde edilen yayın balıklarının boyutunu tahmin etmek için güvenilir bir araç olarak kullanılabilir ve aynı zamanda paleontologlara balık fosilleri araştırmalarında destek sağlayabilir.

Anahtar kelimeler: Otolit boyutları, balık uzunluğu, otolit biyometrisi, Yayın balığı, Sıddıklı Baraj Gölü.

How to Cite

Yazıcı R, Yazıcıoğlu O, Yılmaz M. 2020. Otolith Morphometry of Wels Catfish, *Silurus glanis* L., 1758. LimnoFish. 6(3): 215-222. doi: 10.17216/LimnoFish.717925

Introduction

Otoliths are hard-paired calcified structures located in the inner ear, which are used for the maintenance of equilibrium and hearing in teleost fishes (Payan et al. 2002). They are massive calcium carbonate structures (Sweeting et al. 2004) and three pairs on either side of the brain, name as lapillus,

asteriscus, and sagitta (Das 1994). The plural name of sagitta, lapillus, and asteriscus are sagittae, lapillus, and asteriscus, respectively (Campana 2004). Otoliths show differences in shape and size. The shape of sagittal and asteriscus otoliths show variability among species, but lapillus shape is more uniform (Campana 2004). The sagittae are the

biggest pair of otoliths and the lapillus are the smallest in most bony fishes; however, in the members of ostariophysian fishes, the asteriscus are the largest otoliths and the sagittae are the smallest (Harvey et al. 2000; Campana 2004). Also, the fishes which are slowly swimming have larger otolith than ones that are faster moving (Javadzadeh et al. 2016).

Since otoliths show variation in size and shape, they are used to determine the taxon, age, and dimensions of fishes. These data are important for population management, prey-predator studies, and archaeological research (Yilmaz et al. 2015). Furthermore, the otoliths continue to grow along the life of fish (Fowler 1990). They do not resorb in stress time, because it is acellular (Tuset et al. 2006). Therefore, otoliths are one of the most reliable tools to estimate the growth rate and age of fish population, and for fisheries management (Campana and Thorrold 2001). Otoliths have been used in studies on the diet of piscivore predators (e.g., Pierce et al. 1991; Tollit et al. 1997), analysis of allometric (e.g., Aguirre 2003; Monteiro et al. 2005), ecomorphology (Volpedo and Fuchs 2010; Jaramillo et al. 2014), paleontology (Bosnakoff 2011), age determination (Yazıcı 2018), species-specific identification (Aguirre 2003; Tuset et al. 2006; Bostanci et al. 2015), and stock discrimination (Campana and Casselman 1993; DeVries et al. 2002).

Because prey fishes were digested partially or totally in the stomach of the predator, the identification and quantification of them are difficult in stomach content analysis. The otoliths are resistant to digestion and these hard structures can be used to determine species of prey fishes (Aguilar-Perera and Quijano-Puerto 2016). Otoliths can also be used to provide data on the size of the prey (Granadeiro and Silva 2000). Therefore, the importance of the regressions between otolith size and fish length is increased day by day. The relationships between otolith dimensions and fish length can be supply significant knowledge to determine fish length from otoliths in the stomach of predators and understand prey-predator relationships (Aguilar-Perera and Quijano-Puerto 2016). Although there have been a lot of studies on these relationships in many fish species (Viva et al. 2015; Bostancı et al. 2017; Yilmaz et al. 2019), there are no known studies for Wels catfish.

The purpose of this paper is to estimate relationships between otolith dimensions and fish length. Additionally, this study will provide the first information on relationships between otolith dimensions and fish length in Wels catfish.

Materials and Methods

A total of 203 fish samples were monthly collected from different regions of the Sıddıklı Dam

Lake between September 2015 and August 2016. Sıddıklı Dam Lake located near Sıddıklı Küçükboğaz Village, 40 km west of Kırşehir province, was built for irrigation. The surface area of Sıddıklı Dam Lake is 1.65 km². Thanks to the dam, 4945 ha agricultural areas are irrigated. Also, fishery activities are carried out economically in the Sıddıklı Dam Lake (Yazıcı 2018). Fish were caught using trammel nets with a mesh size ranging from 18 to 20 mm 25 m long and gills nets with a mesh size ranging from 25 to 40 mm 50 m long and 45 to 80 mm 100 m long.

The total length (TL) of each fish specimens were measured to the nearest 0.1 cm. The sex of samples was determined by examination of gonads macroscopically. The lagenar (lapillus) and utricular (asteriscus) otoliths of each fish were removed, cleaned, and stored in Eppendorf tubes. Broken and damaged otoliths were excluded from the examines. Thus, 179 asteriscus (98 male and 81 female) and 193 lapillus samples (104 male and 89 female) were used for examining relationships between otoliths dimensions and total length.

All otoliths were photographed on the proximal side with a Mshot digital camera. Asteriscus and lapillus length (AL and LL) was defined as the greatest distance between anterior and posterior edge. Asteriscus height (AH) and lapillus width (LW) was described as the greatest distance from dorsal to the ventral edge (Figure 1). These parameters were measured to the nearest 0.001 mm using Mshot Digital Imaging Software.

The relationships between otolith dimensions and fish length were determined using both linear ($y = a + bx$) and non-linear ($y = a \cdot x^b$) regression models for the following parameters: asteriscus length (AL)-fish length (TL), asteriscus height (AH)-fish length (TL), lapillus length (LL)-fish length (TL), and lapillus width (LW)-fish length (TL). The model with the highest coefficient of determination (r^2) was chosen to describe the above-mentioned relationships. The strength of all calculated regressions was assessed by the determination coefficient (r^2) and the mean percent prediction error values (PE %). The mean percent prediction error was calculated for a regression by averaging the percent prediction error computed for each observation. The percent prediction error (PE %) for an individual is computed by the following formula (Scharf et al. 1998).

$$PE \% = \frac{|Observed - Predicted|}{Predicted} \times 100$$

Paired t-test was used for determining the difference in left and right measurements of otolith. The t-test was used to compare otolith variables between sexes. When the equations for left and right

otoliths did not differ statistically, one right or left otolith was selected randomly from each individual. Differences between regression coefficients for the relationship between fish length and the dimensions

of left and right otoliths were tested using analysis of covariance (ANCOVA) (Zar 1999). The significance of the regressions was detected using an analysis of variance (ANOVA).

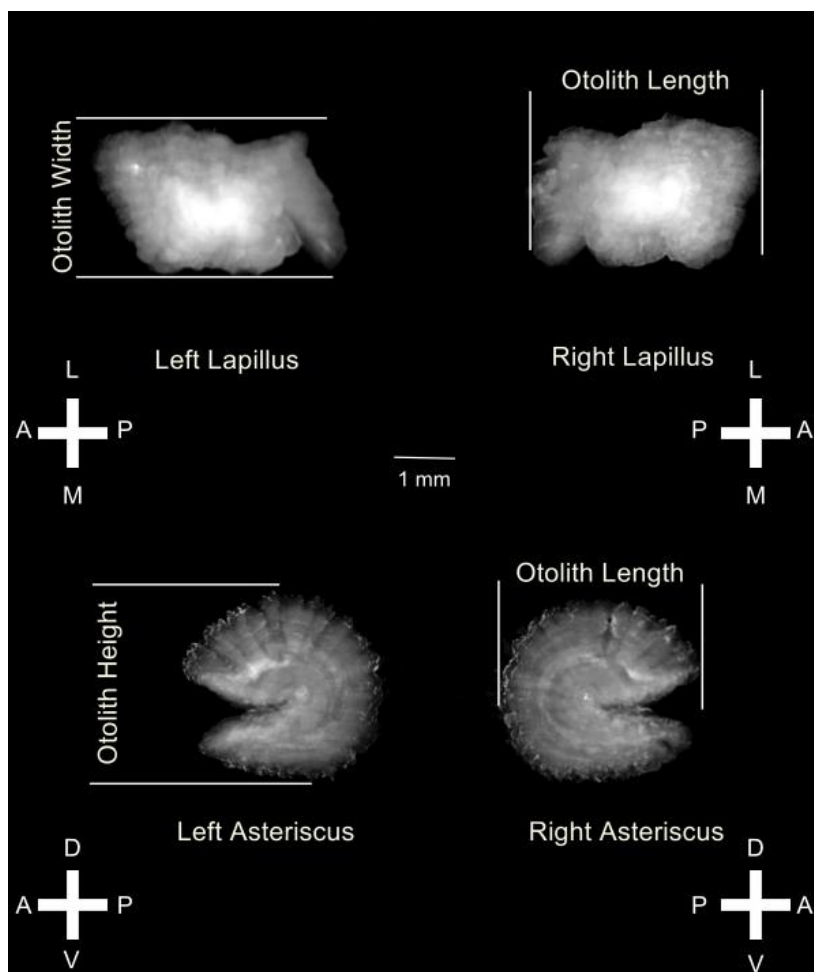


Figure 1. The proximal views of lagenar (asteriscus) and utricular (lapillus) otoliths of Wels catfish (A: anterior; P: posterior; D: dorsal; V: ventral; L: lateral; M: medial).

Results

In total, 203 specimens were caught in the study. However, 179 asteriscus and 193 lapillus samples were examined in this study in totally.

The descriptive statistics of fish total length and otolith dimensions are given in Table 1 for females and males and in Table 2 for entire samples.

Table 1. Some descriptive statistics of total length (TL), asteriscus dimensions (AL: length. AH: height), and lapillus dimensions (LL: length. LW: width) in *S. glanis* from Sıddıklı Dam Lake.

Variable	Female			Male			t-test
	n	Range	Mean±SD	n	Range	Mean±SD	
TL (mm)	81	218-1075	562.9±135.8	98	201-1516	601.7±170.3	p> 0.05
AL (mm)		1.5113-4.3350	2.6216±0.4298		1.5375-4.9038	2.7506±0.4706	p> 0.05
AH (mm)		1.4750-4.2363	2.5487±0.4428		1.4213-4.9038	2.6680±0.4611	p> 0.05
TL (mm)	89	218-1075	574.2±131.1	104	201-1516	601.4±167.5	p> 0.05
LL (mm)		2.0038-5.8338	3.5396±0.6338		1.9675-6.6963	3.6191±0.7081	p> 0.05
LW (mm)		1.2787-3.6800	2.3189±0.3978		1.3238-4.1563	2.3485±0.4371	p> 0.05

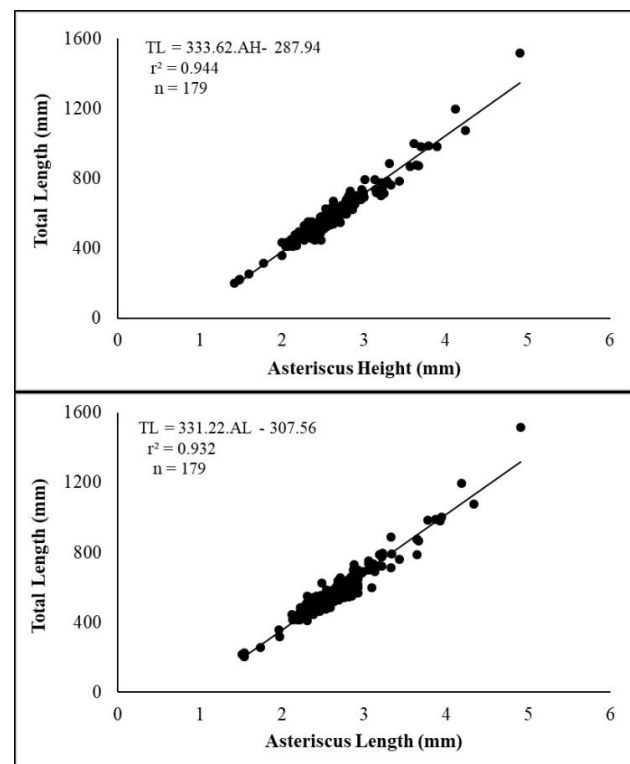
Table 2. Statistical comparison between left and right side of asteriscus and lapillus measurements in *S. glanis* from Siddıklı Dam Lake.

Variable	Area	n	Mean	Min	Max	Se	Sd	P
Asteriscus length (mm)	Left	179	2.7033	1.4938	5.0887	0.0345	0.0345	p>0.05
	Right		2.6922	1.5113	4.9038	0.0341	0.4559	
Asteriscus height (mm)	Left	179	2.6034	1.4400	4.5737	0.0333	0.4457	p>0.05
	Right		2.6141	1.4213	4.9038	0.0341	0.4556	
Lapillus length (mm)	Left	193	3.5677	1.9850	7.1725	0.0499	0.6930	p>0.05
	Right		3.5824	1.9675	6.6962	0.0485	0.6743	
Lapillus width (mm)	Left	193	2.3320	1.2787	4.2400	0.0288	0.4006	p>0.05
	Right		2.3348	1.2787	4.1563	0.0301	0.4186	

Asteriscus length data was bigger than its height data for both sexes. Similarly, Lapillus length measurement was higher than its width measurement both sexes. The differences in morphometric measurements of left and right otoliths in both asteriscus and lapillus were not statistically significant (paired t-test, $p > 0.05$) (Table 2). Hence, the right-side data of asteriscus and lapillus dimensions were used for morphometric analysis. No significant differences were observed between otoliths dimensions of females and males (t-test, $p > 0.05$). Therefore, otolith data of both the sexes were pooled. The determination coefficients (r^2) of linear regressions were higher than non-linear regressions, so all regressions were generated by a linear model. All linear regressions were highly significant ($p < 0.001$, ANOVA) and the regression models explained more than 80% of the variance in most of the cases (Figure 2 and 3). Asteriscus and lapillus dimensions were all positively related to total length, with r^2 values ranged from 0.847 to 0.944. Among the linear regressions, asteriscus height was recorded as the most appropriate model. The best fit model for the relationships between asteriscus dimensions and total length was TL-AH with $r^2 = 0.944$, while the best fit model was TL-LL with $r^2 = 0.879$ in between lapillus dimensions and total length.

Observed total length ranged from 201 to 1516 mm while the predicted total length obtained linear regressions ranged from 186.2 to 1348 mm (Table 3). Non-statistically significant differences were found between observed and predicted TL values for each

otolith measurement (t-test, $P > 0.05$). The mean percent prediction errors ranged from 4.847 to 7.661 for asteriscus and lapillus measurements (Table 3). The value of the mean (PE%) obtained asteriscus height (AH) was lower than those of the other otolith measurement. The regressions with high r^2 have low mean PE% values for asteriscus and lapillus measurement.

**Figure 2.** Relationships between fish length and asteriscus dimensions in Wels catfish.

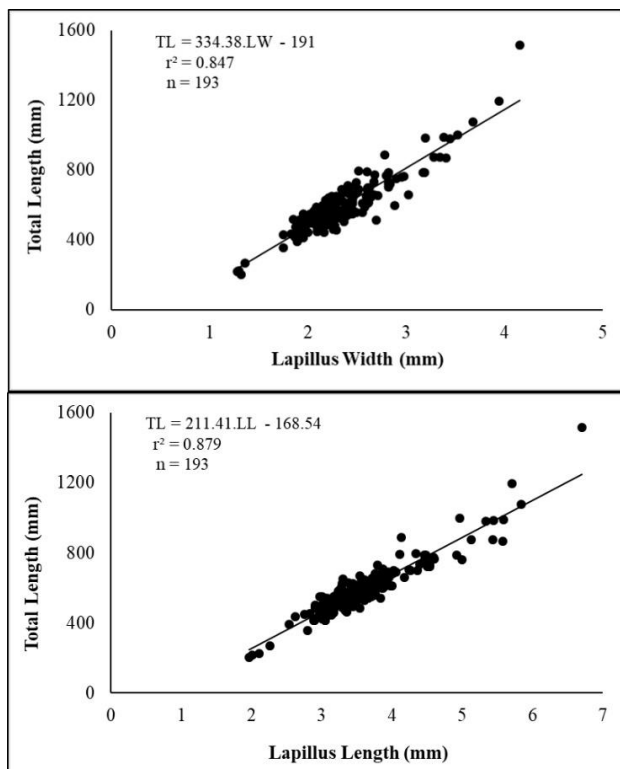


Figure 3. Relationships between fish length and lapillus dimensions in Wels catfish.

Discussion

There are many studies on the relationships between fish length and otolith size for different species (Granadeiro and Silva 2000; Yilmaz et al. 2015; Aneesh Kumar et al. 2017; Kanjuh et al. 2018; Kurucu and Bostanci 2018). However, there is no information is available on the otolith biometry of *S. glanis* in Worldwide. For this reason, information on relationships between otolith dimensions and total length is given the first time in this study.

The studies on otolith biometry have focused on the relationship between fish length and otolith length (Granadeiro and Silva 2000; Viva et al. 2015; Yilmaz et al. 2019). Also, the relationships between fish length and different measurements (width, height) of otolith were frequently defined in recently (Yilmaz et al. 2015; Aneesh Kumar et al. 2017; Kanjuh et al. 2018; Kurucu and Bostanci 2018). Because the tip of the otolith rostrum or post-rostrum may often be damaged, it is impossible to predict fish length from the otolith length alone. Therefore, the use of different measurements from otolith is more reliable to calculate relationships in studies on otolith biometry (Yilmaz et al. 2015).

Table 3. The mean percent prediction error (PE %) values for each variable of otolith in *S. glanis* from Sıdıklı Dam Lake.

Variable	n	Observed TL (mm)			Predicted TL (mm)			PE %±SD		
		Range	Mean	±SD	Range	Mean	±SD	Range	Mean	±SD
AL	179	201-1516	584.2	156.4	193.0-1316.7	584.1	151.0	0.077-19.925	5.182	4.054
AH		201-1516	584.2	156.4	186.2-1348.0	584.2	152.0	0.140-20.038	4.847	3.438
LL	193	201-1516	588.8	152.1	247.4-1247.1	588.8	142.6	0.034-23.089	6.871	5.056
LW		201-1516	588.8	152.1	236.6-1198.8	589.7	140.0	0.067-38.269	7.661	5.835

In this study, relationships between fish length and length, width, and height of otolith were analyzed. Similarly, the relationships between otolith dimensions and fish length were determined in various fish species to predict fish length from otolith dimensions (Yilmaz et al. 2014; Aneesh Kumar et al. 2017; Kanjuh et al. 2018; Kurucu and Bostanci 2018).

Otoliths can also be used to estimate the size of the prey and to reconstruct the predator diet (Granadeiro and Silva 2000; Harvey et al. 2000). Fish size can be functionally related to suitable otolith dimensions and calculating relationships can be used for predicting the size of fish (Granadeiro and Silva 2000). In general, linear model was preferred to determine relationships between otolith dimensions and fish size in previous studies (Harvey et al. 2000). However, the best regression model for otolith

biometry can change in the same fish species inhabiting different habitats (Bostanci et al. 2017). Therefore, several models should be used for explaining relationships the best in the manner that. The model with the highest coefficient of determination is chosen to explain the relationship (Zar 1999). In the current study, both linear and non-linear model was used to describe otolith dimensions-fish total length relationships. According to the results of the analysis using both models, linear model provided the best fit for all relationships in this study. Similar results were obtained in previous studies in various fish species (Hunt 1992; Amouei et al. 2013; Ider et al. 2017). Granadeiro and Silva (2000) reported that non-linear functions provided the best fit for *Micromesistius poutassou* and *Merluccius merluccius*, while linear functions were the best suitable relationships for *Trisopterus luscus*

and *Trachurus species*. Yilmaz et al (2015) stated that the nonlinear model best explained the relationships between fish length and otolith dimensions for *Abramis brama*, *Blicca bjoerkna*, *Carassius gibelio*, and *Scardinius erythrophthalmus*, however linear model was the most suitable model for *Chondrostoma regium* in Lake Ladik.

Otoliths are often used in stomach content studies of predator animals such as seabirds, mammalia, and fishes (Pascoe 1986; Kemp et al. 2011; Polito et al. 2011), in paleontological studies (Bosnakoff 2011), and in the detection of larval fish in the digestive tract (Gómez et al. 2017). But the sex and length of the prey fish are not known (Echeverria 1987). The regressions obtained from all samples are needed for those occasions when the sex is not known or when the regressions were not considerably different between sexes (Yilmaz et al. 2015). Among the sex, measurements of the otolith do not always provide the same estimate of prey fish length (Yilmaz et al. 2014), hence the measurements should be pooled after adequate statistical analysis (Yilmaz et al. 2015). In this study, as there was no difference in otolith measurements (AL, AH, LL, and LW) between males and females, otolith data were pooled according to statistical examinations. Besides, no significant differences were found between all measurements of the left and right otolith, so right otolith data was used for all analyses. These findings agree with the results of previous studies (Hunt 1992; Alwany and Hassan 2008; Jawad et al. 2011). The results of this study showed that there were positive linear relationships between otolith dimensions and total length of *S. glanis*. The r^2 values of the regression equations generated from each measurement of asteriscus, and lapillus were higher than 0.847. Besides, the values of the mean PE % were lower than 7.661. This result showed that asteriscus and lapillus parameters can be used for the back-calculation of fish total length. However, the strongest linear relationship was calculated between AH-TL, with $r^2=0.944$ for predicting total length in Wels catfish.

In conclusion, this study represents the first reference on the relationship between otolith dimensions and fish length for Wels catfish population. The linear model offered the best fit for relations between otolith dimension and fish length. The relationship between asteriscus height (AH) and fish length (TL) was determined as a good indicator for predicting the length of fish.

Acknowledgements

This work was financially supported by Kırşehir Ahi Evran University (Project No: TBY.A4.17.00).

References

- Aguilar-Perera A, Quijano-Puerto L. 2016. Relations between fish length to weight, and otolith length and weight, of the lionfish *Pterois volitans* in the Parque Nacional Arrecife Alacranes, southern Gulf of Mexico. *Rev Biol Mar Oceanog*. 51(2):469-474.
doi: 10.4067/S0718-19572016000200025
- Aguirre WE. 2003. Allometric growth of the sulcus in *Cynoscion* spp. (Sciaenidae). *J Fish Biol*. 63(5):1341-1346.
doi: 10.1046/j.1095-8649.2003.00238.x
- Alwany MA, Hassan EM. 2008. Otolith morphology and body size relationships for selected fishes in Suez Canal and Gulf of Suez. *Catrina J*. 3(3):55-63.
- Amouei F, Valinassab T, Haitov A. 2013. Age determination and morphological study using otoliths in *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 in the Southern Caspian Sea. *Iranian Journal of Fisheries Sciences* 12(4):759-769.
- Aneesh Kumar KV, Deepa KP, Hashim M, Vasu C, Sudhakar M. 2017. Relationships between fish size and otolith size of four bathydemersal fish species from the south eastern Arabian Sea, India. *J Appl Ichthyol*. 33(1):102-107.
doi: 10.1111/jai.13250
- Bosnakoff M. 2011. Checklist of the fossil fish otoliths in the Department of Palaeontology and Geology, Hungarian Natural History Museum. *Fragmenta Palaeontologica Hungarica* 29:49-68.
- Bostancı D, Polat N, Kurucu G, Yedier S, Konaş S, Darçin M. 2015. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. *J Appl Ichthyol*. 31(6):1013-1022.
doi: 10.1111/jai.12860
- Bostancı D, Yedier S, Konaş S, Kurucu G, Polat N. 2017. Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three *Atherina boyeri* Risso, 1810 populations, Turkey. *EgeJFAS*. 34(1):11-16.
doi: 10.12714/egejfas.2017.34.1.02
- Campana SE, Casselman JM. 1993. Stock Discrimination Using Otolith Shape-Analysis. *Can J Fish Aquat Sci*. 50(5):1062-1083.
doi: 10.1139/f93-123
- Campana SE, Thorrold SR. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Can J Fish Aquat Sci*. 58(1):30-38.
doi: 10.1139/f00-177
- Campana SE. 2004. Photographic atlas of fish otoliths of the northwest atlantic ocean. Ottawa: NRC Research Press 284p.
- Das M. 1994. Age-Determination and Longevity in Fishes. *Gerontology*. 40(2-4):70-96.
doi: 10.1159/000213580
- DeVries DA, Grimes CB, Prager MH. 2002. Using otolith shape analysis to distinguish eastern Gulf of Mexico and Atlantic Ocean stocks of king mackerel. *Fish Res*. 57(1):51-62.
doi: 10.1016/S0165-7836(01)00332-0

- Echeverria TW. 1987. Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California. *Fish Bull.* 85:383–387.
- Fowler AJ. 1990. Validation of annual growth increments in the otoliths of a small, tropical coral reef fish. *Mar Ecol Prog Ser.* 64:25-38.
doi: [10.3354/meps064025](https://doi.org/10.3354/meps064025)
- Gómez MI, Fuentes CM. 2017. A technique for detection of larval fish in the digestive tract of predators by otolith marking. *Mar Freshwater Res.* 68(1):167-174.
doi: [10.1071/MF15201](https://doi.org/10.1071/MF15201)
- Granadeiro JP, Silva MA. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies. *Cybiu* 24(4):383-393.
- Harvey JT, Loughlin TR, Perez MA, Oxman DS. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 Species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean. Washington, DC: NOAA Technical Report NMFS 150.
- Hunt JJ. 1992. Morphological characteristics of otoliths for selected fish in the Northwest Atlantic. *J Northw Atl Fish Sci.* 13: 63-75.
doi: [10.2960/J.v13.a5](https://doi.org/10.2960/J.v13.a5)
- Ider D, Ramdane Z, Mahé K, Duffour JL, Bacha M, Amara R. 2017. Use of otolith-shape analysis for stock discrimination of *Boops boops* along the Algerian coast (southwestern Mediterranean Sea). *Afr J Mar Sci.* 39(3):251-258.
doi: [10.2989/1814232X.2017.1363817](https://doi.org/10.2989/1814232X.2017.1363817)
- Jaramillo AM, Tombari AD, Durá VB, Santamalia MER, Volpedo AV. 2014. Otolith eco-morphological patterns of benthic fishes from the coast of Valencia (Spain). *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences* 30(1):57-66.
- Javadzadeh N, Mabudi H, Taghi Azhir M. 2016. Investigation of otolith's characteristics in *Rachycentron canadum* in the Persian Gulf and Oman Sea. *Iran J Fish Sci.* 15(3):973-979.
- Jawad LA, Ambuali A, Al-Mamry JM, Al-Busaidi HK. 2011. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of the Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) collected from the Sea of Oman. *Croat J Fish.* 69(2):51-61.
- Kanjuh T, Mrdak D, Piria M, Tomljanović T, Joksimović A, Talevski T, Milošević D. 2018. Relationships of otolith dimension with body length of European Eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) from Adriatic catchment of Montenegro. *Acta Adriat.* 59(1):91-96.
- Kemp J, Swearer SE, Jenkins GP, Robertson S. 2011. Otolith chemistry is more accurate than otolith shape in identifying cod species (genus *Pseudophycis*) in the diet of Australian fur seals (*Arctocephalus pusillus doriferus*). *Can J Fish Aquat Sci.* 68(10):1732-1743.
doi: [10.1139/f2011-088](https://doi.org/10.1139/f2011-088)
- Kurucu G, Bostanci D. 2018. Using scanning electron microscopy and length-otolith size relationship for otolith morphological description of *Capoeta banarescui* Turan et al., 2006 and *Squalius cephalus* (L., 1758) (Actinopterygii: Cyprinidae) from Turkey. *Acta Zool Bulgar.* 70(1):83-88.
- Monteiro LR, Di Benedetto APM, Guillermo LH, Rivera LA. 2005. Allometric changes and shape differentiation of sagitta otoliths in sciaenid fishes. *Fish Res.* 74:288-299.
- Pascoe PL. 1986. Fish otoliths from the stomach of a thresher shark, *Alopias vulpinus*. *J Mar Biol Assoc UK.* 66(2):315-317.
doi: [10.1017/S0025315400042958](https://doi.org/10.1017/S0025315400042958)
- Payan P, Borelli G, Priouzeau F, De Pontual H, Boeuf G, Mayer-Gostan N. 2002. Otolith growth in trout *Oncorhynchus mykiss*: supply of Ca²⁺ and Sr²⁺ to the saccular endolymph. *J Exp Biol.* 205(17):2687-2695.
- Pierce GJ, Thompson PM, Miller A, Diack JSW, Miller D, Boyle PR. 1991. Seasonal-Variation in the Diet of Common Seals (*Phoca-Vitulina*) in the Moray-Firth Area of Scotland. *J Zool.* 223(4):641-652.
doi: [10.1111/j.1469-7998.1991.tb04393.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1991.tb04393.x)
- Polito MJ, Trivelpiece WZ, Karnovsky NJ, Ng E, Patterson WP, Emslie SD. 2011. Integrating stomach content and stable isotope analyses to quantify the diets of pygoscelid penguins. *PloS one.* 6(10):e26642.
doi: [10.1371/journal.pone.0026642](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0026642)
- Scharf FS, Yetter RM, Summer AP, Juanes F. 1998. Enhancing diet analyses of piscivorous fishes in the Northwest Atlantic through identification and reconstruction of original prey sizes from ingested remains. *Fish Bull.* 96:575–588.
- Sweeting RM, Beamish RJ, Neville CM. 2004. Crystalline otoliths in teleosts: Comparisons between hatchery and wild coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in the Strait of Georgia. *Rev Fish Biol and Fisher.* 14(3):361-369.
doi: [10.1007/s11160-005-3793-3](https://doi.org/10.1007/s11160-005-3793-3)
- Tollit DJ, Steward MJ, Thompson PM, Pierce GJ, Santos MB, Hughes S. 1997. Species and size differences in the digestion of otoliths and beaks: Implications for estimates of pinniped diet composition. *Can J Fish Aquat Sci.* 54(1):105-119.
doi: [10.1139/f96-264](https://doi.org/10.1139/f96-264)
- Tuset VM, Lombarte A, Assis AA. 2006. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central eastern Atlantic. *Sci Mar.* 72: 7–198.
- Viva C, Sartor P, Bertolini D, De Ranieri S, Ligas A. 2015. Relationship of otolith length to fish total length in six demersal species from the NW Mediterranean Sea. *J Appl Ichthyol.* 31(5):973-974.
doi: [10.1111/jai.12838](https://doi.org/10.1111/jai.12838)
- Volpedo AV, Fuchs DV. 2010. Ecomorphological patterns of the lapilli of Paranoplatense Siluriforms (South America). *Fish Res.* 102(1-2):160-165.
doi: [10.1016/j.fishres.2009.11.007](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.11.007)
- YAZICI R. 2018. Biological properties of the Wels Catfish (*Silurus glanis* L., 1758) from Siddıklı Küçükboğaz Dam Lake [PhD Thesis]. Kırşehir Ahi Evran University. 154p.
- Yılmaz S, Emiroğlu Ö, Aksu S, Başkurt S, Polat N. 2019. Relationships between otolith dimensions and body growth of North African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) collected from the upper basin of the Sakarya River, Turkey. *Croat J Fish.* 77(1):57-62.
doi: [10.2478/cjf-2019-0006](https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0006)
- Yılmaz S, Yazicioğlu O, Saygin (Ayaydin) S, Polat N. 2014. Relationships of otolith

- dimensions with body length of European Perch, *Perca fluviatilis* L., 1758 from Lake Ladik, Turkey. Pak J Zool. 46(5): 1231-1238.
- Yilmaz S, Yazicioğlu O, Yazıcı R, Polat N. 2015. Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey. Turk J Zool. 39(3):438-446.
[doi: 10.3906/zoo-1403-58](https://doi.org/10.3906/zoo-1403-58)
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. 4th ed. N.J: Prentice Hall 663 p.



Baraj Gölü Ekosisteminde Dinoflagellatlardan *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann Patlaması Üzerine Bir Çalışma

İskender GÜLLE^{1*} , F. Banu YALIM² , Merve ÜLKÜ² 

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Burdur

²Akdeniz Su Ürünleri Araştırma Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye'nin batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan; enerji, taşkın kontrolü ve sulama amacıyla kurulmuş olan, ayrıca balıkçılık ve turizm faaliyetleri için de yararlanılan Karacaören I Baraj Gölü'nü besleyen iki önemli kaynak olan Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin baraj gölüne karışım noktasında aşırı alg çoğalmaları (fitoplankton patlaması) incelenmiştir. Yoğun algal gelişim, ilkbahar başlarında Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin baraj gölüne karıştığı nehir ağızı bölgesinde kızıl-kahverengi belirgin bir bant olarak gözlemlenmiştir. Görsel olarak, alg patlaması yoğunluğunun nehir ağızı bölgesinden lakustrin bölgeye doğru azaldığı kaydedilmiştir. 18 Mart 2014'de bu ortamdan alınan plankton ve su örneklerinde plankton patlamasına neden olan organizmanın Dinoflagellata'dan *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann olduğu tespit edilmiştir. Bu türün en yüksek yoğunluğu Isparta Çayı ağızında 26.997; Göksu Deresi ağızında ise 22.262 hücre/ml olarak belirlenmiştir. Ayrıca alg patlamasının tespit edildiği sırada yoğun balık ölümleri gözlemlenmiştir. Bu sonuçlardan hareketle, özellikle Isparta Çayı'ndan gelen kentsel atıkların ve Göksu Çayı'ndan gelen balık yetiştiriciliği atıklarının baraj gölünde alg patlamalarını tetikleyebileceği ve bu durumun gelecekte de ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

Anahtar kelimeler: Alg patlaması, Dinophyceae, fitoplankton, tatlısu

MAKALE BİLGİSİ

DERLEME

Geliş : 04.03.2020
Düzeltilme : 16.05.2020
Kabul : 03.06.2020
Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.698911

* SORUMLU YAZAR

igulle@mehmetakif.edu.tr
Phone : +90 248 213 30 28

A study on the Bloom of Dinoflagellates *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann in a Dam Lake Ecosystem in Turkey

Abstract: Karacaören I Dam Lake is located in the South-Western Mediterranean of Turkey. Although it has been established for energy, flood control, and irrigation, it is also used for fishing and recreational activities. An intense algal bloom was observed at the riverine zone of Isparta and Göksu streams, two important sources feeding this reservoir. The phytoplankton bloom was observed in the early spring as a dense reddish-brown band at the riverine zone of Isparta Stream and Göksu Creek were mixed into the reservoir. Visually, it was determined that the intensity of algal bloom decreased from the riverine zone to the lacustrine zone of the reservoir. On 18 March 2014, the organism causing the bloom in the plankton and water samples was determined to be *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann from Dinoflagellata. The maximum cell density of species was determined as 26,997 cells/ml in the mouth of Isparta Stream and 22,262 cells/ml in the mouth of Göksu Creek. Besides, intense fish deaths were observed at these dates during an algal bloom. Based on these results, it is predicted that especially urban wastes from Isparta Stream and fish farming wastes from Göksu Stream may trigger algal blooms in the reservoir, and this situation may occur in the future.

Keywords: Algal bloom, Dinophyceae, phytoplankton, freshwater

Alıntılama

Gülle İ, Yalın FB, Ülkü M. 2020. Baraj Gölü Ekosisteminde Dinoflagellatlardan *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann Patlaması Üzerine Bir Çalışma. LimnoFish. 6(3): 223-230. doi: 10.17216/LimnoFish.698911

Giriş

Tüm dünyada dinoflagellatların 259 cinsine ait 2377 takson tespit edilmiş (Gomez 2012a) olup, bunların 250-300 kadarı tatlısulara dağılım göstermektedir (Carty 2003). Dinoflagellatlar tatlısu ekosistemlerine nazaran deniz ve geçiş sularında

daha fazla yayılış göstermektedirler. Bu grubu temsil eden türlerin çoğu planktonik olup, bunların %17'si iç sularda yaşamaktadır (Gomez 2012b). Tatlısu sistemlerinde yaygın bilinen bir alg grubu olan Dinoflagellatlar, yaşam döngülerinin vejetatif evresinde planktonik formda yoğun gelişim

gösterirken, kist (dinlenme) evresinde bentikte bulunurlar (Rengefors 2001).

Dinoflagellatlar tatlısu fitoplankton komünitesinin yaygın temsilcileri olmakla birlikte, tatlısulara denizlerden daha az sayıda türle temsil edilirler. Bazı denizel türler çeşitli toksinler üretebilmeleriyle tanınırken, tatlısu türleri zararsız olarak bilinir. Tatlısu temsilcileri bu zararsız oluşlarına rağmen, patlama yaptıklarında suya balıksı tat-koku salmaları ve filtrasyon ünitelerini tıkamaları gibi nedenlerle özellikle evsel su temininde sorunlara yol açabilmektedirler (Bowling 2009). Tatlısu dinoflagellatları ototrofik ve heterotrofik yollarla beslenmektedir (Carty 2003).

Tatlısu dinoflagellatları denizel formlara nazaran genellikle toksik olmayan, zararsız alg grubu (Rengefors 2001; Rengefors ve Legrand 2001; Carty 2003) olarak bilinmelerine rağmen, toksik dinoflagellat artışları da rapor edilmiştir (Rengefors 2001; Rengefors ve Legrand 2001). *Peridinium bipes*'in algisit fonksiyonunun *Microcystis aeruginosa*'nın çoğalması üzerinde inhibe edici bir etki oluşturduğu bildirilmiş (Wu vd. 1998), yine bazı *Peridinium* türlerinin patlama yapmasının, içme suyunda istenmeyen kokulara ve tarım endüstrisinde ekonomik sorunların ortaya çıkmasına neden olabileceği kaydedilmiştir (Kawabata ve Hirano 1995).

Dünyada ve Türkiye'de, tatlısulara siyanobakteri türlerinin aşırı gelişimine yönelik çok sayıda kayıt bildirilmesine rağmen, dinoflagellat türleri ile ilgili bildirimler daha azdır (Furnas vd. 1990; Rengefors ve Legrand 2001; Viner-Mozzini vd. 2003; Mohebbi vd. 2012; Zohary vd. 2012). Türkiye tatlısu sistemlerinde *Peridiniopsis* cinsi üyelerinin patlama yapmasıyla ilgili bir bildirim bulunmamakta olup, çalışmamız bu açıdan ilk olma özelliği taşımaktadır.

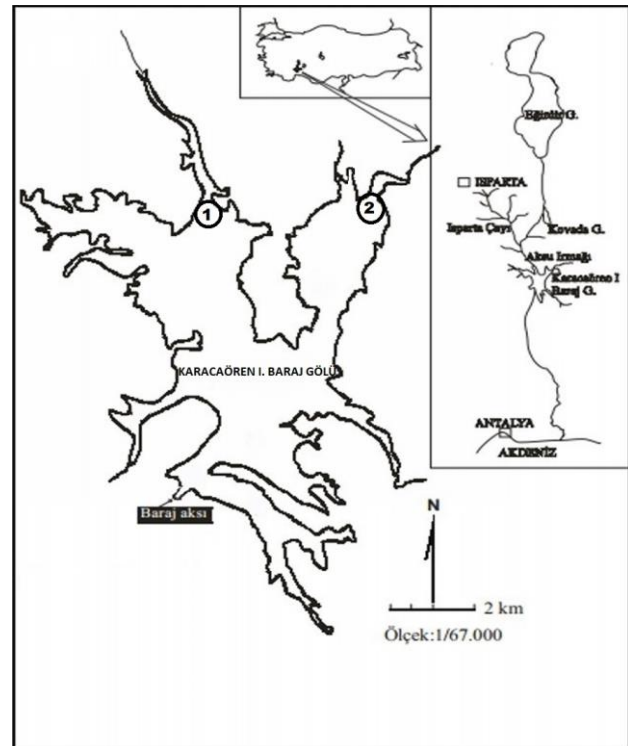
Bu çalışmada, Türkiye'nin batı Akdeniz kesiminde yer alan; balıkçılık, sulama ve turizm faaliyetleri için kullanılmakta olan Karacaören I Baraj Gölü sisteminde, gölü besleyen iki önemli akarsuyun nehir ağız bölgelerinde (Isparta Çayı ve Göksu Deresi) fitoplankton patlamasına yol açan Dinoflagellata türünün durumu ve baraj gölü ekolojisine ilişkin bulgularımız değerlendirilmiştir.

Materyal ve Metot

Karacaören I Baraj Gölü (KBG) 1990 yılında Isparta, Burdur ve Antalya illerinin kesiştiği noktada Aksu Nehri üzerine sulama, taşkın kontrol ve enerji amaçlı kurulmuştur. Baraj gölünün yüzey alanı 45,5 km², ortalama derinliği 27 m'dir (DSİ 2019). KBG'nin başlıca su gelirini Isparta Çayı, Göksu Deresi ve küçük mevsimsel dereler oluşturmaktadır. Yaklaşık 6 bin km² drenaj alanına sahip olan Isparta

Çayı, Isparta ve Eğirdir yerleşimlerinin drenaj sularını göle taşımakta olup, çeşitli araştırma ve raporlarda kirliliğin en yüksek olduğu sıcak noktalar olarak bildirilmektedir. Göksu Deresi ise evsel ve endüstriyel atıklardan ziyade, yoğun kültür balıkçılığı (gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliği) faaliyetlerinden gelen organik madde, azot ve fosfor yükü ile sistemi kirlletmektedir.

Dinoflagellat patlaması sırasında, 18 Mart 2014 tarihinde, plankton ve su örnekleri Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin göle karışım bölgesinden, yani aşırı alg gelişiminin tespit edildiği iki noktadan alınmıştır (Şekil 1). Nicel amaçlı örnekler doğrudan göl suyundan alınarak 0,5 L hacimli plastik kaplarda %1'lik Lugol çözeltisi ile tespit edilmiş, tür tayini için dijital kamera donanımlı Nikon marka ışık mikroskobu ve invert mikroskobu kullanılarak fotoğrafları çekilmiştir. Patlama gösteren dinoflagellat taksonunun teşhisinde Carty (1989, 1993, 2003, 2014), Lewis ve Dodge (2002), Hansen ve Flaim (2007), Cavalcante vd. (2017) ile Guiry ve Guiry (2020)'den yararlanılmıştır. Fitoplankton yoğunluğunun belirlenmesinde improved Neubauer tipi sayım hücresi kullanarak binoküler ışık mikroskopunda x100 ve x200 büyütmede sayımlar yapılarak sonuçları hücre/ml olarak verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası ve örnekleme noktaları 1: Isparta Çayı mansabı, 2: Göksu Deresi mansabı.

Figure 1. Map of the study area and sampling points 1: Downstream of Isparta Stream, 2: Downstream of Göksu Creek.

Ayrıca, bazı fiziko-kimyasal parametreler (su sıcaklığı, pH, çözünmüş oksijen, oksijen

doğunluğu, Secchi diski görünürlüğü, elektriksel iletkenlik ve tuzluluk) taşınabilir cihazlar ile yüzey suyundan yerinde (*in situ*) ölçülmüştür. Toplam N ve Toplam P için yüzey suyundan alınan numuneler spektrofotometrik yöntemler ile analiz edilmiştir. Klorofil-*a* analizleri için 2,5 L hacimli koyu renkli plastik şişelere 0,5 m derinden alınan göl suyu örnekleri anında %0,1'lik $Mg(HCO_3)_2$ ilavesi ile tamponlanarak %90'lık aseton özüt yöntemiyle APHA (2005)'ya göre analiz edilmiştir.

Bulgular

KBG'yi besleyen Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin nehir ağzı (riverin) bölgesinde 18 Mart 2014'de plankton patlaması esnasında yapılan ölçüm ve analiz Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre, Isparta Çayı mansabında ölçülen su sıcaklığı ve elektriksel iletkenlik hariç diğer fiziko-kimyasal parametrelerin Göksu Deresi mansabına göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Karacaören I Baraj Gölü'nü besleyen Isparta Çayı ve Göksu Deresi mansapları örnekleme noktalarının bazı su kalitesi değerleri.

Table 1. Some water quality values of sampling points of downstreams of Isparta Stream and Göksu Stream which feed Karacaören I Dam Lake.

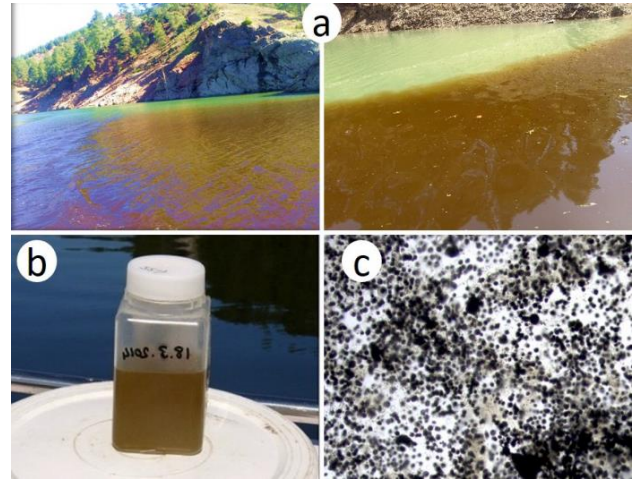
Parametre	Isparta Çayı nehir ağzı	Göksu Deresi nehir ağzı
Su sıcaklığı (°C)	16,1	17,5
pH	7,5	9,0
Çözünmüş oksijen (mg/L)	23,3	10,9
Çöz. oks. doygunluğu (%)	235	110
Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	495	334
Tuzluluk (‰ S)	0,20	0,20
Toplam azot (mg N/L)	1,250	0,120
Toplam fosfor (mg P/L)	0,235	0,020
Klorofil <i>a</i> (µg/L)	136,49	112,407
Secchi diski görünürlüğü (m)	0,6	1,4

Alg patlamasına neden olan dinoflagellat bireylerinin doğrudan ışık mikroskopunda yaptığımız morfolojik inceleme ve metrik ölçümlerine göre *Peridiniopsis* cf. *cunningtonii* (Lemmermann) Lemmermann 1910 olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Hücre armudi biçimli, epiteka konik yapılı ve hipotekadan biraz daha uzun, canlı hücreler haki-altuni renkli ve göz noktasına sahiptir (Şekil 2a,b,c). Hipoteka yuvarlak veya bazen hafif köşeli ve genellikle 4 adet bariz ve güçlü diken bulundurmakta, bu dikenler nadiren 6 adet olabilmektedir. Plakalar üzerinde siğil benzeri çıkıntılar ile özellikle hipotekada bazı bireylerde ana

dikenler arasında yer yer küçük dikencikler bulunabilmektedir. Apikal por çıkıntısı belirgin olup, hafifçe boynuzumsu bir görünüm almıştır. Işık mikroskobu ile tespit edebildiğimiz epitekal plaka deseni Po, X, 4', 1a, 6'' şeklindedir (Şekil 2d-j). Hücre uzunluğu 27-31 (ort. 29) µm ve genişliği 23-25 (ort. 24) µm büyüklüğündedir.

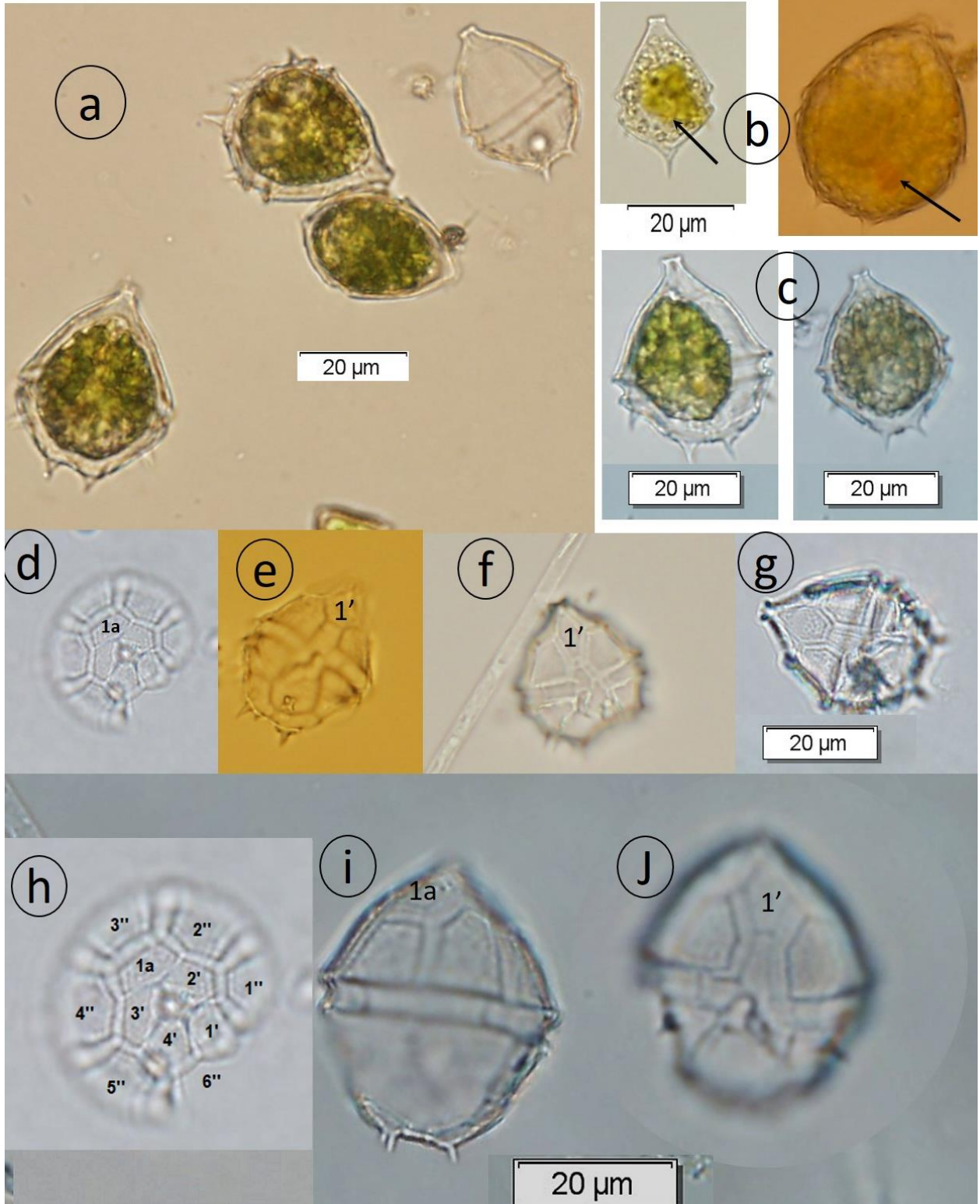
Türün teşhisi konusunda; *P. cunningtonii* ile *P. quadridens* ve *P. thompsonii* taksonlarının benzerliği oldukça fazla olduğundan sıklıkla yanlış tanımlamalar yapılabilmektedir (Carty 1989, 2014; Hansen ve Flaim 2007). Bu konunun farkında olarak, yaptığımız epitekal plaka formülasyonu, hücre büyüklüğü ve diğer anatomik özellikler türün *P. cf. cunningtonii* olduğunu göstermiştir. Yine de, dinoflagellatların tanısında çok önemli bir yöntem olan, plakaların elektron mikroskobu görüntüleme tekniğinin de kullanılması, türün tanımlanması konusunda daha kesin sonuç alınmasını sağlayabilirdi.

Aşırı üreme (alg patlaması) olayları Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin baraj gölüne karıştığı alanda kızılımsı-kahverengi bir bant veya bölge olarak gözlemlenmiştir. Bu belirgin duruma sadece baraj gölünün geçiş (riverin-transisyonel) bölgesinde rastlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. a: Isparta Çayı mansabında *P. cf. cunningtonii* patlaması sırasında yüzey suyunda görülen değişimler b: alg patlaması anında doğrudan alınmış göl suyu örneği, c: göl suyundaki *P. cf. cunningtonii* hücrelerinin sudaki doğal yoğunluk durumlarının ışık mikroskobu altındaki görüntüsü.

Figure 3. a: Changes in the surface water downstream of Isparta Stream. during the: *P. cf. cunningtonii* bloom b: lake water sample taken directly at the time of algal bloom, c: Image of natural density of *P. cf. cunningtonii* cells in lake water under light microscopy.



Şekil 2. *P. cf. cunningtonii* hücrelerinin ışık mikroskobu görüntüleri a, b, c: genel hücre morfolojisi, oklar göz noktasını göstermektedir; d, h: epiteka interkalari (ara) plaka apikal görünüş ve tabülasyon; e, f, j: boş teka ventral görünüş; g, i: boş teka dorsal görünüş.

Figure 2. Light microscopy images of *P. cf. cunningtonii* cells a, b, c: general cell morphology, arrows show eyepoint; d, h: epiteka intercalari (intermediate) plate apical view and tabulation; e, f, j: empty frustule ventral view; g, i: empty frustule dorsal view.

P. cf. cunningtonii yoğunluğu Isparta Çayı mansabında maksimum 26.997 (ort.12.905) hücre/ml olarak sayılmıştır. Göksu Deresi mansabında ise

maksimum 22.262 (ort. 7.985) hücre/ml olarak tespit edilmiştir. Her iki bölgedeki *P. cf. cunningtonii*'nin fitoplankton kompozisyonu içerisindeki anlık

baskınlık durumu sırası ile %96,26 ve %90,43 olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Alg patlaması anında *P. cf. cunningtonii* hücre sayısı ve baskınlık durumu.

Table 2. Cell number and dominance state of *P. cf. cunningtonii* during algal bloom.

Örneklem mesafesi	1. istasyon Isparta Çayı Mansabı		2. istasyon Göksu Deresi Mansabı	
	Sayı (hücre/ml)	Baskınlık* (%)	Sayı (hücre/ml)	Baskınlık (%)
1- Alg patlamasının en yoğun yeri	26.997	96,26	22.262	90,43
2- Alg patlaması noktasına 100 m	9.325	90,30	875	60,47
3- Alg patlaması noktasına 200 m	2.394	71,42	819	65,52
Ortalama	12.905	92,79	7.985	87,70

Tartışma ve Sonuç

Peridiniopsis cinsinden dünyadan 15 (Gomez 2012a) Türkiye’den ise 8 tür (Gönüloğlu 2020) kaydı verilmiş olup, *P. cunningtonii*’ye ve birbirlerine çok benzeyen *P. quadridens* ve *P. thompsonii* (Hansen ve Flaim 2007; Carty 2014) türleri de Türkiye florasında yer almaktadır (Gönüloğlu 2020). Ancak, ülkemiz tatlısu ekosistemlerinde *Peridiniopsis* patlamasına ilişkin literatüre rastlanılmamıştır. Bu türün Dünya genelinde tatlısularda patlama yaptığına dair kayıtlar çok fazla olmayıp, Carty (2003) Japonya’daki bir baraj gölünde, yaz aylarında 17 °C’nin üstündeki su sıcaklığında, patlama sırasındaki yoğunluğu 40.000 hücre/ml olarak bildirilmiştir. Çalışmamızda da su sıcaklığının 16-17 °C olması literatür ile benzeşmektedir. Fakat, İtalya içsularında bu türün Temmuz-Ağustos dönemlerinde ortaya çıktığı bildirilmektedir (Hansen ve Flaim 2007).

Cinsin başka bir taksonunun, *Peridiniopsis penardii*, Japonya’da kış-ilkbahar döneminde patlama yaptığı bildirilmiştir (Carty 2003). Shimokubo Baraj Gölü’nde 1972 ve 1973 yıllarında Şubat sonundan Mayıs’a kadar akarsu girişinden 20-40 m uzağa kadar olan mesafede, şiddetli *Peridinium* sp. patlaması sırasında en yüksek yoğunluk 93×10^3 hücre/ml ve klorofil *a* değeri 2700 µg/l olarak kaydedilmiş; bunun nedeninin uygun güneş ışığı, su sıcaklığı, suyun sertliği ve kanalizasyon deşarjına bağlı olabileceği bildirilmiştir (Nakamoto 1975). Çalışmamızda belirlenen en yüksek hücre yoğunluğu (26.997 hücre/ml) yukarıda verilen, Nakamoto (1975) ve Carty (2003)’nin verilerinden daha düşük bulunmuştur.

P. cunningtonii Amerika, Japonya (Carty 2003), Norveç (Nordic Microalgae and Aquatic Protozoa 2013), Brezilya (Cavalcante vd. 2017), İtalya (Hansen ve Flaim 2007) ve İsrail (Zohary vd. 2012; 2014) gibi birçok ülkede sıkça rastlanılan ve zaman zaman yoğun gelişim gösterebilen bir türdür. Rengefars (2001), fotosentetik tatlısu dinoflagellat popülasyonlarının yıl içinde sürekli olmadığını, en yüksek popülasyon yoğunluğuna ılıman bölgelerde

yaz veya kış sonunda; subtropikal bölgelerde ise karışım döneminin sonunda rastlandığını bildirmektedir. İsrail’de bulunan tatlısu özelliğindeki Kinneret Gölü’nün baskın fitoplankton gruplarından biri de dinoflagellatlardır. Bu gruptan patlama oluşturan başlıca dinoflagellat taksonları; *Peridinium*, *Ceratium*, *Peridiniopsis cunningtonii* ve *Peridiniopsis elpatiewskyi*’dir. Son ikisinin özellikle Mart-Haziran ayları arasında etkili patlama oluşturabildiği bildirilmektedir (Zohary vd. 2012). Kawabata ve Hirano (1995) tarafından, Japonya’daki Ishitegawa rezervuarında red-tide olayına sebep olan *Peridinium penardii*’nin spesifik büyüme hızı, hücresel azot ve fosfor içeriklerindeki değişiklikler araştırılmış, en yüksek *P. penardii* yoğunluğu; 8 °C’de $2,5 \times 10^4$ hücre/ml olarak kaydedilmiştir. Çalışmamız sırasında, her iki örneklem noktasında çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yüksek ölçülmesi fotik bölgedeki yoğun fotosentez etkinliğinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde *M. aeruginosa*’nın aşırı üremesinin tespit edildiği Aras Baraj Gölü’nde çözünmüş oksijen değeri (17,2 mg/l) yüksek bulunmuştur (Mohebbi vd. 2012).

Çeşitli trofik sınıflandırma indekslerine göre; her iki örneklem noktası incelendiğinde klorofil *a*, toplam azot, toplam fosfor ve Secchi diski görünürlüğü değerleri Nürnberg (1996)’e göre ortamın hipertrofik, OECD (1982)’ye göre ötrofik olduğuna işaret etmektedir. Ancak bir ortamın doğru ve gerçek trofik durum sınıflandırmasının yıl boyu elde edilecek veriler ışığında yapılabileceği unutulmamalıdır. Çalışma alanı sadece akarsu mansapları ile sınırlı olduğundan, göl geneli için doğru bir öngörü vermese de, önceki yıllarda göl için yapılan trofik sınıflandırmalarda rezervuarın mezotrofik durumda olduğu bildirilmiştir (Gülle 2005; Yalın vd. 2014). Hansen ve Flaim (2007), *P. cunningtonii*’nin İtalya içsularında mezotrofik-ötrofik koşulların göstergesi olduğunu bildirmektedir.

Aksu (Isparta) Çayı’nın su kalitesi ve fiziko-kimyasal parametrelerinin makro-omurgasız

çeşitliliği üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, evsel atıksu karışımının yoğun olduğu Isparta Çayı'nda (Şekil 4) su kalitesi parametrelerine göre kirlilik yükünün çok daha yüksek olduğu bulunmuştur (Kalyoncu vd. 2008). Özel vd. (2019), Isparta Çayı'nın baraj gölüne yaklaştığı bir bölgesinde, saprobi indeksine göre akarsuyun beta-mezosaprobik aralıkta olduğunu belirlemişlerdir. Bulut vd. (2012), Göksu Deresi (Şekil 5) üzerinde toplam 820 ton/yıl porsiyonluk ve 58 milyon adet/yıl yavru alabalık üretim kapasitesine sahip olan işletmelerin fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik parametreler açısından akarsuyu kabul edilemez derecede kirletmekte olduğunu bildirmiştir. Ancak, bu saptamanın tam tersi yönde bir bulgu olarak, Isparta Çayı mansabı yıllık ortalama BOİ (4,9 mg/l O₂) ve KOİ (17,1 mg/l O₂) değerleri ile Göksu Deresi mansabı yıllık ortalama BOİ (1,8 mg/l O₂) ve KOİ (6,2 mg/l O₂) değerlerinin, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri RG: 29327) açısından I. sınıf su kalitesini işaret ettiği belirtilmiştir (Ülkü 2016).



Şekil 4. Evsel ve kentsel atıkların baraj gölüne giriş yaptığı Isparta Çayı mansabı (sol) ve yoğun alabalık üretim çiftliklerinden çıkan suları göle taşıyan Göksu Deresi (sağ).

Figure 4. Downstream of Isparta Stream (left), where domestic and urban wastes enter the reservoir, and Göksu Stream (right), which carries water from intensive trout farms to the reservoir.

P. cf. cunningtonii patlamasının, Isparta Çayı'ndan ve Göksu Deresi'nden gelen inorganik ve organik madde yükü fazla olan soğuk suların, daha sıcak (16-17 °C) ve durgun olan baraj gölü suyu ile karıştığı geçiş bölgesinde olduğu ve lakustrin bölgede etkisini kaybettiği görülmüştür. Bu sonuçlardan da anlaşılabileceği üzere; ani artan su sıcaklığı ile kistlerin uyanma sürecine girmesi ve karma beslenme (ototrofik+heterotrofik) yeteneğinin *P. cf. cunningtonii*'nin aşırı çoğalmasına neden olduğu düşünülebilir.

Isparta Çayı ve Göksu Deresi'nin baraj gölü karışım bölgesinde alg patlaması sırasında ve sonrasında, zaman zaman halkın ve yöneticilerin de

dikkatini çekecek biçimde, büyük boyutlu toplu balık ölümleri gözlemlenmiştir (Şekil 5).

Balık ölümlerinin dinoflagellat kaynaklı mı, yoksa anaerobik koşullardan veya başka bir toksik ajandan mı kaynaklandığını belirlemek mümkün olamamıştır. Ancak birbirinden oldukça uzak mesafede yer alan her iki akarsu ağzında da balık ölümlerinin görülmüş olması, göl genelinde etkili olan bir durumu çağrıştırmaktadır.

Literatürde yaygın olarak bilindiği şekliyle, her ne kadar tatlısu dinoflagellatlarının toksik etkiye neden olmadığı (Carty 2003; Bowling 2009) bildirilmekle birlikte, bu görüşün sorgulanması gerektiğini gösteren kanıtlar da bulunmaktadır.

Bu bağlamda, tatlısu dinoflagellatlarının neden olduğu toksik patlamalara ilişkin bazı bildirimlere göre; *Peridinium* ve *Peridiniopsis* cinslerine ait türlerin toksin üretebileceği öngörülmüştür. *Peridiniopsis polonicum*'un Japonya'daki bir rezervuarda balık ölümlerine neden olduğu; *Peridinium bipes*'in *M. aeruginosa* üzerinde algisit bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir. Yine, *Peridinium aciculiferum* tarafından üretilen toksinlerin, İsveç'in Mälaren Gölü'ndeki ticari önemi olan balık larvalarının büyük ölçekli ölümünde etkili olabileceğini gösteren kanıtlar söz konusudur (Rengefors 2001).

Toksik tatlısu dinoflagellatlarının balık ölümlerine ve alg türleri üzerine algisit etkisi (alelopatik etki) gösterdiğine yönelik araştırmalar bulunmasına rağmen, *P. cunningtonii*'nin toksisitesi ile ilgili bir kayda rastlanılmamıştır (Kawabata ve Hirano 1995; Wu vd. 1998; Rengefors ve Legrand 2001; Viner-Mozzini vd. 2003; Zohary vd. 2012).



Şekil 5. Çalışmamız sırasında Isparta Çayı mansabı (sol) ve Göksu Çayı mansabında (sağ) görülen kitlesel balık ölümleri.

Figure 5. Mass fish mortality observed downstream of Isparta Stream (left) and downstream of Göksu Stream (right) during our study.

Tatlısulardaki toksik dinoflagellat patlamaları muhtemelen kayda geçen vakalardan daha sık görülmekte olup, bu durum habitatın biyotası üzerinde büyük bir etkiye neden olabilmektedir. Dinoflagellat patlamasının ve toksisitesinin yol açtığı

potansiyel balık ölümlerine ek olarak, içme suyu kaynağı olarak kullanılan sistemlerde su kalitesi yönetimi açısından da kaygıya neden olduğu bildirilmektedir (Rengefors 2001).

04/07/2017 tarih ve 311 sayılı Orman ve Su İşleri Bakan oluru ile onaylanan “Karacaören I-II Baraj Gölleri Özel Hükümleri” çerçevesinde içme ve kullanma suyu rezervuarı olan her iki baraj gölü için su kalitesinin korunması ve sürdürülebilir kullanımının sağlanması kapsamında hukuki ve teknik esaslar oluşturulmuştur. Bunun yanında balıkçılık, turizm ve tarımsal amaçlı faaliyetler için de kullanılan baraj gölünde nütrient konsantrasyonu, fitoplankton kompozisyonu ve diğer limnolojik parametrelerin insan ve çevre sağlığının bir göstergesi olarak izlenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (Proje No: TAGEM/HAYSUD/2013/A11/P-02/7) ve Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi BAP koordinatörlüğü (220-YL-13) tarafından desteklen projelerden üretilmiştir.

Kaynaklar

- APHA 2005. American Public Health Association. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th edition. Washington, DC: American Public Health Association 1368 p.
- Bowling L. 2009. Freshwater phytoplankton: diversity and biology. In: Suthers IM, Rissik D, editors. Plankton: A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality. Collingwood, Australia: CSIRO Publishing. p. 115-140.
- Bulut C, Akçimen U, Uysal K, Çınar Ş, Küçükkara R, Savaşer S. (2012). Isparta Çandır Gökusu Kaynağı Üzerindeki Alabalık İşletmelerinin Dere Suyuna Olan Etkileri. Journal of Fisheries Sciences.com. 6(4):331-340.
doi: 10.3153/jfsc.com.akdeniz007
- Carty S. 1989. Thompsodinium and two species of Peridiniopsis (Dinophyceae): Taxonomic notes based on scanning electron microscopy. T Am Microsc Soc. 108(1):64-73.
doi: 10.2307/3226208
- Carty S. 1993. Contribution to the Dinoflagellate Flora of Ohio. Ohio J Sci. 93(5):140-146.
- Carty S. 2003. Dinoflagellates. In: Wehr JD, Sheath RG, editors. Freshwater Algae of North America: Ecology and Classification. Boston, USA: Academic Press. p. 685-714.
- Carty S. 2014. Freshwater dinoflagellates of North America. Ithaca, New York: Comstock Publishing Associates - Cornell University Press 272 p.
- Cavalcante KP, Craveiro SC, Calado AJ, Ludwig TAV, Cardoso LS. 2017. Diversity of freshwater dinoflagellates in the State of Paraná, southern Brazil, with taxonomic and distributional notes. Fottea. 17(2):240-263.
doi: 10.5507/fot.2016.026
- DSİ 2019. Türkiye'deki Barajlar Albümü; [Erişim tarihi 2019 Nis 05]. Erişim adresi: <http://www2.dsi.gov.tr/baraj/detay.cfm?BarajID=135>
- Furnas MJ, Smayda TJ, Tomas R. 1990. Persistent Dinoflagellate Blooms in a small marine cove. Marine Nature. 3:9-28.
- Gomez F. 2012a. A Checklist and Classification of Living Dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). Cicimar Oceanides. 27(1):65-140.
- Gomez F. 2012b. A Quantitative Review of The Lifestyle, Habitat and Trophic Diversity of Dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). Syst Biodivers. 10(3):267-275.
doi: 10.1080/14772000.2012.721021
- Gönül A. 2020. Türkiye algleri; [Erişim tarihi 2020 Şub. 05]. Erişim adresi: turkiyealgleri.omu.edu.tr/results.php?veri=species&empire_id=2&kingdom_id=3&phylum_id=13&class_id=30&ordo_id=66&family_id=520&genus_id=1309
- Guiry MD, Guiry GM. 2020. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway [Erişim tarihi 2020 Oca 24]. Erişim adresi <http://www.algaebase.org>
- Gülle İ. 2005. Karacaören I Baraj Gölü (Burdur) Planktonunun Taksonomik ve Ekolojik Olarak İncelenmesi [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi. 199 s.
- Hansen G, Flaim G. 2007. Dinoflagellates of the Trentino Province, Italy. J Limnol. 66(2):107-141.
doi: 10.4081/jlimnol.2007.107
- Kalyoncu H, Yorulmaz B, Barlas M, Yıldırım Z, Zeybek M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 20(1):23-33.
- Kawabata Z, Hirano Y. 1995. Growth pattern and cellular nitrogen and phosphorus contents of the dinoflagellate Peridinium penardii (Lemm.) Lemm. causing a freshwater red tide in a reservoir. Hydrobiologia. 312:115-120.
doi: 10.1007/BF00020767
- Lewis M, Dodge JD. 2002. Phylum Pyrrophyta (Dinoflagellates) Order Peridiniales. In: John DM, Whitton BA, Brook AJ, editors. The Freshwater Algal Flora of the British Isles. An identification guide to freshwater and terrestrial algae. London: Cambridge University Press. p. 198-205.
- Mohebbi F, Azari AM, Heidari M, Asem A. 2012. Cyanobacterium Microcystis aeruginosa Bloom in Aras Dam Reservoir. Int J Environ Res. 6(1):309-312.
doi: 10.22059/IJER.2011.496
- Nakamoto N. 1975. A Freshwater Red Tide on a Water Reservoir. Japanese Journal of Limnology. 36(2):55-64. doi: 10.3739/rikusui.36.55
- Nordic Microalgae and Aquatic Protozoa 2013. Peridiniopsis Lemmerm [Erişim tarihi: 2020 Şub. 05]. Erişim adresi <http://nordicmicroalgae.org/taxon/Peridiniopsis>

- Nürnberg GK. 1996. Trophic state of clear and colored, soft and hardwater lakes with special consideration of nutrients, anoxia, phytoplankton and fish. *Lake Reserv Manage.* 12(4): 432-447.
doi: [10.1080/07438149609354283](https://doi.org/10.1080/07438149609354283)
- OECD. 1982. Eutrophication of waters. Monitoring, Assessment and Control. OECD, Paris.
- Özel B, Yay T, Tekin Özcan S. (2019). Isparta Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Simuliidae Faunasına Göre Belirlenmesi. *Acta Aquatica Turcica.* 15(4): 487-498.
doi: [10.22392/actaquatr.558391](https://doi.org/10.22392/actaquatr.558391)
- Rengefors K. 2001. Freshwater dinoflagellates – life history and HAB potential. In: Garcés, Esther & Zingone, Adriana & Montresor, Marina & Reguera, Beatriz & Dale, Barrie. LIFEHAB: Life history of microalgal species causing harmful blooms. Report of a European workshop. Calvià, Majorca, Spain, October 24-27, 2001, 208 p.
- Rengefors K, Legrand C. 2001. Toxicity in *Peridinium aciculiferum* - an adaptive strategy to outcompete other winter phytoplankton? *Limnol Oceanogr.* 46(8):1990-1997.
doi: [10.4319/lo.2001.46.8.1990](https://doi.org/10.4319/lo.2001.46.8.1990)
- Ülkü M. 2016. Karacaören I Baraj Gölü Siyanobakteri (Mavi-Yeşil Alg) Florası ve Mikrosistin Düzeyinin Belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi. 177 s.
- Viner-Mozzini Y, Zohary T, Gasith A. 2003. Dinoflagellate bloom development and collapse in Lake Kinneret: a sediment trap study. *J Plankton Res.* 25(6):591-602.
doi: [10.1093/plankt/25.6.591](https://doi.org/10.1093/plankt/25.6.591)
- Wu JT, Kuo-Huang LL, Lee J. 1998. Algicidal Effect of *Peridinium bipes* on *Microcystis aeruginosa*. *Curr Microbiol.* 37:257-261.
doi: [10.1007/s002849900375](https://doi.org/10.1007/s002849900375)
- Yalım FB, Güllü İ, Pak F, Aktaş Ö, Uysal R, Bayoğlu M. 2014. Changes in the Trophic State of Karacaören I Dam Lake (Burdur, Turkey). Sunulduğu yer: International Symposium on Fisheries and Aquatic Sciences; Trabzon, Turkey.
- Zohary T, Nishri A, Sukenik A. 2012. Present-absent: a chronicle of the dinoflagellate *Peridinium gatunense* from Lake Kinneret. *Hydrobiologia.* 698:161-174.
doi: [10.1007/s10750-012-1145-6](https://doi.org/10.1007/s10750-012-1145-6)
- Zohary T, Yacobi YZ, Alster A, Fishbein T, Lippman S, Tibor G. 2014. Phytoplankton. In: Zohary T, Sukenik A, Berman T, Nishri A, editors. *Lake Kinneret, Ecology and Management.* Switzerland: Springer, Dordrecht. p. 161-190.



A Preliminary Study on Reproduction and Development of Bushymouth Catfish (*Ancistrus dolichopterus*) in Aquarium Conditions

Mustafa DENİZ^{1*} , T. Tansel TANRIKUL² , Onur KARADAL³ , Ezgi DİNÇTÜRK²
F. Rabia KARADUMAN¹

¹Department of Aquaculture, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey

²Department of Fish Diseases, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey

³Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey

ABSTRACT

Dwarf suckermouth catfish are preferred especially for small aquariums. They are usually referred to as tank cleaners and commonly traded in the ornamental fish sector. Since these fish are nocturnal, it is difficult to observe their reproductive behavior and larval development. This study was carried out to determine the reproductive variables of bushymouth catfish (*Ancistrus dolichopterus*) under aquarium conditions. Three broodstocks bushymouth catfish with an average initial weight and a total length of 10.5±0.3 g and 9.5±0.2 cm were stocked in three 240-L aquariums with the ratio of 1:2 (male: female). The observations were made in triplicate tanks for six months. Females laid an average of 39.78±0.41 eggs and fertilization and hatching rates were 75.05% and 62.94%, respectively. It was found that the transition time from egg to apparently larval stage was 105.28 h, and bushymouth catfish showed an indistinguishable development from the hatching to juvenile stage without a real larval transition stage. The results of the study provide basic information on the reproductive performance and early development of bushymouth catfish.

Keywords: Ornamental fish, suckermouth catfish, *Ancistrus dolichopterus*, seed production, larvae

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 28.02.2020

Revised : 05.06.2020

Accepted : 09.06.2020

Published : 29.12.2020

DOI:10.17216/LimnoFish.695413



* CORRESPONDING AUTHOR

mustafaa.denizz@gmail.com

Phone : +90 232 329 35 35

Çalı Ağız Cüce Vatozun (*Ancistrus dolichopterus*) Akvaryum Koşullarında Üremesi ve Gelişimi Üzerine Bir Ön Çalışma

Öz: Vatozların cüce türleri özellikle küçük akvaryumlar için tercih edilirler. Genellikle tank temizleyiciler olarak adlandırılırlar ve süs balıkları sektöründe sıklıkla ticaretleri yapılır. Bu balıklar gececi ve üreme performansları ve larval gelişimlerini gözlemek zordur. Bu çalışmada, çalı ağız cüce vatozun (*Ancistrus dolichopterus*) akvaryum koşullarında üretimi üzerine bir deneme yürütülmüştür. Denemede, başlangıç ağırlığı ve total boyu ortalama 10,5±0,3 g ve 9,5±0,2 cm olan çalı ağız vatozlar 1:2 (erkek:dişi) oranı ile 240 L akvaryumlarda stoklanmıştır. Çalışma, altı ay boyunca üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Dişiler ortalama 39,78±0,41 adet yumurta bırakmış, döllenme ve yumurtadan çıkış oranları sırasıyla %75,05 ve %62,94 olarak kaydedilmiştir. Yumurtadan larvaya geçiş süresinin 105,28 saat sürdüğü ve çalı ağız vatozun yumurta ve yavru evreleri arasında ayırt edilemez bir gelişme gösterdiği ve gerçek bir larval geçiş evresine sahip olmadıkları bulunmuştur. Çalışmanın sonuçları gelişimsel özellikleri gözlemlenmesi zor olan bu süs balığı türünün gelişimi hakkında temel bilgiler sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Süs balığı, vatoz, *Ancistrus dolichopterus*, yumurta üretimi, larva

How to Cite

Deniz M, Tanrikul TT, Karadal O, Dinçtürk E, Karaduman FR. 2020. A Preliminary Study on Reproduction and Development of Bushymouth Catfish (*Ancistrus dolichopterus*) in Aquarium Conditions. LimnoFish. 6(3): 231-237. doi: 10.17216/LimnoFish.695413

Introduction

The aquarium is a popular hobby, practiced by aquarists or aquarium enthusiasts, and created a vast industry all over the world. American Pet Products Association reported that 11.5% of the pet owners in

the US have a freshwater aquarium and 1.6% have a marine aquarium in their homes (APPA 2020). The growth of this sector continues with an annual rate of above 10% (Bassleer 2015; Dey 2016). In 2017, the total of import and export values of ornamental fish

trade reached 628,000 \$ (FAO 2017) and the estimated value of the aquarium sector attained approximately 15-30 billion \$ with the side materials, including technical equipment, decorations, ornamental fish food, medicines, additives, chemicals, and others (Penning et al. 2009; Dey 2016). However, as in every sector, a rapid consumption policy in the aquarium sector is one of the biggest problems, which may stop or even reverse this growth. Therefore, encouraging the fish (or other species, such as invertebrates, plants, etc.) production at every stage of consumption will ensure the continuity of the growth in the sector.

Up to 90% of the freshwater fish in the aquarium industry is supplied by aquaculture (Oliver 2001). Aquarium fish farming is carried out in glass aquariums as well as in more advanced recirculating aquaculture systems (RAS) in modern hatcheries and production facilities. However, it is very important to integrate the production experiences, culture practices, determination of the specific requirements of the species as well as technological developments for the production of aquarium fish whose number exceeds 7000 (Marranzino 2018). In Turkey, the aquarium trade turned into a professional sector after the 1980s. Different species of ornamental fish have been imported since then (Türkmen and Alpbaz 2001). However, diversity and number of fish species in the market continue to increase.

Cichlids, livebearers, labyrinths, cyprinids, catfish, and tetras are important groups of aquarium fish (Hill and Yanong 2010). Among these groups, catfish species are called “tank cleaners” because they take on an important mission like cleaning the aquarium. Especially in small aquariums, dwarf species are more preferred. The bushymouth catfish (*Ancistrus dolichopterus*) is one of the popular of this group (exporter code L183) and commercially important in the trade (Evers and Siedel 2005; Reis and Lima 2009). This species is originated from the Amazon Basin and the Rio Negro River, Trombetas River, Tefé River, Madeira River, and Tapajós River (FishBase 2020). The fish is a demersal species that inhabit in the fast-flowing and clean waters (Reis and Lima 2009). They reproduce at night, mostly in hiding spots and shaded areas. The male prepares the nest, which is called “pseudo-nest”, and then the females lay the eggs in the cleaned area (Brysiewicz et al. 2011). The spawning of this fish is difficult to observe. The frequency of spawning events is low in culture conditions (Willis 2020), which reduces the observation chance.

There are very limited studies about the reproduction and larval development of Loricariids (Schmidt 2001; Secutti and Trajano 2009; da Rocha

Perini et al. 2010; Brysiewicz et al. 2011; Jumawan et al. 2014) and these information gaps should be filled. Therefore, this study aimed to evaluate the basic development stages from egg to larvae of bushymouth catfish at an hourly basis and to present some reproductive performance parameters.

Materials and Methods

Rearing system and fish

The study was carried out in the Aquarium Unit, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Turkey. In the experiment, three 240-L glass aquariums (120x50x40 cm) were used. Aeration was supplied to each aquarium from a central blower with a power of 1.75 kW. A biochemical filter (Xinyou XY 380, China) was also installed at the end of the air hose in each aquarium to control the ammonia levels and provide particle filtration. The municipal water that was left for 2 days to remove chlorine and adjust the temperature of the water was used in the aquariums. About 30% of the aquarium water was renewed twice a week with dechlorinated tap water. The photoperiod was maintained at 10:14 (light: dark). Unconsumed feeds and fecal wastes were removed from the aquariums by siphoning. Clay pseudo-nests were placed in aquariums to provide spawning ground and broodstocks were regularly followed up for 6 months.

Nine bushymouth catfish (*Ancistrus dolichopterus*) were obtained from an importer company (İstanbul, Turkey). The fish were stocked into the aquariums after the transportation and adapted to the conditions. At the beginning of the trial, the weight and total lengths of bushymouth catfish were measured and recorded as an average of 10.5 ± 0.3 g and 9.5 ± 0.2 cm, respectively. Three fish were stocked to aquariums with 1:2 (male: female) ratio. Bushymouth catfish broodstocks were fed to near satiation twice daily with 1 mm commercial trout pellets (51% protein, 15% lipid).

Evaluation of reproduction parameters

After each mating and spawning, females were removed from the aquariums. The eggs were checked daily in all pseudo-nests to collect reproductive performance data. Since the eggs are sticky, only unfertilized eggs were removed whereas healthy eggs were left in the nests so as not to disturb. Then, a routine daily check was made and the number of dead eggs, if any, was recorded and removed from the aquariums. The eggs, larvae, and offspring in the pseudo-nests were counted monthly (November 2017-April 2018) at each stage. According to these data, average seed production (ASP), fertilization rate (FR), and hatching rate (HR) parameters were

calculated according to the following formulas;

$ASP = \text{Average of total collected eggs from each treatment}$

$FR = 100 - [(\text{Number of total eggs} - \text{Number of non-fertilized eggs}) / \text{Number of total eggs} \times 100]$

$HR = \text{Number of living larvae} / \text{Number of total eggs} \times 100.$

Monitoring of developmental phases

The pseudo-nests were observed twice daily (Jumawan et al. 2014) and the main stages from egg to offspring were divided into four categories (Geerinckx et al. 2008): egg, prominence of the head and tail, larvae with yolk sac, and offspring. Transition times between these categories were recorded hourly and photographed with Sony Cyber-shot DSC-W320. Eggs laid at night were not evaluated for this parameter due to the uncertainty of spawning time.

Water parameters

Temperature, dissolved oxygen (DO), salinity, pH, total dissolved solids (TDS), and electrical conductivity (EC) were measured *in situ* with a multi-parameter device (WTW 3420i SET). Analysis of nutrient elements including ammonium-nitrogen (indophenol blue method), nitrite-nitrogen (diazotization method), nitrate-nitrogen (cadmium reduction method), phosphate phosphorus (phosphomolybdenum method) was performed using a spectrophotometer (Hach Lange DR 6000).

Table 1. Average water parameters in the experimental aquariums during the study.

Water Parameters	Mean Value (±S.E.)
Temperature (°C)	25.99±0.09
Dissolved oxygen (mg/L)	7.52±0.03
pH	7.50±0.07
Salinity (‰)	0.68±0.05
Conductivity (mS/cm)	1.32±0.08
Hardness (°dH)	10.08±0.12
Total dissolved solids (mg/L)	1271.33±75.19
Ammonium nitrogen (mgNH ₄ ⁺ -N/L)	0.05±0.01
Nitrite nitrogen (mgNO ₂ ⁻ -N/L)	0.09±0.01
Nitrate nitrogen (mgNO ₃ ⁻ -N/L)	0.17±0.01
Phosphate phosphorus (mgPO ₄ ³⁻ -P/L)	1.01±0.02

During the study, the water parameters of the experimental aquariums were recorded daily, and

the mean values are presented in Table 1. Mean values were measured as 25.99±0.09 °C for temperature, 7.52±0.03 mg/L for DO, 7.50±0.07 for pH, 0.68±0.05‰ for salinity, 1.32±0.08 mS/cm for conductivity, and 1271.33±75.17 mg/L for TDS.

Data presentation

Trial data were recorded monthly in the Microsoft Office Excel 2018 program and mean [=AVERAGE (dataset)] and standard error [=STDEV.S(dataset)/SQRT(n)] values were calculated. The graphics were created with the same program.

Results

The reproduction parameters of bushymouth catfish are shown in Table 2. The ASP of all months was found as 39.78±0.41 and the total number of eggs was 238.67±1.20. The mean number of fertilized eggs was counted as 178.67±0.88 and the FR was calculated as 75.05±1.39%. The mean number of living larvae was noted as 149.67±1.20 and the HR was calculated as 62.94±0.70%.

Table 2. Reproductive performance of bushymouth catfish during the experiment.

Reproduction Parameters	Mean Value (±S.E.)
Average seed production	39.78±0.41
Mean number of laid eggs	238.67±1.20
Mean number of fertilized eggs	178.67±0.88
Fertilization rate (%)	75.05±1.39
Mean number of living larvae	149.67±1.20
Hatching rate (%)	62.94±0.70

Monthly numbers of total seeds (laid eggs, fertilized eggs, and living larvae) are shown in Figure 1. The highest number of laid eggs was observed in January with 41.00±1.15. A higher number of fertilized eggs and living larvae were observed in March with 31.33±0.67% and 25.33±0.33%, respectively.

Larval development of bushymouth catfish at an hourly basis is given in Table 3, where the time when the egg was spawn was assumed to be the zero. The prominence of the head and tail took 55 h, consumption of the yolk sac 85 h, and the transition to larvae stage 105 h. These developmental stages are displayed in Figure 2.

Table 3. Transition times of basic pre-larval and larval development phases of bushymouth catfish.

Development Phase	Time (h)
Prominence of the head and tail	55.17±0.85
Consuming the yolk sac	85.22±0.78
Transition to larvae stage	105.28±0.79

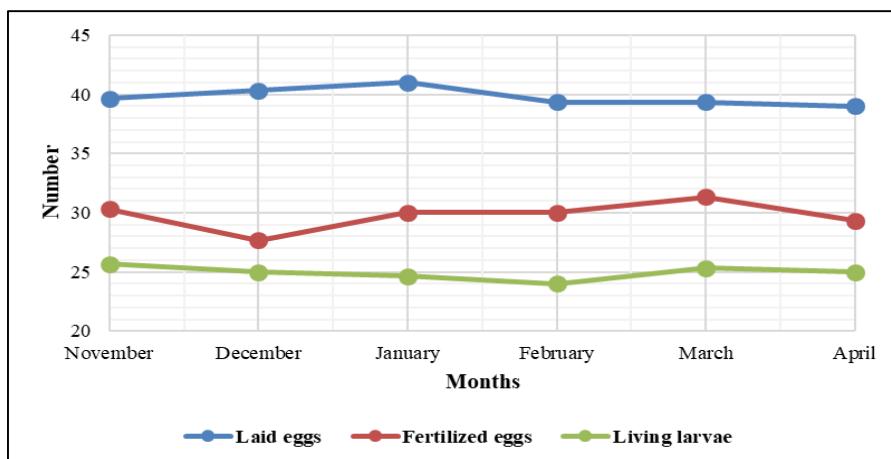


Figure 1. Monthly number of eggs laid, fertilized eggs, and living larvae of bushymouth catfish.

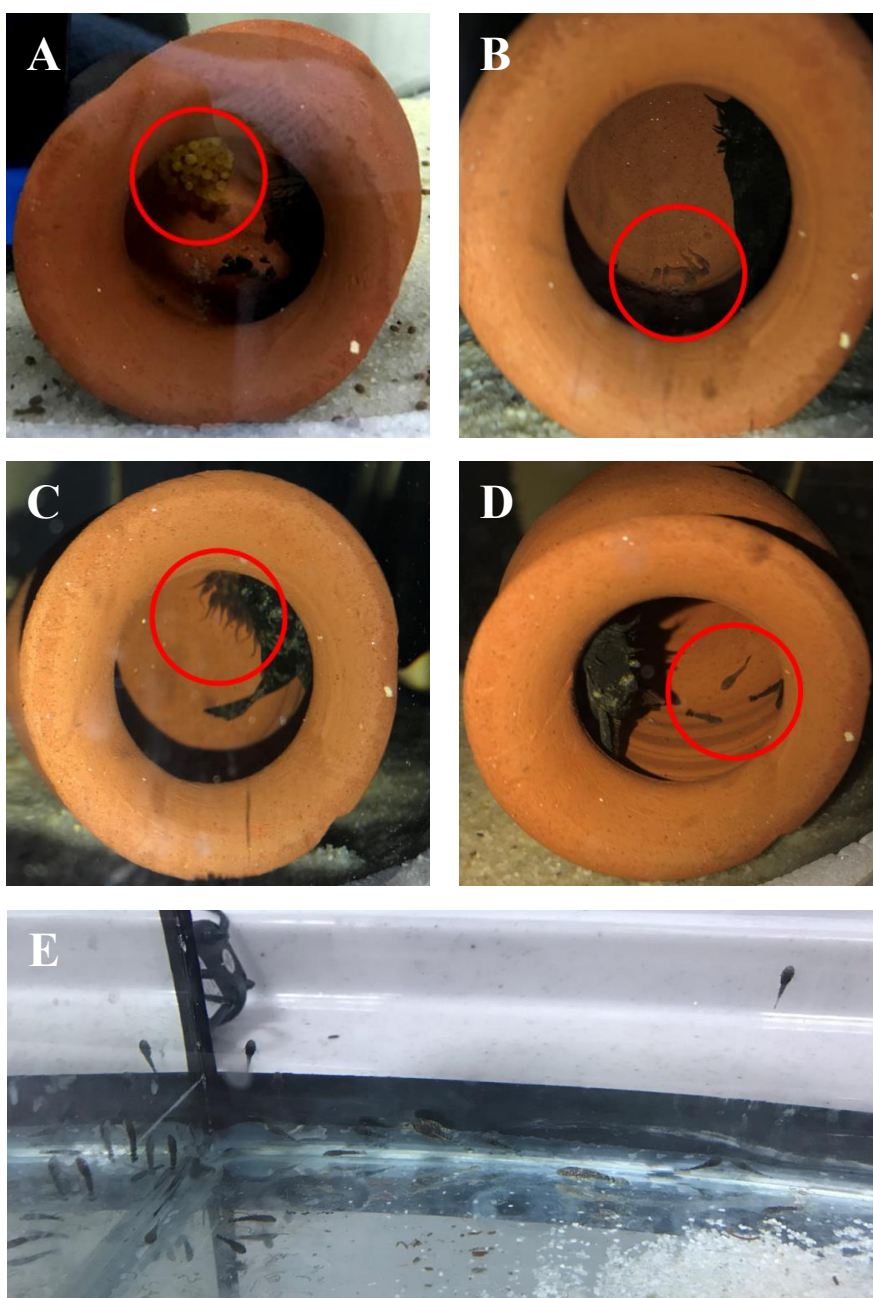


Figure 2. Development stages of bushymouth catfish. A: the eggs, B: prominence of the head and tail, C: consumption of the yolk sac, D: larvae stage, E: juveniles.

Discussion

The results of the present study displayed that this species could reproduce easily under suitable conditions. Especially water parameters appeared to be one of the main important factors for breeding success in ornamental fish culture. For instance, in the present study, water temperature accelerated breeding events. Fish embryos and larvae are more sensitive to temperature than their adults (Wood and McDonald 1996). In a study carried with convict cichlid (*Archocentrus nigrofasciatus*), Vlahos et al. (2015) reported the rate of yolk sac consumption of larvae at 27 °C consumed the yolk sacs faster than those at 23 °C. In the previous studies carried with Loricariids, the water temperature was held at 24 °C for black armored catfish *Rhinelepis aspera* (da Rocha Perini et al. 2010), bushymouth catfish *Ancistrus dolichopterus* (Brysiewicz et al. 2011), and suckermouth sailfin catfish *Pterygolicthys pardalis* (Jumawan et al. 2014). However, Petrovický (1985) and Rymkiewicz (1988) suggested that the optimum water temperature for the embryonic development of bushymouth catfish is 25 °C. In this study, we kept the water temperature at 25.99 °C and observed an acceptable spawning and development. When considering the literature data, it can be concluded that water temperature between 24 and 26 °C seems to be optimum for the breeding of bushymouth catfish. There is a paucity of information about the optimum water parameters for broodstock bushymouth catfish. However, Brysiewicz et al. (2011) suggested 6.5 pH as the optimum for the development of bushymouth catfish, which is lower than that of our study, 7.5. Taken together, a neutral water pH (6.5-7.5) would be suitable for the reproduction of bushymouth catfish.

Bushymouth catfish females laid their eggs during the six months with an average of 39.78 ± 0.41 with the highest number in January (41.00 ± 1.15). The previous studies pointed out that this species spawned 30-100 eggs at a time (Petrovický 1985; Rymkiewicz 1988), which is consistent with this study. The FR and HR were found as 75.05% and 62.94% in this study, respectively. da Rocha Perini et al. (2010) collected the black-armored catfish (*R. aspera*) from the Paracatu River, Brazil and found an FR of 72.4% when they injected carp pituitary to both males and females. Also, Jumawan et al. (2014) caught the suckermouth sailfin catfish (*P. pardalis*) from the Marikina River, Philippines and they noted that the FR and HR of fish injected with human chorionic gonadotropin (HCG) were 88.3% and 48.6%, respectively. Satisfactory breeding success was recorded in the present study without a hormone injection. The main difference between those

summarised above and the present study is that broodstock fish were collected from nature in the former whereas culture-based broodstock was used in the latter, which may explain a slightly better FR and HR in the present study due to the selective breeding success of broodstocks in the controlled conditions.

There are huge differences in aquarium fish species in terms of the duration of embryonic and larval developmental stages. Various distinctions have been observed even in large ornamental fish families such as Cichlidae. For instance, the larval periods of substrate-brooder American cichlids are longer than mouth-brooder African cichlids considering the literature findings. While the larval development in common cichla (*Cichlasoma dimerus*), discus (*Symphysodon discus*), angelfish (*Pterophyllum scalare*), and midas cichlid (*Amphilophus* spp.) were completed in around 24-42 days (Meijide and Guerrero 2000; Çelik 2010; Çelik et al. 2014; Kratochwil et al. 2015), the study conducted by Karadal (2016) on four mbuna cichlid species, including rusty cichlid (*Iodotropheus sprengerae*), kenyi (*Maylandia lombardoi*), auratus (*Melanochromis auratus*) and demasoni (*Pseudotropheus demasoni*), reported that the larval stages lasted 19-21 days. However, there are several studies conducted on the larval development of armored and suckermouth catfish species. Savaş and Timur (2006) and Ünal and Aral (2008) reported that peppered cory (*Corydoras paleatus*) consumed their yolk sacs in 1.5 and 4 days, respectively, suggesting that differences in larval development are the case even among different individuals of the same species. The main reason for this appears to be differences in the environmental conditions and physical parameters between the studies. In the study conducted by da Rocha Perini et al. (2010), the embryos of black armored catfish (*R. aspera*) injected with by the pituitary occurred in 9 h and 40 min after the fertilization, and the embryogenesis was completed in 45 h and 50 min (Table 4). The same study stated that the yolk sac was completely absorbed in 120 h. Jumawan et al. (2014) reported that in suckermouth sailfin catfish (*P. pardalis*) injected with human chorionic gonadotropin (HCG), embryonic development was completed in 168 h and 30 min after fertilization, and yolk sac consumption lasted 8 days after incubation. Brysiewicz et al. (2011) reported that embryonic development was completed in 4.25 days (102 °D at 24 °C) in bushymouth catfish. In the present study, embryonic development lasted in 2.29 days (55 h) and the yolk sac was consumed in 3.54 days (85 h). The complete larval development lasted 105 h at 26 °C (113.75 °D). Although some similarities with the literature to

a certain degree, faster larval development phases of bushymouth catfish were the case in this study most probably due to higher water temperature.

Briefly, some fundamental reproduction parameters of bushymouth catfish, one of the

important ornamental fish species, were determined in this study. Further research is needed to develop an efficient production method to discover the embryonic and larval development in detail in this species.

Table 4. Comparisons of hormone application, embryonic stage and their times in previous studies and the current study.

Species	Latin Name	Hormone Application	Time	Event	Author(s)
Black armored catfish	<i>Rhinelepis aspera</i>	Pituitary injection	9 h 40 min	Embryos formed	da Rocha Perini et al. 2010
			45 h 50 min	Embryogenesis completed	
			120 h	Yolk sac consumed	
Suckermouth sailfin catfish	<i>Pterygolithys pardalis</i>	HCG injection	168 h 30 min	Embryonic development completed	Jumawan et al. 2014
			8 d	Yolk sac consumed	
Bushymouth catfish	<i>Ancistrus dolichopterus</i>	None	4 d 6 h	Embryonic development completed	Brysiewicz et al. 2011
Bushymouth catfish	<i>Ancistrus dolichopterus</i>	None	55 h	Embryonic development completed	Present study
			85 h	Yolk sac consumed	
			105 h	Larval development completed	

Acknowledgements

The present study was carried out as a master thesis by Mustafa Deniz and prepared in Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Turkey. Some parts of this study have been presented in the International Congress on Engineering and Life Science, Kastamonu, Turkey as a poster presentation on April 26-29th, 2018.

References

- APPA 2020. American Pet Products Association; [Available on Feb 2020]. Available at: https://www.americanpetproducts.org/press_industrytrends.asp
- Bassleer G. 2015. The global ornamental aquarium industry: Facts and figures - Part I. OFI J. 77:24-26.
- Brysiewicz A, Szulc J, Formicki K, Tański A, Korzelecka-Orkisz A. 2011. The structure and the embryogenetic role of eggs and egg membranes of *Ancistrus dolichopterus* (Actinopterygii: Siluriformes: Loricariidae). Acta Ichthyol Piscat. 41(3):223-227. doi: 10.3750/AIP2011.41.3.10
- Çelik İ. 2010. Characterization by microphotography of larval and prejuvenile stage of discus fish (*Symphysodon* spp.). Journal of Fisheries Sciences.com. 4(1):99-111. doi: 10.3153/jfsc.com.2010009
- Çelik İ, Çelik P, Gürkan M, Şahin T. 2014. Larval development of the freshwater angelfish *Pterophyllum scalare* (Teleostei: Cichlidae). Turk J Fish Aquat Sci. 14:863-874. doi: 10.4194/1303-2712-v14_4_03
- da Rocha Perini V, Sato Y, Rizzo E, Bazzoli N. 2010. Biology of eggs, embryos and larvae of *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Siluriformes). Zygote. 18(2):159-171. doi: 10.1017/S0967199409990165
- Dey VK. 2016. Global trade in ornamental fish. INFOFISH Int. 4:52-55.
- Evers HG, Siedel I. 2005. Catfish atlas. Osnabrück: Mergus Verlag GmbH 944 p.
- FAO 2017. Food and Agriculture Organization. AQUASTAT database; [Available on: Feb 2020]. Available at: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>
- FishBase 2020. *Ancistrus dolichopterus* Kner, 1854; [Available on: Feb 2020]. Available at: <http://www.fishbase.org/summary/Ancistrusdolichopterus.html>
- Geerinckx T, Verhaegen Y, Adriaens D. 2008.

- Ontogenetic allometries and shape changes in the suckermouth armoured catfish *Ancistrus* cf. *triradiatus* Eigenmann (Loricariidae, Siluriformes), related to suckermouth attachment and yolk sac size. *J Fish Biol.* 72:803-814.
doi: 10.1111/j.1095-8649.2007.01755.x
- Hill JE, Yanong RPE. 2010. Freshwater ornamental fish commonly cultured in Florida. University of Florida IFAS Extension, Circular No. 54, 5 p.
- Jumawan JC, Herrera AA, Vallejo Jr B. 2014. Embryonic and larval development of the suckermouth sailfin catfish *Pterygoplichthys pardalis* from Marikina River, Philippines. *Eur J BioSci.* 8:38-50.
doi: 10.5053/ejobios.2014.8.0.4
- Karadal O. 2016. Identification of larval and pre-juvenile development and effects of different feeding frequencies on reproductive performance, pigmentation, growth and survival of mbuna cichlid species (*Iodotropheus sprengerae*, *Maylandia lombardoi*, *Melanochromis auratus*, *Pseudotropheus demasoni*) [Doctorate Thesis]. Ege University. 130 p.
- Kratochwil CF, Sefton MM, Meyer A. 2015. Embryonic and larval development in the Midas cichlid fish species flock (*Amphilophus* spp.): A new evo-devo model for the investigation of adaptive novelties and species differences. *BMC Developmental Biol.* 15(1):12 p.
doi: 10.1186/s12861-015-0061-1
- Marranzino A. 2018. Where do aquarium fish come from? *Massive Science*; [Available on: Feb 2020]. Available at: <https://massivesci.com/articles/aquarium-fish-source>
- Meijide FJ, Guerrero GA. 2000. Embryonic and larval development of a substrate-brooding cichlid *Cichlasoma dimerus* (Heckel, 1840) under laboratory conditions. *J Zool.* 252(4):481-493.
doi: 10.1111/j.1469-7998.2000.tb01231.x
- Olivier K. 2001. The ornamental fish market. *FAO/Globefish Research Programme*, Vol. 67. Rome: United Nations Food and Agriculture Organisation.
- Penning M, Reid GMCG, Koldewey H, Dick G, Andrews B, Arai K, Garratt P, Gendron S, Lange J, Tanner K, Tonge S, van den Sande P, Warmolts D, Gibson C. 2009. Turning the tide: A global aquarium strategy for conservation and sustainability. Bern: World Association of Zoos and Aquariums 90 p.
- Petrovický I. 1985. *Tropikalne ryby akwariowe (in Polish)*. Warsaw: PWRiL 224 p.
- Reis R, Lima F. 2009. *Ancistrus dolichopterus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T167809A6385972; [Available on: Feb 2020]. Available at: <http://www.iucnredlist.org/details/full/167809/0>
- Rymkiewicz A. 1988. Uwagi o hodowli i rozmnażaniu “glonojadów” (in Polish). *Magazyn Akwarium*, 2:(104). Available at: <https://akwamania.mud.pl/archiwum/a104/a104,3.html>.
- Savaş E, Timur M. 2006. Microscopic investigation of embryologic and larval development on the street sweeper (*Corydoras paleatus*, Jenyns 1842). *J Fac Vet Med İstanbul Univ.* 32(1):47-56.
- Schmidt RE. 2001. *Loricaria cataphracta*: parental care and description of early larvae. *Ichthyol Explor Freshw.* 12(3):235-240.
- Secutti S, Trajano E. 2009. Reproductive behavior, development and eye regression in the cave armored catfish, *Ancistrus cryptophthalmus* Reis, 1987 (Siluriformes: Loricariidae), breed in laboratory. *Neotrop Ichthyol.* 7(3):479-490.
doi: 10.1590/S1679-62252009000300016
- Türkmen G, Alpbaz A. 2001. Studies on aquarium fish imported to Turkey and the results (in Turkish with English abstract). *EgeJFAS*, 18(3-4):483-493.
- Ünal H, Aral O. 2008. Investigation of reproduction and larvae development on peppered cory (*Corydoras paleatus* Jenyns, 1842). *Journal of FisheriesSciences.com.* 2(1):1-18.
doi: 10.3153/jfsc.com.2008001
- Vlahos N, Vasilopoulos M, Mente E, Hotos G, Katselis G, Vidalis K. 2015. Yolk-sac larval development of the substrate-brooding cichlid *Archocentrus nigrofasciatus* in relation to temperature. *Integrative Zool.* 10(5):497-504.
- Willis, S. 2020. Farming ornamental fish; [Available on: Feb 2020]. Available at: <http://aquaculturetraining.com.au/pdf/ornamental-fish-culture-practices.pdf>
- Wood CM, McDonald DG. 1996. Global warning: Implications for freshwater and marine fish. Cambridge: Cambridge University Press, Society for Experimental Biology Seminar Series 61, pp. 177-223.



Niğde İli (Türkiye) İhtiyofaunası

Burak SEÇER^{1*} , Sevil SUNGUR² , Erdoğan ÇİÇEK¹ , Mustafa Çağrı CEYLAN¹ 

¹Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Nevşehir

²Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Nevşehir

Ö Z

Bu çalışma Mayıs 2016-Temmuz 2017 tarihleri arasında Niğde İli tatlı su balık faunasını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Niğde il sınırları içerisinde yapılan arazi çalışmaları sonucunda iki takımdan beş familyaya mensup olmak üzere 12 tür tespit edilmiştir; *Capoeta pestai*, *Capoeta baliki*, *Capoeta damascina*, *Cyprinus carpio*, *Gobio gymnotethus*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Salmo labecula*, *Squalius cappadocicus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Oxynoemacheilus ciceki*, *Oxynoemacheilus cilicicus* ve *Oxynoemacheilus eregliensis*. Bu türlerden dokuz tanesi bulundukları havzalara endemik türlerdir. *C. baliki*, *C. pestai*, *O. ciceki* ve *O. cilicicus* türleri ise il için yeni kayıt niteliği taşımaktadır.

Anahtar kelimeler: Tatlı su balıkları, Konya kapalı havzası, Seyhan havzası, Kızılırmak havzası

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 25.03.2020

Düzeltilme : 21.05.2020

Kabul : 25.05.2020

Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.708876

* SORUMLU YAZAR

buraksecer50@gmail.com

Tel : +90 546 545 1350

Ichthyofauna of Niğde Province (Turkey)

Abstract: This study was carried out between May 2016 and July 2017 to determine the freshwater fish fauna of the Niğde province. As a result of the field studies carried out in the provincial borders of Niğde, 12 species belonging to two order and five families were identified. These are *Capoeta pestai*, *Capoeta baliki*, *Capoeta damascina*, *Cyprinus carpio*, *Gobio gymnotethus*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Salmo labecula*, *Squalius cappadocicus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Oxynoemacheilus ciceki*, *Oxynoemacheilus cilicicus* and *Oxynoemacheilus eregliensis*. Of these nine species are endemic to the basins in which they are located. *C. baliki*, *C. pestai*, *O. ciceki* and *O. cilicicus* species were recorded for first time in the province.

Keywords: Freshwater fishes, Konya closed basin, Seyhan basin, Kızılırmak basin

Alıntılama

Seçer B, Sungur S, Çiçek E, Ceylan MÇ. 2020. Niğde İli (Türkiye) İhtiyofaunası. LimnoFish. 6(3): 238-250. doi: 10.17216/LimnoFish.708876

Giriş

Anadolu, çeşitli jeolojik özellikteki alanları içermesi, farklı iklimsel ve hidrolojik özellikleri, Asya ile Avrupa kıtaları arasında köprü konumunda olması, özellikle kuş göç yolları üzerinde bulunması, Boğazlar Sistemi ve Tethys Denizi gibi çok önemli oluşumların etkisi altında kalmış olması gibi etmenlerle tarih boyunca türleşmenin yüksek olduğu alanlardan biri olmuştur (Demirayak 2002). Türkiye 1992 yılında Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesini imzalayarak, sahip olduğu bu denli yüksek biyoçeşitliliğin küresel ve ulusal ölçekte korunması için taahhütte bulunmuştur. Ülkemizde biyolojik çeşitliliğin tespitine yönelik çok sayıda bölgesel çalışma bulunmaktadır. Ancak bütüncül yaklaşımı ilke edinmiş izleme çalışmaları yetersizdir. Bu eksikliğin giderilmesi amacıyla,

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından "Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi" hazırlanarak 2013 Yatırım Programında yer almıştır. İzleme çalışmaları sonucunda elde edilen veriler "Nuh'un Gemisi Biyolojik Çeşitlilik Ulusal Veri Tabanı"na işlenmektedir. Çalışma sonucunda yapılan değerlendirmeler; mevcut biyolojik çeşitliliğin korunmasına yönelik uygulamaya konulan faaliyetlerin hedeflerine ulaşması ve gelecekteki yönetim müdahalelerini oluşturmak açısından geri bildirim sağlaması yönünden katkıda bulunmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 2020).

Türkiye'de tatlı su balıkları ile ilgili en eski çalışma 1835 yılına tarihlenmekte olup takip eden yıllarda yabancı bilim insanlarınca yeni kayıt bildirimleri ile devam etmiştir.

Ordinaryüs Prof. Dr. Curt Kosswig'in katkıları ile ihtiyoloji alanında yetişmiş olan yerli bilim insanlarınca çalışmalar yapılmaya başlanmıştır (Çiçek vd. 2015). Türkiye ihtiyofaunası üzerinde çalışmalar son yıllarda oldukça dinamik bir ivme ile artış göstermektedir. Gerek yeni tür tanımlamaları (Elp vd. 2017; Küçük vd. 2017; Güçlü vd. 2020; Sungur vd. 2018; Sungur vd. 2017a; Çiçek vd. 2018a; Özuluğ vd. 2018; Turan vd. 2020; Freyhof ve Turan 2019; Kaya 2020), sinonim kayıtların belirlenmesi (Sungur vd. 2017b; Çiçek vd. 2019a; Çiçek vd. 2019b; Freyhof vd. 2019), balık faunası tespit çalışmaları (Küçük vd. 2007; İlhan ve Balık 2008; Güçlü vd. 2013; Güçlü ve Küçük 2015; Kaya vd. 2016; Özuluğ ve Saç 2019; Sarı vd. 2019; Bayçelebi vd. 2020), gerekse istilacı özellikleri ile ihtiyofaunaya dahil olan türlerin tespiti (Tarkan vd. 2015; Aydın vd. 2011; Gaygusuz vd. 2007; Tarkan vd. 2014; İnnal ve Sungur 2019) ile günümüzde 390'nın üzerinde bir tür sayısına ulaşmış durumdadır (Çiçek vd. 2018b; Freyhof vd. 2018; Freyhof ve Turan 2019; Freyhof vd. 2019; Çiçek vd. 2020). Söz konusu türlerden 195'ü ülkemiz için endemiktir (Çiçek vd. 2015; Çiçek vd. 2018b; Freyhof vd. 2018; Çiçek vd. 2019a).

Niğde İli sınırları içerisinde, Konya Kapalı Havzasında yer alan Ulurmak'ın bir kolu olan Melendiz Çayı, Seyhan Nehri'ne dökülen Ecemiş Çayı ve Çakıt Suları ve Sultan Sazlığını (Kızılırmak Havzası) besleyen Dünderli Çayı, başlıca akarsulardır (Niğde Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü 2018). İldeki akarsular Konya Kapalı Havzası, Kızılırmak Havzası ve Seyhan Havzası olmak üzere üç farklı havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Niğde İli göller bakımından zengin olmamakla beraber Aladağlar ve Bolkar dağları üzerinde Akgöl, Alagöl, Çinigöl, Yedigöl ve Karagöl gibi buzul aşınması ile oluşmuş göller ile volkanik karakterli Narlıgöl özel ekosistemlerdir. Ancak söz konusu göllerin hiç birisinde doğal olarak balık bulunmamakta olup bazı göllerde sonradan aşılınmış olan *Cyprinus carpio* türü bulunmaktadır.

Şu ana kadar Niğde İli balık faunası ile ilgili çeşitli çalışmalara rastlanmış olmakla birlikte il sınırlarının tamamında yürütülmüş bir çalışmaya rastlanmamıştır (Eken vd. 2005; Özuluğ ve Öztürk 2007; Bogutskaya vd. 2007; Ekmekçi ve Kırankaya

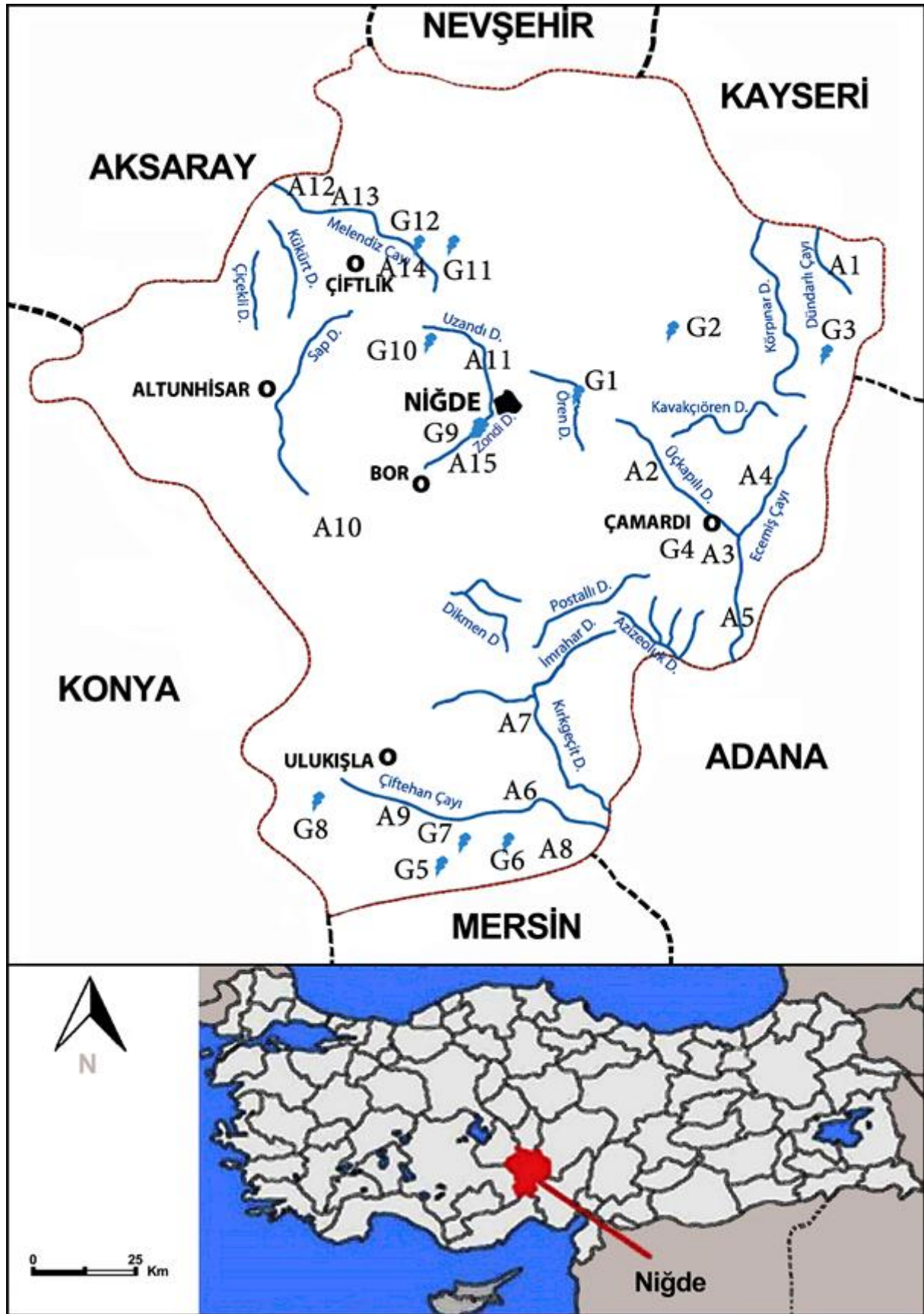
2010; İlhan vd. 2014; Naseka vd. 2006; Hrbek vd. 2002). Ayrıca geçmişte yapılmış olan çalışmalarda verilmiş bazı kayıtların şüpheli veya yanlış olduğu görülmüştür. Bu çalışmada Niğde İli balık faunasının belirlenmesi amaçlanmış olup, türlerin dağılım haritası çıkartılarak mevcut durumları, IUCN (International Union for Conservation of Nature) koruma statüleri ile ilgili değerlendirmelere yer verilmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışma, Niğde İli'nin Karasal ve İç Su Ekosistemleri Biyolojik Çeşitlilik Envanter ve İzleme Projesi kapsamında yürütülmüştür. Yapılan arazi çalışmalarında, örnekleme yapılan istasyonların koordinatları, ve örnekleme alanlarının genel ekolojik özellikleri kaydedilmiştir ve istasyonlara ait bilgiler Tablo 1 ve Şekil 1'de verilmiştir. Örnekleme akarsu istasyonlarında elektroşoker (SAMUS 725MP) ile barajlarda ise uzatma ağıları kullanılarak yapılmıştır (TS EN 14757). Arazi çalışmalarında toplanan örnekler fotoğraflandıktan sonra %10'luk formaldehit çözeltisinde tespit edilerek Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Hidrobiyoloji Laboratuvarına nakledilip tür teşhisleri Wildekamp vd. (1999), Bogutskaya (1997), Naseka vd. (2006), Özuluğ ve Freyhof (2011), Turan vd. (2012) göre yapılmış olup sistematik kategorileri için Stout vd. (2016), Tan ve Armbruster (2018) ve Fricke vd. (2020) takip edilmiştir. Niğde İli iç suları havzalarına göre değerlendirildiğinde Kızılırmak, Seyhan nehirleri ve Konya Kapalı havzasındaki örnekleme istasyonları ile ilgili bilgiler Şekil 1'de verilmiştir.

Tespit edilen türlerin IUCN tehlike kategorileri (IUCN 2019) ve endemizm durumlarının yanı sıra, arazi gözlemlerine dayalı olarak sucül ekosistemlerdeki tehditlerle ilgili değerlendirmelere de yer verilmiştir.

İstasyonlarda tespit edilen türlerin popülasyon durumu özgün olarak oluşturulan üç kategoriye şeklinde değerlendirilmiştir. Bunlar; P1) Nadir: İstasyonda nadiren rastlanıyor ve farklı örnekleme dönemlerinin tamamında rastlanmıyor, P2) Orta: İstasyonda yoğun olarak rastlanmıyor ancak farklı örnekleme dönemlerinin tamamında rastlanıyor, P3) Yoğun: İstasyonda yoğun şekilde dağılım gösteriyor ve farklı örnekleme dönemlerinin tamamında rastlanıyor.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları.

Figure 1. Study site and sampling stations.

Tablo 1. Örnekleme istasyonlarına ait koordinatlar (G: Göl, A: Akarsu istasyonu).
Table 1. Coordinates of sampling stations (G: Lake, A: Stream station).

İstasyon No	İstasyon İsmi	Enlem	Boylam	Havza
G1	Gümüşler Barajı	38°00'37.53"N	34°45'40.29"E	Konya Kapalı
G2	Uluğa Göleti	38°01'46.20"N	34°50'49.89"E	Seyhan
G3	Sulucaova Gölü	38°00'20.21"N	35° 7'59.90"E	Kızılırmak
G4	Eynelli Barajı	37°56'16.17"N	34°59'48.76"E	Seyhan
G5	Karagöl	37°24'09.53"N	34°33'27.71"E	Seyhan
G6	Gümüş Göleti	37°27'29.48"N	34°36'14.45"E	Seyhan
G7	Emirler Göleti	37°27'33.95"N	34°29'56.12"E	Seyhan
G8	Hüsniye Göleti	37°36'54.57"N	34°35'16.72"E	Seyhan
G9	Akkaya Barajı	37°55'11.12"N	34°36'36.84"E	Konya Kapalı
G10	Gebere	38°02'48.86"N	34°38'05.94"E	Konya Kapalı
G11	Murtaza Göleti	38°08'55.95"N	34°34'51.76"E	Konya Kapalı
G12	Azatlı Göleti	38°09'19.55"N	34°32'11.62"E	Konya Kapalı
A1	Dündarlı ayı	38°08'49.81"N	35°09'47.17"E	Kızılırmak
A2	Ören Deresi	37°51'50.57"N	34°57'09.61"E	Seyhan
A3	Ören Deresi	37°49'29.85"N	34°59'26.75"E	Seyhan
A4	Ecemiş ayı	37°51'54.65"N	35°04'47.83"E	Seyhan
A5	Körkün ayı	37°43'33.19"N	35°01'03.25"E	Seyhan
A6	Kırkgeçit Deresi	37°31'20.43"N	34°44'19.72"E	Seyhan
A7	iftehan ayı	37°38'56.09"N	34°43'46.63"E	Seyhan
A8	Ali Hoca ayı	37°28'40.87"N	34°40'48.48"E	Seyhan
A9	iftehan ayı	37°31'2.18"N	34°35'19.59"E	Seyhan
A10	Sap Deresi	37°52'43.07"N	34°22'41.46"E	Konya Kapalı
A11	Uzandı Deresi	38°02'2.51"N	34°39'44.97"E	Konya Kapalı
A12	Melendiz ayı	38°12'17.80"N	34°23'10.83"E	Konya Kapalı
A13	Melendiz ayı	38°10'41.13"N	34°27'46.22"E	Konya Kapalı
A14	Melendiz ayı	38°09'15.56"N	34°32'13.34"E	Konya Kapalı
A15	Zondi Deresi	37°54'57.26"N	34°36'08.06"E	Konya Kapalı

Bulgular

Niğde ilindeki akarsuların Konya Kapalı, Seyhan ve Kızılırmak havzaları sınırları içerisinde yer aldığı görülmüştür. Bu çalışma boyunca 12 göl (baraj, doğal göl, gölet) ve 15 akarsu istasyonunda örnekleme yapılmıştır. Akkaya Barajı (G9) hariç göllerin tamamında *C. carpio* türüne rastlanmıştır. Akarsu istasyonlarından Sap Deresi (A10), Akkaya Barajı'nı besleyen Uzandı Deresi (A11) ile baraj bendinin altında Zondi Deresi (A15) istasyonunda herhangi bir türe rastlanmamıştır. Sap Deresinin mevsimsel olarak kuduğu ve başka bir akarsu ile bağlantısının olmaması nedeniyle balık yaşamadığı sonucuna varılmıştır. Uzandı ve Zondi derelerinin ise son derece kirli olması nedeniyle balık yaşamadığı tespit edilmiştir.

Çalışma süresince Cypriniformes (10 tür) ve Salmoniformes (2 tür) takımlarından 5 familyaya (Cyprinidae (4), Gobionidae (1), Leuciscidae (2), Salmonidae (2), Nemacheilidae (3)) ait toplam 12 tür elde edilmiştir (Şekil 2-13). Çalışma sonucunda tespit edilen türlerin istasyonlara göre dağılımları Tablo 2'de verilmiştir. Bu türlerin sistematik kategorileri şu şekildedir;

Osteichthyes

Cypriniformes

Nemacheilidae Regan 1911

Oxynoemacheilus ciceki Sungur, Jalili & Eagderi, 2017

Oxynoemacheilus cilicicus Kaya, Turan, Bayçelebi, Kalayci & Freyhof 2020

Oxynoemacheilus eregliensis (Banareescu & Nalbant, 1978)

Cyprinidae Rafinesque 1815

Capoeta baliki Turan, Kottelat, Ekmekçi & Imamoğlu, 2006

Capoeta pestai (Pietschmann, 1933)

Capoeta damascina (Valenciennes, 1842)

Cyprinus carpio Linnaeus, 1758

Gobionidae Bleeker 1863

Gobio gymnostethus Ladiges, 1960

Leuciscidae Bonaparte 1835

Squalius cappadocicus Özuluğ & Freyhof, 2011

Pseudophoxinus battalgilae Bogutskaya, 1997

Salmoniformes

Salmonidae Jarocki/Schinz 1822

Oncorhynchus mykiss (Walbaum, 1792)

Salmo labecula Turan, Kottelat & Engin, 2012

Tablo 2. Tespit edilen türlerin istasyonlara göre dağılımı (alfabetik olarak sıralanmıştır).

Table 2. Distribution of the identified species according to stations (listed alphabetically).

Tür	IUCN	Bulunma Şekli	Bulunduğu İstasyonlar	İstasyonlardaki Populasyon Yoğunluğu
<i>Capoeta baliki</i>	LC	Endemik	A1	P2
<i>Capoeta damascina</i>	LC	Doğal	A6, A7, A9	P1
<i>Capoeta pestai</i>	CR	Endemik	A12	P1
<i>Cyprinus carpio</i>	VU	Doğal	G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G10, G11, G12	P2
<i>Gobio gymnostethus</i>	CR	Endemik	A12, A13	P3
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	NE	İstilacı	A1, A4, A8, A9	P2
<i>Oxynoemacheilus cilicicus</i>	NE	Endemik	G8	P1
<i>Oxynoemacheilus ciceki</i>	NE	Endemik	A1	P1
<i>Oxynoemacheilus eregliensis</i>	VU	Endemik	A12, A13	P3
<i>Pseudophoxinus battalgilae</i>	EN	Endemik	G8	P1
<i>Salmo labecula</i>	EN	Endemik	A2, A3, A4, A5	P2
<i>Squalius cappadocicus</i>	CR	Endemik	A12, A13, A14, G11, G12	P3



Şekil 2. *Capoeta baliki* (118,1 mm SB Dündarlı Çayı).

Figure 2. *Capoeta baliki* (118.1 mm SB Dündarlı Stream).



Şekil 3. *Capoeta damascina* (149,5 mm SB, Çiftehan Çayı).

Figure 3. *Capoeta damascina* (149.5 mm SB, Çiftehan Stream).



Şekil 4. *Capoeta pestai* (78,5 mm SB, Melendiz Çayı).

Figure 4. *Capoeta pestai* (78.5 mm SB, Melendiz Stream).



Şekil 5. *Cyprinus carpio* (135,5 mm SB, Gümüşler Barajı).
Figure 5. *Cyprinus carpio* (135.5 mm SB, Gümüşler Dam).



Şekil 6. *Squalius cappadocicus* (113,8 mm SB, Melendiz Çayı).
Figure 6. *Squalius cappadocicus* (113.8 mm SB, Melendiz Stream).



Şekil 7. *Gobio gymnostethus* (112,7 mm SB, Melendiz Çayı).
Figure 7. *Gobio gymnostethus* (112.7 mm SB, Melendiz Stream).



Şekil 8. *Pseudophoxinus battalgilae* (60,6 mm SB, Hüsniye Göleti).

Figure 8. *Pseudophoxinus battalgilae* (60.6 mm SB, Hüsniye Pond).



Şekil 9. *Oxynoemacheilus eregliensis* (82,6 mm SB, Melendiz Çayı).

Figure 9. *Oxynoemacheilus eregliensis* (82.6 mm SB, Melendiz Stream).



Şekil 10. *Oxynoemacheilus ciceki* (92,1 mm SB, Dünderlı Çayı).

Figure 10. *Oxynoemacheilus ciceki* (92.1 mm SB, Dünderlı Stream).



Şekil 11. *Oxynoemacheilus cilicicus* (74,6 mm SB, Hüsniye Göleti).

Figure 11. *Oxynoemacheilus cilicicus* (74,6 mm SB, Hüsniye Pond).



Şekil 12. *Salmo labecula* (147 mm SB, Ecemiş Çayı).

Figure 12. *Salmo labecula* (147 mm SB, Ecemiş Stream).



Şekil 13. *Oncorhynchus mykiss* (115 mm SB, Ecemiş Çayı).

Figure 13. *Oncorhynchus mykiss* (115 mm SB, Ecemiş Stream).

Konya Kapalı Havzasında bulunan istasyonlarda *Capoeta pestai*, *C. carpio*, *Gobio gymnotethus*, *Oxynoemacheilus eregliensis* ve *Squalius cappadocicus*; Seyhan Havzasındaki istasyonlarda *Capoeta damascina*, *C. carpio*, *Pseudophoxinus battalgilae*, *Salmo labecula*, *Oxynoemacheilus cilicicus* ve *Oncorhynchus mykiss*; Kızılırmak havzasındaki istasyonlarda ise *C. carpio*, *O. mykiss*, *Capoeta baliki* ve *Oxynoemacheilus ciceki* türleri

tespit edilmiştir. Bu türlerin dokuz tanesi bulundukları havzalara endemik türlerdir.

Arazi çalışmaları sonucunda tespit edilmiş olan *C. baliki*, *C. pestai*, *O. ciceki* ve *O. cilicicus* türlerine daha önceki çalışmalarda rastlanmamış olup il için yeni kayıt niteliğinde olduğu belirlenmiştir.

Örneklenen türlerin IUCN koruma statüleri dikkate alındığında; üç tanesi Kritik (CR), iki tanesi

Düşük Riskli (LC), iki tanesi Tehlike Altında (EN) ve bir tanesinin ise Hassas (VU) kategorisinde değerlendirildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra üç tür ile ilgili hiçbir değerlendirilme yapılmadığı (NE) tespit edilmiştir.

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma ile Niğde İli iç sularında dağılım gösteren 12 türe rastlanmıştır. Türlerin istasyonlara göre dağılımları dikkate alındığında, bazı türlere tek bir istasyonda rastlanmıştır. Bunun yanı sıra popülasyon durumları değerlendirildiğinde özellikle tek bir istasyonda rastlanmış olan türlerin nadir görülen türler olduğu belirlenmiştir. Bu türlerin nadir görülmesindeki sebeplerin kirlilik, habitat kaybı, su rejimindeki düzensizlik vb. gibi antropojenik etkiler olduğu gözlemlenmiştir.

Niğde İli'nde daha önce yapılmış kapsamlı bir ihtiyofauna çalışması bulunmamasına rağmen literatürde bazı kayıtlara rastlanmıştır. Daha önceki çalışmalarda bildirilmiş olan *Sander lucioperca*, *Aphanius anatoliae*, *Pseudophoxinus anaticus*, *Pseudophoxinus maeandricus*, *Pseudophoxinus crassus* ve *Chondrostoma fahirae* türlerine bu çalışmada rastlanmamıştır (Hrbek vd. 2002, Bogutskaya vd. 2007, Eken vd. 2005; Özuluğ ve Öztürk 2007, Ekmekçi ve Kırankaya 2010, İlhan vd. 2014).

İlde dağılım gösterdiği belirtilen *P. anaticus* türü bazı araştırmacılar tarafından Akkaya Barajı'ndan bildirilmiştir (Eken vd. 2005; Özuluğ ve Öztürk 2007). Ancak yapılan arazi çalışmasında söz konusu türe barajda ya da barajı besleyen akarsuda rastlanmamıştır. Akkaya Barajı'nı besleyen Zondi Deresi Niğde il merkezinden geçmekte olup şehrin tüm kirlilik yükünü baraja taşımaktadır (Tunçsiper 2017). Aşırı besin elementlerine bağlı olarak barajda ötrof ve hatta distrof bir yapı söz konusudur. Barajda uzun yıllardır hiçbir balık türü yaşamamaktadır. Söz konusu türün Akkaya Barajı popülasyonunun kirlilik baskısı sebebi ile yok olduğu tespit edilmiştir.

Bogutskaya vd. (2007) *P. maeandricus*'un Niğde İli'nde de dağılım gösterdiğini ancak türün dağılım alanının yeterince bilinmediğini belirtmişlerdir. Yürütülen arazi çalışmasında bu türe rastlanmamıştır. Çiçek vd. (2015) türün dağılım alanının Büyük Menderes Havzası (Afyon, Denizli ve Isparta) olduğu bildirilmektedir. Bu durumda *P. maeandricus*'un Niğde ili iç sularında dağılım gösterme ihtimalinin düşük olduğu ve bu karışıklığın yanlış tanımlamadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ekmekçi ve Kırankaya (2010) *P. crassus* türünün Niğde İli'ndeki akarsularda da bulunduğunu

bildirmişlerdir. Ancak söz konusu türün Aksaray İli sınırları içerisinde yer alan Güzeyurt Beldesi yakınlarındaki göller ve akarsularda dağılım gösterdiği belirlenmiştir (Kelleci 2019). Melendiz Çayı'nın Niğde il sınırları içerisinde kalan bölümünde ise bu türe rastlanmamıştır. Bu nedenle *P. crassus* türünün Niğde İli balık faunası içerisinde yer almadığı belirlenmiştir.

Arazi çalışmaları sırasında *Pseudophoxinus* cinsine mensup *P. battalgilae* bireylerine Seyhan Havzası sınırları içerisinde yer alan Hüsniye Göletinde (Ulukışla) rastlanmıştır.

İlhan vd. (2014) Akkaya Deresi'nde *C. fahirae* türünün dağılım gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak *C. fahirae* türünün tip lokalitesi Dalaman Çayı havzası (Burdur, Denizli) olup, dağılım alanı göz önüne alındığında Niğde İli'nde bulunmasının mümkün olamayacağı ve bu nedenle türün yanlış tanımlanmış olabileceğini akla getirmektedir (Çiçek vd. 2015). Günümüzde Akkaya Barajı'ndaki kirlilik nedeniyle hiçbir balık türünün yaşamadığı düşünüldüğünde *C. fahirae* olarak tanımlanmış türün hangi tür olduğunun tespit edilme imkanı da kalmamıştır.

Hrbek vd. (2002) Niğde İli'nin doğusunda *A. anatoliae* türünün varlığından bahsetmektedirler. Yürütülen arazi çalışmasında türe rastlanmamıştır. Aksaray İli'nde yapılan arazi çalışmalarında Mamasın Barajı ve buraya su sağlayan bazı akarsularda söz konusu türlere rastlanmıştır. Bu nedenle bu türlerin geçmişte Niğde İli'nde rapor edilmesinin sebebinin Aksaray'ın eskiden Niğde'ye bağlı bir ilçe olmasından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir.

Arazi çalışmaları sonucunda tespit edilmiş olan türlerden *C. baliki*, *C. pestai*, *O. ciceki* ve *O. cilicicus* il için yeni kayıt niteliği taşımaktadır. *C. pestai* dışındaki türlere ilin diğer illere olan sınır kesimlerinde rastlanmıştır. Muhtemelen il sınırlarını kapsayan detayı bir çalışma yapılmadığında bu türlerin varlığının gözden kaçtığı düşünülmektedir. Söz konusu türler üzerinde sulama amaçlı su rejiminin değiştirilmesi ve tarımsal kaynaklı kirlilik unsurları kaynaklı bir tehdit söz konusu olduğu gözlemlenmiştir.

S. labecula'nın dağılım gösterdiği akarsuların debisinin, yaz döneminde tarımsal sulama amaçlı kullanılmaları nedeniyle, oldukça azaldığı ve hatta bazı kısımlarda akarsu yatağındaki suyun tamamen kesilmiş olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum popülasyon üzerinde büyük bir olumsuz baskı oluşturmaktadır. Yapılan arazi çalışmaları sırasında türün dar bir dağılım alanına sahip olduğu, su rejimindeki düzensizlikler, antropojenik etkiler, kirlilik, tarımsal kaynaklı gübre ve ilaç girdileri nedeniyle ortaya çıkan ötrofikasyon ve ayrıca *O.*

mykiss türünün istilacı baskısına maruz kalmakta olduğu gözlemlenmiştir.

İç sularımızdaki biyoçeşitliliği tehdit eden başlıca unsurlar; istilacı türler, kirlilik, habitat tahribi ve/veya kaybı, su rejimine yapılan bilinçsiz müdahaleler, aşırı avcılık, biyokaçakçılık, iklim koşulları değişimleri olarak sıralanabilir.

İl için en önemli tehdidin endüstriyel atıksu kirliliği ve bunun etkisi ile habitat kayıpları olduğu görülmüştür. Bölgede gerek Akkaya Barajı ve gerekse baraja dökülen akarsuların örnekleme dönemi boyunca oldukça kirli olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra ilin en önemli akarsuları olan Ecemiş Çayı ve Melendiz Çayı, kirlilik yükünün fazla olması sebebi ile büyük tehdit altındadır. Söz konusu ekosistemler için tarımsal, evsel veya endüstriyel kaynaklı kirlilik unsurlarının kontrol altına alınmasında büyük yarar vardır. Niğde İli kanalizasyon sularının etkin şekilde arıtımının sağlanmasının sadece sucul ekosistem nedeniyle değil halk sağlığı bakımından da zorunluluk teşkil etmektedir. Nitekim özellikle yaz aylarında Akkaya Barajı yakınlarına, çürüme kaynaklı aşırı rahatsız edici koku nedeniyle neredeyse baraja dahi yaklaşımak mümkün olamamaktadır.

Bunun yanı sıra küresel iklim değişikliği ve antropojenik etkiler sonucu bazı su kaynakları kaybedilmektedir. Bu nedenle hâlihazırda nispeten kirlenmemiş ve habitat bozulmasına maruz kalmamış olan alanların yeniden doğal veya doğala yakın hale getirilecek şekilde rehabilite edilerek korunması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle ivedilikle sucul ekosistemler için iyi bir su rejimi idaresi ve kirliliğin önlenmesine yönelik tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ve Niğde İl Müdürlüğü (2017) tarafından desteklenmiştir. Proje yüklenicisi Tetaş Bilişim Danışmanlık Sistemleri Şirketine sağladığı örnekleme imkanlarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Aydın H, Gaygusuz Ö, Tarkan AS, Top N, Emiroğlu Ö, Gaygusuz GÇ. 2011. Invasion of freshwater bodies in Marmara region (Northwestern Turkey) by nonnative gibel carp, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782). Turk J Zool. 35(6):829-836.

doi: 10.3906/zoo-1007-31

Bayçelebi E, Kaya C, Güçlü SS, Küçük F, Turan D. 2020. Taxonomic status of endemic fish speciesin Lake Beyşehir Basin (Turkey). Acta Aquatica Turcica. 16(1):138-147.

doi: 10.22392/actaquatr.618539

Bogutskaya NG. 1997. Contribution to the knowledge of leuciscinae fishes of Asia Minor. Part 2. An annotated check-list of leuciscinae fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with description of a new species and two new subspecies. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut. 94:161-168.

Bogutskaya NG, Küçük F, Atalay MA. 2007. A description of tree new species of the genus *Pseudophoxinus* from Turkey Teleostei: Cyprinidae: Leuciscinae). Zoosystematica Rossica. 15(2):335-341.

Çiçek E, Birecikligil SS, Fricke R. 2015. Freshwater fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. Biharean Biologist. 9(2):141-157.

Çiçek E, Eagderi S, Sungur S. 2018a. *Oxyneomacheilus veyseli*, a new nemacheilid species from the upper Aras River drainage of Turkey (Teleostei: Nemacheilidae). Iranian Journal of Ichthyology. 5(3):232-242.

doi: 10.22034/iji.v5i3.302

Çiçek E, Fricke R, Sungur S, Eagderi S. 2018b. Endemic Freshwater Fishes of Turkey. FishTaxa. 3(4):1-39.

Çiçek E, Eagderi S, Sungur S. 2019a. *Oxyneomacheilus phoxinoides* (Erk'akan, Nalbant & Özeren, 2007): a junior synonym of *Oxyneomacheilus angorae* (Steindachner, 1897). FishTaxa. 4(1):13-17.

Çiçek E, Fricke R, Eagderi S, Sungur S, Vanni S. 2019b. *Knipowitschia ephesi* Ahnelti, 1995, a junior synonym of *Gobius ricasolii* Di Caporiacco, 1935 (Teleostei: Gobiidae). Zool Middle East. 65(4):330-335.

doi: 10.1080/09397140.2019.1648402

Demirayak F. 2002. Biyolojik Çeşitlilik-Doğa Koruma ve Sürdürülebilir Kalkınma, TÜBİTAK Vizyon 2023 Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli. [Erişim tarihi 2020 May 03]. Erişim adresi http://tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-14.pdf

Eken G, Bozdoğan M, Karataş A, Kılıç DT, Gem E. 2005. Türkiye'nin önemli doğa alanları-Yeni koruma bölgelerinin seçiminde öncelikli alanlar. Paper presented at: Korunan Doğa Alanları Sempozyumu; Isparta, Türkiye.

Ekmekçi FG, Kırakaya ŞG. 2010. Threatened fishes of the world: *Pseudophoxinus crassus* (Ladiges, 1960) Cyprinidae, from Central Anatolia, Turkey. Environ Biol Fish. 87:11-12.

doi: 10.1007/s10641-009-9563-7

Elp M, Osmanoğlu Mİ, Kadak AE, Turan D. 2017. Characteristics of *Capoeta oguzelii*, a new species of cyprinid fish from the Ezine Stream, Black Sea basin, Turkey (Teleostei: Cyprinidae). Zool Middle East. 64(2):102-111.

doi: 10.1080/09397140.2018.1442295

Freyhof J, Bayçelebi E, Gieger M. 2018. Review of the genus *Cobitis* in the Middle East, with the description of eight new species (Teleostei: Cobitidae). Zootaxa. 4535(1):1-75.

doi: 10.11646/zootaxa.4535.1.1

- Freyhof J, Kaya C, Turan D, Geiger MF. 2019. Review of the *Oxynoemacheilus tigris* group with the description of two new species from the Euphrates drainage (Teleostei: Nemacheilidae). Zootaxa 4612(1):29-57.
doi: 10.11646/zootaxa.4612.1.2
- Freyhof J, Turan D. 2019. *Alburnus magnificus*, a new species of bleak from the Orontes River drainage (Teleostei: Leuciscidae). Zootaxa 4559(2):373-383.
doi: 10.11646/zootaxa.4559.2.10
- Fricke R, Eschmeyer WN, van der Laan R. 2020. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. [Erişim tarihi 2020 Mar 25]. Erişim adresi <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Gaygusuz Ö, Tarkan AS, Gaygusuz GÇ. 2007. Changes in the fish community of the Ömerli Reservoir, following the introduction of nonnative gibel carp *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) and other human impacts. Aquat Invasions. 2(2):117-120.
doi: 10.3391/ai.2007.2.2.6
- Güçlü SS, Küçük F, Ertan ÖO, Güçlü Z. 2013. The Fish Fauna of the Büyük Menderes River (Turkey): Taxonomic and Zoogeographic Features. Turk J Fish Aquat Sc. 13(4):685-698.
doi: 10.4194/1303-2712-v13_4_14
- Güçlü SS, Küçük F. 2015. The Ichthyofauna of Gediz River (Turkey): Taxonomic and Zoogeographic Features. Annual Research & Review in Biology. 6(3):202-214.
doi: 10.9734/ARRB/2015/14889
- Güçlü SS, Kalaycı G, Küçük F, Turan D. 2020. *Barbus xanthos*, a new barbel from the south-eastern Aegean basin (Teleostei: Cyprinidae). J Fish Biol. 96(6):1309-1319.
doi:10.1111/jfb.14259
- Hrbek T, Küçük F, Frickey T, Stölting KN, Wildekamp RH, Meyer A. 2002. Molecular phylogeny and historical biogeography of the *Aphanius* (Pisces, Cyprinodontiformes) species complex of central Anatolia, Turkey. Mol Phylogenet Evol. 25(1):125-137.
doi: 10.1016/S1055-7903(02)00203-8
- IUCN. 2019. International Union for the Conservation of Nature. IUCN Red List of threatened species, Version 12. [Erişim tarihi 2020 May 05] Erişim adresi <http://www.iucnredlist.org>
- İlhan A, Balık S. 2008. Batı Karadeniz Bölgesi İçsularının Balık Faunası. Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 25(1):75-82.
- İlhan A, Balık S, Sarı HM. 2014. Orta ve Batı Anadolu Endemik İçsu Balıklarının Günümüzdeki Dağılımları Ve Koruma Statüleri. İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 29(2):9-34.
doi: 10.18864/ıujfas.37784
- Innal D, Sungur S. 2019. First record of non-indigenous fish *Hemichromis letourneuxi* (Cichlidae) from Pınarbaşı Creek (Burdur, Turkey). Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 10(1):90-94.
doi: 10.29048/makufebd.562523
- Kaya C, Turan D, Ünlü E. 2016. The Latest Status and Distribution of Fishes in Upper Tigris River and Two New Records for Turkish Freshwaters. Turk J Fish Aquat Sc. 16:545-562.
doi: 10.4194/1303-2712-v16_3_07
- Kaya C. 2020. Spirilins of the southern Black Sea basin, with the description of a new species (Teleostei: Leuciscidae). Zootaxa. 4763(3):419-428.
doi: 10.11646/zootaxa.4763.3.6
- Kelleci M. 2019. Aksaray İli balık faunası [Yüksek Lisans Tezi]. Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi. 50 s.
- Küçük F, Gümüş E, Güllü İ, Güçlü SS. 2007. The Fish Fauna of the Göksu River (Türkiye): Taxonomic and Zoogeographic Features. Turk J Fish Aquat Sc. 7:53-63.
- Küçük F, Turan D, Güçlü SS, Mutlu A, Çiftçi Y. 2017. Two New Species of *Chondrostoma* Agassiz, 1832 (Teleostei: Cyprinidae) from the Ceyhan, Seyhan and Göksu Rivers in the East Mediterranean Region of Turkey. Turk J Fish Aquat Sc. 17:793-801.
doi: 10.4194/1303-2712-v17_4_15
- Naseka AM, Erk'akan F, Küçük F. 2006. A description of two new species of the genus *Gobio* from Central Anatolia (Turkey) (Teleostei: Cyprinidae). Zoosystematica Rossica. 15(1):185-194.
- Niğde Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. 2018. Niğde İli 2017 yılı çevre durum raporu. [Erişim tarihi 2020 May 10] Erişim adresi <https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/son2017-yili-nigde-ili-cevredurumraporu20180717142529.pdf>
- Özuluğ M, Öztürk MO. 2007. Threatened fishes of the world: *Pseudophoxinus anatolicus* (Hanko 1924) (Cyprinidae), Central Anatolia, Turkey. Environ Biol Fish. 83:183-184.
doi: 10.1007/s10641-007-9313-7
- Özuluğ M, Freyhof J. 2011. Revision of the genus *Squalius* in Western and Central Anatolia, with description of four new species (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol Explor Fres. 22(2):107-148.
- Özuluğ M, Geiger MF, Freyhof J. 2018. *Alburnus goekhani*, a new species of bleak from the Anatolian Black Sea basin (Teleostei: Leuciscidae). Zootaxa. 4425(1):29-40.
doi: 10.11646/zootaxa.4425.1.2
- Özuluğ M, Saç G. 2019. İstanbul İli (Türkiye) tatlısu balık faunası. Turkish Journal of Bioscience and Collections. 3(1):19-36.
doi: 10.26650/tjbc.201930004
- Sarı HM, İlhan A, Saç G, Özuluğ M. 2019. Fish fauna of Yıldız Mountains (North-Eastern Thrace, Turkey). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 36(1):65-73.
doi: 10.12714/egejfas.2019.36.1.08
- Stout CC, Tan M, Lemmon AR, Lemmon EM, Armbruster JW. 2016. Resolving Cypriniformes relationships using an anchored enrichment approach. BMC Evol Biol. 16:1-13.
doi: 10.1186/s12862-016-0819-5
- Sungur S, Jalili P, Eagderi S. 2017a. *Oxynoemacheilus ciceki*, new nemacheilid species (Teleostei,

- Nemacheilidae) from the Sultan Marsh, Kayseri Province, Turkey. Iranian Journal of Ichthyology. 4(4):375-383.
doi: [10.22034/iji.v4i4.258](https://doi.org/10.22034/iji.v4i4.258)
- Sungur Birecikligil S, Eagderi S, Roudbar JA, iek E. 2017b. *Alburnoides recepi*, a junior synonym of *Alburnus caeruleus* (Teleostei: Cyprinidae). Zootaxa. 4277(1):129-136.
doi: [10.11646/zootaxa.4277.1.10](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.1.10)
- Sungur S, Jalili P, Eagderi S, iek E. 2018. *Seminemacheilus ahmeti*, a new species of Nemachelid from Sultan Marshes, Turkey. FishTaxa 3(2):466-473.
- Tan M. Armbruster JW. 2018. Phylogenetic classification of extant genera of fishes of the order Cypriniformes (Teleostei: Ostariophysi). Zootaxa. 4476(1):6-39.
doi: [10.11646/zootaxa.4476.1.4](https://doi.org/10.11646/zootaxa.4476.1.4)
- Tarım ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü 2020. Nuh'un Gemisi Ulusal Biyolojik eřitlilik Veritabanı. [Erişim tarihi 2020 May 16]. Erişim adresi <http://www.nuhungemisi.gov.tr/>
- Tarkan AS, Ekmekçi FG, Vilizzi L, Copp GH. 2014. Risk screening of nonnative, freshwater fishes at the frontier between Asia and Europe: first application in Turkey of the fish invasiveness screening kit. J Appl Ichthyol. 30(2):392-938.
doi: [10.1111/jai.12389](https://doi.org/10.1111/jai.12389)
- Tarkan AS, Marr SM, Ekmekçi FG. 2015. Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. Fishes in Mediterranean Environments. 3:1-28.
doi: [10.29094/FiSHMED.2015.003](https://doi.org/10.29094/FiSHMED.2015.003)
- Tunsiper B. 2017. Akkaya Barajını besleyen Kızılca (Karasu) Deresindeki bakteriyolojik kirlenmenin incelenmesi ve kirliliğin azaltılması için zm nerileri. Tekirdaę Ziraat Fakültesi Dergisi. 14(1):28-37.
- Turan D, Kottelat M, Engin S. 2012. The trouts of the Mediterranean drainages of southern Anatolia, Turkey, with description of three new species (Teleostei: Salmonidae). Ichthyol Explor Fres. 23(3):219-236.
- Turan D, Kalaycı G, Bektaş Y, Kaya C, Bayçelebi E. 2020. A new species of trout from the northern drainages of Euphrates River, Turkey (Salmoniformes: Salmonidae). J Fish Biol. 96(6):1454-1462.
doi: [10.1111/jfb.14321](https://doi.org/10.1111/jfb.14321)
- Wildekamp RH, Kk F, nlsayın M, Neer WV. 1999. Species and Subspecies of the Genus *Aphanius* Nardo 1897 (Pisces: Cyprinodontidae) in Turkey. Turk J Zool 23(1):23-44.



Evaluation of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) Meat as Fish Cake and Determination of Shelf Life

Kadir ÇAPKIN¹ , İlker ATİK^{2*} , Azize ATİK³ , Ramazan ŞEVİK⁴ 

¹Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forestry, Fisheries Research Institute, Eğirdir, Isparta, Turkey

²Afyon Kocatepe University, Afyon Vocational School, Food Technology Program, Afyonkarahisar, Turkey

³Afyon Kocatepe University, Sultandagı Vocational School, Food Technology Program, Sultandagı, Afyonkarahisar, Turkey

⁴Afyon Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Afyonkarahisar, Turkey

ABSTRACT

In this research, the suitability of tench (*Tinca tinca* L., 1758) for the production of fish cake and changes in nutrient components were determined. The supplied fish materials were minced followed by forming into fish cakes with the addition of various additives. Chemical and organoleptic analyzes of the minced fish and fish cakes were made. Also, thiobarbituric acid (TBA), total volatile basic nitrogen (TVB-N), pH parameters were determined and total mesophilic aerobic bacteria (TMA), total psychophilic bacteria (TPA), coliform group bacteria, and yeast-mold counts were performed in fish cakes on the 1., 4., 7. and 10. days of the storage at 4 ± 1 °C. According to the organoleptic analysis findings, the fish cakes obtained from tench were considered suitable for consumption. TBA, TVB-N, pH values, and microbiological analysis results of storage have shown that deterioration occurs as storage time increases. Especially the changes after the 7th day of storage are statistically significant ($p < 0.05$). As a result of the research, it is concluded that fish cakes made using tench can contribute to the economy. It was determined that the obtained fish cakes which were stored at 4 ± 1 °C maintained the good quality parameters until the 7th day while they deteriorated after the 10th day of the storage.

Keywords: Tench, fish cake, shelf life

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 05.06.2020

Revised : 28.08.2020

Accepted : 01.09.2020

Published : 29.12.2020

DOI:10.17216/LimnoFish.746026



* CORRESPONDING AUTHOR

ilkeratik@hotmail.com

Phone : +90 272 218 29 24

Kadife Balığı (*Tinca Tinca* L., 1758) Etinin Balık Köftesi Olarak Değerlendirilmesi ve Raf Ömrünün Belirlenmesi

Öz: Bu çalışmada kadife balığının (*Tinca tinca* L., 1758) köfte yapımına uygunluğu ve besin bileşenlerindeki değişimler belirlenmiştir. Tedarik edilen balık filetoları kıyma haline getirilerek çeşitli katkı maddelerinin eklenmesiyle balık köftesi yapılmıştır. Balık kıyması ve balık köftesinin kimyasal ve organoleptik analizleri yapılmıştır. Ayrıca balık köftesinde 4 ± 1 °C'de depolamanın 1., 4., 7. ve 10. günlerinde tiyobarbitirik asit (TBA), toplam uçucu bazik azot - (TVB-N), pH parametrelerine bakılmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMA), toplam psikofilik bakteri (TPA), koliform grubu bakteri ve maya-küf sayımı yapılmıştır. Organoleptik analiz bulgularına göre, kadife balığından elde edilen köfte tüketime uygun görmüştür. TBA, TVB-N, pH değerleri ve depolamanın mikrobiyolojik analiz sonuçları depolama süresi arttıkça bozulma olduğunu göstermiştir. Özellikle depolamanın 7. gününden sonraki değişimler istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$). Araştırma sonucunda, kadife balığı kullanılarak yapılan balık köftesinin ekonomiye katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Elde edilen balık köftelerinin, 4 ± 1 °C'de depolama sürecinde iyi kalite özelliklerinin 7. güne kadar korunduğu ve depolamanın 10. gününden sonra kötüleştiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kadife balığı, balık köftesi, raf ömrü

How to Cite

Çapkin K, Atik İ, Atik A, Şevik R. 2020. Evaluation of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) Meat as Fish Cake and Determination of Shelf Life LimnoFish. 6(3): 251-260. doi: 10.17216/LimnoFish.746026

Introduction

Nowadays, advances in technology have enabled the awareness of the consumer and have brought the brainpower to the fore in most occupational groups.

As a result, the orientation towards the food rich in protein and unsaturated fatty acids, easily digestible has increased. Fisheries is the food group that meets the expectations of the consumer while fish meat

takes the first place among all aquaculture. Fish meat is a sufficient foodstuff due to its high content of essential nutrients such as protein, unsaturated fatty acids, and essential amino acids required for the body (Duman and Dartay 2007).

Red meat consumption as a source of protein is more common in our country. Consumption of red meat is quite high especially in fast working life as meatballs because of the reason that usage of meatballs in some meat products as hamburgers, etc. is necessary. However, alternative sources for burgers and meatballs are being investigated because of the concerns that high cholesterol in red meat may cause cardiovascular diseases. Fish meat may be an alternative to red meat because of its low cholesterol level and high omega-3 fatty acid content that prevents cardiovascular disease (Balıkcı et al. 2018).

Species belong to the Cyprinidae family is very common in Turkey's freshwater. 226 fish species and subspecies belonging to 27 families were found to live in inland waters of the country. 170 of them live in freshwater. 108 of these fish belong to the family of Cyprinidae (Hamalosmanoğlu and Kuru 2004).

Tench (*Tinca tinca*, Linnaeus 1758) is a freshwater cyprinid and a benthos-eating omnivorous widely lives in parts of Europe and Asia (Secci et al. 2018). It has great potential for the aquaculture sector. The natural distribution of this fish was undefined for centuries since it was understood that it was comestible and suitable for culture and transport in middle ages (Avlijaš et al. 2018).

Fish cake is a fish product obtained by adding spices after cleaning, boiling, and mincing the fish meat (Öksüztepe et al. 2010; Özpolat and Çoban 2012). Different recipes are given for the production of fish cakes and these recipes are applied by taking into consideration the characteristics of the raw material. In the study in which fish cakes were produced from carp (*Cyprinus carpio*), fish were filleted after skinning and boiled in boiling water for 1-2 minutes to separate meat from a fishbone. After the process of separation of meat from fishbone, groundfish were obtained by passing fish meat from a grinder with a hole diameter of 3 mm. To give the product a certain elasticity, 0.3 % sodium polyphosphate and to enhance the flavour, 0.9 % salt, 0.4 % black pepper, 0.5 % cumin, 0.5 % red pepper, and 1.3 % parsley were added to the experimental groups. Then, different groups were added to the fish cakes and 5 groups were formed together with the control group (Group A: 6 % onion; Group B: 6 % onion + 4 % sunflower oil; Group C: 1.4 % garlic; Group D: 1.4 % garlic + 4 % sunflower oil, Group E: Control group). The products were shaped by placing 6 cm diameter and 1 cm depth of stainless steel circle molds (Yanar and Fenercioğlu 1999).

In a study about the investigation of some quality parameters of fish cakes made from raw and boiled fish meat, fish were decapitated, eviscerated, and minced orderly. Mixed seasonings (black pepper, allspice, cumin) and additives (starch, garlic) were added into the minced fish meat, then kneaded and finally given fish cake shapes. The fish cakes were prepared with an average of 25 g weight, packed with stretch film by the placement of 3 pieces each on styrofoam plates and soted at $+4 \pm 1$ °C (Akkuş et al. 2004).

In a research conducted in the aquaculture processing plants which process the zander (*S. lucioperca*) and the tench fish fillets, the evaluation of fillet residues that do not conform to the calibration as fish cakes to contribute to the economy was investigated. Zander and tench fillet residues were obtained from local enterprises as material. Fish cakes were made after mincing these supplied materials and the addition of various additives (Ünlüsayın et al. 2002).

In this study, the processability of tench, which is common in Turkey's inland waters was aimed to evaluate differently. In this way, the meat of tench which is not preferred by consumers should be approved by converting into fishcakes. In addition to this, depending on a consumer's pleasure it was aimed to extend the shelf life of the tench meat and develop a new product that has gained economic value.

Materials and Methods

Materials

In the study, a total of 100 tenches (*Tinca tinca*) with a mean length of 24 ± 1 cm and a weight of 190 ± 20 g were used which caught from Lake Beyşehir (Konya, Turkey). Additives and spices used in the production of fish cakes were supplied from the local market of Eğirdir (Isparta, Turkey).

Fishing and transport of the fish

T. tinca samples forming the material of this study were fished from Lake Beyşehir by the operation of hauling with extension nets. After that, fish that were in the same size group were selected and brought to the Eğirdir Fisheries Research Institute Food Laboratory for assay.

Preparation of fish cakes

The fish to be used in the study were eviscerated and washed with plenty of water. The washing process was made carefully not to remain any residues as blood, mucus, and so on. Cleaned fish were filleted and the groundfish were obtained by passing fish meat from a grinder with a hole diameter of 3 mm. 3 different formulations were prepared by adding additives and spices to the groundfish. The

preparation of fish cakes were similar to known methods (Damarlı et al. 1992; Avcı 1996). All fish cakes were prepared by shaping in which each of them was put in a 10 g weight, 5 cm diameter and 0.5 cm deep stainless steel circle molds. In preparation of control group fish cakes in addition to the groundfish, 1 % salt, 0.5 % black pepper, 0.5 % red pepper, 0.5 % cumin, 1 % parsley, 10 % tail fat 10 % semolina were added. In addition to the control group; 1 % thyme was added into the first fish cake group and 1 % ginger was added into the second fish cake group. After the fish cakes were prepared by 3 different formulations, they were evaluated separately by 10 panelists. The fish cakes were packaged with aluminum foil and stored at 4 ± 1 °C for 1, 4, 7, 10 days (under refrigerator conditions). Then, samples were taken for each stated day and shelf life was determined for these products by examining sensory, chemical and microbiological changes. The preparation of the fish cakes was carried out according to the following product processing flow diagram (Figure 1).

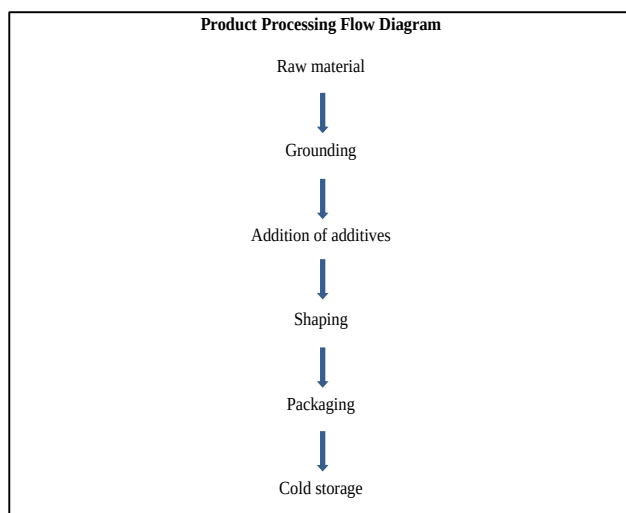


Figure 1. Product processing flow diagram.

All analyzes in the study were carried out in fresh fish and fish cake samples taken periodically on the 1st, 4th, 7th, and 10th days of the storage.

Biometrical measurements

The meat yield of the fish brought to the laboratory was calculated by measuring the lengths by mm graduated of a gauge and weights by a scale with a sensitivity of 0.01 g (Dikel and Çelik 1998).

Determination of pH

pH measurement was conducted according to TSE 2002. Samples (10 g) were taken periodically from fresh fish and fish cakes during storage and homogenized with the help of mixer. Then measurements were carried out at 16 ± 1 °C with WTW branded 320 sets of digital pH-meter (Er 2010).

Chemical composition analysis

Determination of moisture was carried out according to TS 1743 (110 ± 1 °C) (Anonymous 1974a) while determination of inorganic matter (crude ash) was carried out according to TS 1746 (550 ± 1 °C) (Anonymous 1974b) in fresh fish, processed and stored fish cake samples. Additionally, crude protein analysis was carried out according to Kjeldahl Method ($N \times 6.25$), (Anonymous 1983) and crude oil analysis was carried out according to Soxhlet Method (Keskin 1975).

Determination of Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS)

In this analysis, a method based on the occurrence of red color as a result of heating of thiobarbituric acid with malonaldehyde which is formed by oxidation of unsaturated fatty acids was used. The amount of malonaldehyde specified as TBA number was determined as spectrophotometric (at 538 nm wavelength) and the results were given in mgMA/kg (Varlık et al. 1993).

Determination of Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N)

Total volatile basic nitrogen determination of fresh and processed fish meat was made according to the Lucke-Geidel method modified by Antonacopoulos and Vyncke (1989) and the results were given in mg/100 g (İnal 1992).

Microbiological Analysis

Preparation of samples for microbiological analysis

25 g of fish meat was weighed with the help of sterile forceps, scalpel and scissors in aseptic conditions and 225 ml of buffered peptone water (Merck 7228) was added onto it. It was then homogenized in 2-3 minutes pre-sterilized blender and diluted 10-fold. Cultivations were carried out by using pour plate method. For cultivation two parallels were used from each dilution. 30-300 colonies-including plaques in Petri dishes were enumerated (Refai 1979; Varlık et al. 1993).

Total mesophilic aerobic (TMA) bacteria count

Plate Count Agar (Merck 5463) was used for the count of total mesophilic aerob bacteria. After cultivation petri dishes were incubated at 30 ± 1 °C for 72 hours and forming colonies were enumerated at the end of the incubation (Refai 1979; Varlık et al. 1993).

Total psychrophilic aerobic (TPA) bacteria count

Plate Count Agar (Merck 5463) was used for the count of total psychrophilic aerob bacteria. Forming colonies were enumerated after 72 hours of incubation at 22 ± 1 °C (Anonymous 1993).

Coliform bacteria count

Violet Red Bile Agar (Merck 1406) was used as the medium. Plates were evaluated by incubating at 37 ± 1 °C for 24 hours and counted bold red coloured colonies (Kocatepe et al. 2011).

Yeast and mould count

Potato Dextrose Agar (Merck 10130), which was adjusted to pH 3.5 by using 10 % tartaric acid, was used as the medium. Plates were enumerated after incubation at 22 ± 1 °C for 3-5 days (Anonymous 1983; Varlık et al. 1993).

Sensory analysis

In the sensory analyzes, the appearance, odor, texture, taste and general appreciation of the fish cakes were evaluated by the panellists with a score of 10 points in compliance with the hedonic scale. According to this, 10 points were evaluated as very good, 5 points were insignificant, and 4 points and under were inconsumable (Haq et al. 2013).

Statistical analysis

The data obtained from the study were

subjected to the variance analysis (F-test) with JMP program, and the means for the calculated parameters were compared with the LS Means Student T Multiple Comparison Test. The significance level was chosen as $p < 0.05$.

Results

The meat yield rates of biometric measured samples were determined by separating the viscera, head, skeleton, skin. Accordingly, the yield was determined as 43.769 ± 0.670 % (Table 1).

Table 1. Meat yield of tench (*T. tinca* L. 157) samples.

Weight (g)	193.275 $\pm$ 16.970
Total length (cm)	24.475 $\pm$ 0.848
Fork length (cm)	23.274 $\pm$ 0.707
Viscera (%)	11.987 $\pm$ 1.137
Head (%)	16.693 $\pm$ 0.621
Meat (%)	43.769 $\pm$ 0.670
Skeleton (%)	13.998 $\pm$ 0.602
Skin (%)	13.308 $\pm$ 0.488

The results of sensory analysis of the fish cakes are given in Table 2.

Table 2. Sensory analysis of fish cake.

Panellists	Control*	Group 1*	Group 2*
Day 0	8.26 ^b	8.18 ^b	9.05 ^a
Day 1	8.32 ^b	8.15 ^b	9.24 ^a
Day 4	8.17 ^b	8.19 ^b	9.31 ^a
Day 7	7.26 ^b	7.51 ^a	7.2 ^b
Day 10	4.89 ^a	4.20 ^b	4.25 ^b

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

As a result of the sensory analysis of the products obtained, a large part of the panelists liked fish cakes in terms of taste, smell, texture and appearance. Obtained fish cakes got between 8.18 and 9.05 on a ten point scale as a result of first sensory analysis. Second group fish cakes were the most admired group with 9.05 points. The sensory values of the fish cakes stored in the cold decreased depending on the storage period.

In ground fish, water was found to be 83.15, crude protein was 13.07, fat 1.14, inorganic matter

was 1.89, carbohydrate was 1.21 in percentages. In the control group water was found to be in amount of 70.69, crude protein 10.85, fat 7.11, inorganic matter 3.95, carbohydrate 8.17 while in the first group water was 70.29, crude protein 10.72, fat 7.17, inorganic matter 4.14, carbohydrate 8.25 and in the second group water was 70.11, crude protein 10.56, fat 7.11, inorganic matter 4.05, carbohydrate 8.21.

Chemical compositions of ground fish and fish cakes are given in Table 3.

Table 3. Chemical compositions of ground fish and fish cakes.

Chemical Composition	Ground Fish* x $\pm$ SH	Control* x $\pm$ SH	Group 1* x $\pm$ SH	Group 2* x $\pm$ SH
Water %	83.15 $\pm$ 1.10 ^a	70.69 $\pm$ 1.14 ^b	70.29 $\pm$ 1.21 ^b	70.11 $\pm$ 1.35 ^b
Protein %	13.07 $\pm$ 1.09 ^a	10.85 $\pm$ 1.23 ^b	10.72 $\pm$ 1.66 ^b	10.56 $\pm$ 1.01 ^b
Fat %	1.14 $\pm$ 0.41 ^b	7.11 $\pm$ 0.12 ^a	7.17 $\pm$ 0.29 ^a	7.03 $\pm$ 0.36 ^a
InorganicMatter %	1.89 $\pm$ 0.2 ^b	3.95 $\pm$ 0.30 ^a	4.14 $\pm$ 0.63 ^a	4.05 $\pm$ 0.51 ^a
Carbohydrate %	1.21 $\pm$ 0.42 ^b	8.17 $\pm$ 1.53 ^a	8.25 $\pm$ 0.56 ^a	8.20 $\pm$ 0.54 ^a

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Chemical and microbiological analysis results of fish cake are given in Table 4 and Table 5. According to the results of the analysis made in ground fish; TBA was found to be 1.05 ± 0.30 , TVB-N was 10.4 ± 1.09 and pH was 6.25 ± 0.39 .

Table 4. Chemical analysis results of ground fish.

Chemical Analysis	TBA $\bar{x} \pm SH$	TVB-N $\bar{x} \pm SH$	pH $\bar{x} \pm SH$
Ground Fish	1.05 ± 0.30	10.4 ± 1.09	6.25 ± 0.39

Table 5. Microbiological analysis results of ground fish.

Microbiological Analysis	TMA $\bar{x} \pm SH$	TPA $\bar{x} \pm SH$	COLIFORM $\bar{x} \pm SH$	YEAST - MOULD $\bar{x} \pm SH$
Ground Fish	4.462 ± 0.023	3.726 ± 0.016	1.301 ± 0.026	1.079 ± 0.009

The TBA values of fish cakes were increased according to storage time. Time dependent TBA changes in fish cakes are given in Table 6. TBA values of the product ranged from 1.43 ± 0.18 to 8.51 ± 0.33 (mg malonaldehyde/kg) at $+4 \pm 1$ °C during storage. In a very good material TBA values should be less than 3, and in a good material should not be more than 5. The consumption limit value is between 7-8 (Duman and Özpolat 2012; Varlık et al. 1993).

Table 6. Time dependent TBA changes in fish cakes (mg malonaldehyde/kg).

Days	Control* $\bar{x} \pm SH$	Group 1* $\bar{x} \pm SH$	Group 2* $\bar{x} \pm SH$
Day 0	1.43 ± 0.101^b	1.58 ± 0.138^a	1.56 ± 0.194^a
Day 1	2.88 ± 0.153^b	3.03 ± 0.143^a	3.04 ± 0.136^a
Day 4	4.97 ± 0.101^b	5.51 ± 0.140^a	5.47 ± 0.063^a
Day 7	$6.81.13 \pm 0.112^b$	7.5 ± 0.180^a	7.2 ± 0.106^{ab}
Day 10	8.26 ± 0.077^b	8.39 ± 0.154^{ab}	8.51 ± 0.187^a

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Table 7. Time dependent TVB-N changes in fish cakes (mg/100 g).

Days	Control* $\bar{x} \pm SH$	Group 1* $\bar{x} \pm SH$	Group 2* $\bar{x} \pm SH$
Day 0	11.33 ± 0.560^a	11.37 ± 0.317^a	11.33 ± 0.664^a
Day 1	13.53 ± 0.520^b	13.6 ± 0.529^b	12.87 ± 0.845^a
Day 4	19.43 ± 0.120^b	19.97 ± 0.348^b	21.6 ± 0.321^a
Day 7	25.13 ± 0.712^b	27.5 ± 0.208^a	27.03 ± 0.470^a
Day 10	35.43 ± 0.578^b	36.3 ± 0.321^{ab}	37.37 ± 0.218^a

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

The pH values of the product ranged from 6.4 ± 0.03 to 6.76 ± 0.18 at $+4 \pm 1$ °C during storage. The difference in pH between the products on the 4th, 7th and 10th days of the study was significant ($p < 0.05$). Time dependent pH changes in fish cakes are given in Table 8.

Total mesophilic aerobic bacteria values of the products ranged from 4.579 ± 0.023 log cfu/g (3.8×10^4 cfu/g) to 7.36 ± 0.049 log cfu/g (2.3×10^7 cfu/g) at $+4 \pm 1$ °C. Total mesophilic aerobic (TMA) bacteria counts of the fish cakes were increased depending on storage time. The difference

In microbiological analysis performed in ground tench fish, the count of TMAB was detected as 4.462 ± 0.023 log cfu/g, TPA was 3.726 ± 0.016 log cfu/g, coliform bacteria was 1.301 ± 0.026 log cfu/g and yeast-mold was 1.079 ± 0.009 log cfu/g.

The TVB-N values of fish cakes were increased according to storage time. Time dependent TVB-N changes in fish cakes are given in Table 7. The TVB-N values of the product increased during storage and ranged from 11.33 ± 0.97 to 37.37 ± 0.38 mg/100 g at $+4 \pm 1$ °C. The difference of TVB-N change between the products on the 4th, 7th and 10th days of the storage was significant ($p < 0.05$).

between total mesophilic aerobic bacteria change between the products on the 1st, 4th, 7th and 10th days of the study was significant ($p < 0.05$). Time dependent total mesophilic aerobic (TMA) bacteria count changes in fish cakes are given in Table 9.

According to the criteria published by the Ministry of Agriculture and Forestry in terms of total aerobic bacteria content (TMA), the consumption limit of fresh fish meat is 10^7 cfu/g (Çolakoğlu et al. 2006). Tench fishcakes reached the limit on the 10th day. In terms of

total mesophilic aerobic bacteria content, they maintained their consumable properties until the 10th day.

The total psychrophilic bacteria (TPA) load values of the products were ranged between $3.99 \pm 0.11 \log \text{cfu/g}$ ($1.0 \times 10^4 \text{cfu/g}$) and $6.907 \pm 0.014 \text{cfu/g}$ ($8.1 \times 10^6 \text{cfu/g}$) at $+4 \pm 1^\circ \text{C}$. Total psychrophilic

aerobic (TPA) bacteria counts of the fish cakes were increased depending on storage time. The difference of total psychrophilic bacterial change between the products on the 1st, 4th, 7th and 10th days of the study was significant ($p < 0.05$). Time-dependent total psychrophilic aerobic (TPA) bacteria count changes in fish cakes are given in Table 10.

Table 8. Time dependent pH changes in fish cakes.

Days	Control* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 1* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 2* $\bar{x} \pm \text{SH}$
Day 0	6.71 ± 0.177^a	6.71 ± 0.072^a	6.76 ± 0.101^b
Day 1	6.57 ± 0.074^a	6.63 ± 0.60^b	6.66 ± 0.061^b
Day 4	6.53 ± 0.032^a	6.46 ± 0.029^{ab}	6.4 ± 0.014^b
Day 7	6.63 ± 0.01^a	6.56 ± 0.014^b	6.55 ± 0.015^b
Day 10	6.73 ± 0.018^a	6.64 ± 0.017^b	6.62 ± 0.017^b

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Table 9. Time dependent total mesophilic aerobic (TMA) bacteria changes in fish cakes ($\log \text{cfu/g}$).

Days	Control* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 1* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 2* $\bar{x} \pm \text{SH}$
Day 0	4.579 ± 0.013^a	4.616 ± 0.009^b	4.591 ± 0.11^{ab}
Day 1	4.62 ± 0.009^a	4.663 ± 0.005^b	4.71 ± 0.007^c
Day 4	5.263 ± 0.007^b	5.271 ± 0.007^b	5.342 ± 0.011^a
Day 7	6.078 ± 0.020^a	6.212 ± 0.023^b	6.372 ± 0.031^c
Day 10	7.1 ± 0.030^b	7.192 ± 0.032^b	7.36 ± 0.028^a

*Different superscript letters in the same line indicate a significant difference between means ($p < 0.05$).

Table 10. Time dependent total psychrophilic aerobic (TPA) bacteria changes in fish cakes ($\log \text{cfu/g}$).

Days	Control* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 1* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 2* $\bar{x} \pm \text{SH}$
Day 0	3.99 ± 0.063^b	3.994 ± 0.051^b	4.053 ± 0.026^b
Day 1	4.115 ± 0.066^b	4.173 ± 0.033^{ab}	4.306 ± 0.030^a
Day 4	4.999 ± 0.025^b	5.087 ± 0.044^b	5.27 ± 0.020^b
Day 7	5.821 ± 0.013^b	5.812 ± 0.019^b	5.931 ± 0.007^a
Day 10	6.783 ± 0.010^a	6.845 ± 0.009^b	6.907 ± 0.007^c

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Coliform group bacterial load values of the products ranged from $1.36 \pm 0.102 \log \text{cfu/g}$ ($2.3 \times 10^1 \text{cfu/g}$) to $2.175 \pm 0.029 \log \text{cfu/g}$ ($1.5 \times 10^2 \text{cfu/g}$) at $+4 \pm 1^\circ \text{C}$. Coliform bacteria counts of the fish cakes were increased depending on storage time. The difference of coliform group bacterial change between the products on the 1st, 4th, 7th and 10th days of the study was significant ($p < 0.05$). Time dependent coliform bacteria count changes in fish cakes are given in Table 11.

Yeast and mold load values of the products ranged from $1.56 \pm 0.072 \log \text{cfu/g}$ ($3.6 \times 10^1 \text{cfu/g}$) to $2.548 \pm 0.019 \log \text{cfu/g}$ ($3.5 \times 10^2 \text{cfu/g}$) at $+4 \pm 1^\circ \text{C}$. Yeast and mould counts of the fish cakes were increased depending on storage time. The difference between yeast and mold changes was found to be significant ($p < 0.05$) between the products on the 1st, 4th, 7th and 10th days of the study. Time dependent yeast and mould count changes in fish cakes are given in Table 12.

Table 11. Time dependent coliform bacteria changes in fish cakes ($\log \text{cfu/g}$).

Days	Control* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 1* $\bar{x} \pm \text{SH}$	Group 2* $\bar{x} \pm \text{SH}$
Day 0	1.36 ± 0.058^b	1.46 ± 0.087^{ab}	1.519 ± 0.041^a
Day 1	1.56 ± 0.041^b	1.634 ± 0.032^{ab}	1.725 ± 0.026^a
Day 4	1.725 ± 0.026^b	1.752 ± 0.026^{ab}	1.823 ± 0.022^a
Day 7	1.937 ± 0.17^b	1.969 ± 0.015^{ab}	2.014 ± 0.017^a
Day 10	2.175 ± 0.011^b	2.111 ± 0.032^b	2.145 ± 0.013^a

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Table 12. Time dependent yeast and mould count changes in fish cakes (log cfu/g).

Days	Control* x±SH	Group 1* x±SH	Group 2* x±SH
Day 0	1.56±0.0416 ^b	1.634±0.032 ^{ab}	1.752±0.026 ^a
Day 1	1.969±0.015 ^b	2.014±0.013 ^{ab}	2.053±0.026 ^a
Day 4	2.185±0.009 ^b	2.212±0.018 ^b	2.328±0.025 ^a
Day 7	2.263±0.007 ^b	2.286±0.07 ^b	2.409±0.011 ^a
Day 10	2.437±0.005 ^c	2.472±0.004 ^b	2.548±0.010 ^a

*Different superscript letters in the same line indicate significant difference between means ($p < 0.05$).

Discussion

In this study the processability of tench was tried to be determined. For this purpose some physicochemical and microbiological analysis were conducted to detect quality criteria. Generally, results obtained in this study were in accordance with the similar studies as indicated below.

The panelists reported that; they felt the smell of fish cakes more than fish and they received a pleasant taste due to the effect of spices. These results are in accordance with those reported by Ünlüsayın et al. (2002) in which similar results were obtained from fish cakes.

With the effect of spices and additives used in fish cake production, decrease in water and protein ratios and increase in fat, inorganic and carbohydrate ratios in fish cakes contrast to ground fish were observed. Results were in agreement with Avcı (1996), who studied physical and chemical changes in trout fish cake and salad during cold storage. In addition, in a study about fish cakes obtained from carp meat conducted by Yanar and Fenercioğlu (1999), reported similar results.

The TBA results and the results of the fish cakes for day 0 were similar and the values of the control group were found to be lower. This is also an expected condition for raw material. Ünlüsayın et al. (2002) reported that the results of fish cakes obtained from zander and tench were $6.13 \pm 0.39 - 6.21 \pm 0.48$ for pH; $1.15 \pm 0.97 - 1.05 \pm 0.54$ for TBA and $0.08 \pm 1.23 - 10.93 \pm 1$ for TVB-N, orderly. The results obtained from the study show accordance with previous studies.

The products began to deteriorate on the 7th day of the study and exceeded the limit of consumption on the 10th day. It has been observed that TBA analysis findings in the study were in agreement with other studies (Yanar and Fenercioğlu 1999; Ünlüsayın et al. 2002). In a different study, TBA values ranged between 1.70-4.49 (mg MDA/kg) in the control group and 1.92-3.83 (mg MDA/kg) in the Sunset Yellow FCF supplemented group during storage. The reasons for lower TBA values include factors such as raw material and process differences, such as smoked garfish. (Kaba et al. 2012).

Quality classification of fish and fish products according to TVB-N values are stated as; TVB-N value up to 25 mg/100 g is “very good”, up to 30 mg / 100 g is “good”, up to 35 mg / 100 g is “marketable” and over 35 mg / 100 g is deteriorated. Beside this TVB - N consumable limit value is given as 32-36 mg / 100 g in freshwater fish (Çetinkaya 2017; Varlık et al. 2000). Tench fish cakes could be characterized as “very good” until the 7th day, “marketable” between 7 – 10 days and deteriorated after 10 days according to this classification.

In a study about the investigation of some quality parameters of fish cakes made from raw and boiled fish meat, the TVB-N values of the fishcakes made from raw anchovies increased in dependence on the storage period and exceeded the limit value with the values of 39.33 mg / 100 g on the 18th day of the first trial and 36.03 mg / 100 g on the 15th day of the second trial (Akkuş et al. 2004). In a similar study, TVB-N value of fresh bonito was 10.6 ± 0.02 mg / 100g. This value was found to be 12.6 ± 0.00 mg/100g on the first day of storage in fishcakes obtained from smoked bonito, and 30.51 ± 0.09 at the end of 10 days storage period (Kaba et al. 2013). It was observed that the TVB-N results in the study were consistent with other shelf life of fishcakes determination studies.

pH values of fish cakes were firstly decreased depending on storage time and then increased. In a study conducted to determine the shelf life of marinated fishcakes, the pH value of the fishcake marinades stored in the cold was 4.19 at first, but then increased and then decreased depending on the storage time (Varlık et al. 2000).

In the study on the production of fishcakes from fillets of pike perch and tench, pH values of pike perch and tench fishcakes at $+4 \pm 1^\circ \text{C}$ were initially determined as 6.16 ± 0.02 and 6.93 ± 0.42 , respectively. decreased and then increased on the 14th day of the study were determined as 9.12 ± 0.88 and 6.78 ± 0.09 , respectively, during the study period, it decreased firstly and then increased to 9.12 ± 0.88 and 6.78 ± 0.09 on the 14th day of the study, respectively (Ünlüsayın et al. 2002).

In our study, changes in pH values of fishcakes during 10 days storage were found to be acceptable.

In general, fresh fish pH value is reported to be 6.0-6.5, consumability limit value is 6.8-7.0 (Gökoğlu and Varlık 1992; Akkuş et al. 2004). The pH values are also in line with the results of the study in which Öksüztepe et al. (2010) examined the effect of sodium lactate addition on fish cakes.

In the study on microbiological quality of fresh and processed atherina fish (*Atherina boyeri*, Risso 1810), the average total aerobic bacteria count and coliform bacteria count in fresh fish were reported as 2.2×10^1 cfu/g and 2.9×10^1 cfu/g, respectively. In the study on the production of fishcakes from fillet residues of pike perch and tench, total mesophilic aerobic bacterial values of pike perch and tench fishcakes were initially determined as 4.0×10^4 cfu/g and 4.2×10^4 cfu/g, respectively, then increased on the 14th day of the study and determined as 1.2×10^7 cfu/g and 1.4×10^7 cfu/g, respectively (Ünlüsayın et al. 2002).

In the study of the examination of some quality parameters of fishcakes made from raw and boiled fish meat, total mesophilic aerobic bacteria value of fishcakes made from raw anchovy increased depending on the storage time and the value in the first trial at the beginning of storage was found to be 4.8 ± 0.007 log cfu/g and in the second trial it was 4.6 ± 0.021 log cfu/g. On the 12th day of the storage, the value in the first trial was found to be 7.4 ± 0.014 log cfu/g and in the second trial it reached to 7.3 ± 0.002 log cfu/g and exceeded the limit value (Akkuş et al. 2004). In the study on the shelf life of anchovy fishcakes stored in cold, total mesophilic aerobic bacteria value increased by storage time and was determined as 4 log cfu/g (1.0×10^4 cfu/g) at the beginning of storage and reached 7.76 log cfu/g (5.8×10^7 cfu/g) value on the 10th day of storage (Turhan et al. 2001).

The total psychrophilic bacteria (TPA) all samples remained below the limit of 10^7 . In the study of the examination of some quality parameters of fishcakes made from raw and boiled fish meat, total psychrophilic bacterial load value of fishcakes made from raw anchovy increased depending on the storage time and in the first trial at the beginning of storage, it was found to be 4.0 ± 0.001 log cfu/g and in the second trial it was 4.5 ± 0.004 log cfu/g. On the 12th day of the storage, the value in the first trial was found to be 7.7 ± 0.002 log cfu/g and in the second trial it reached to 7.8 ± 0.014 log cfu/g and exceeded the limit value (Akkuş et al. 2004).

Bacterial content of coliform group, which is an indicator of the hygienic quality of the product, was determined below the limit value of 2.1×10^2 cfu/g given in all three sample types (Anonymous, 2002; Çolakoğlu et al., 2006). In the study on the shelf life of anchovy fishcakes stored in cold, bacterial value

of coliform group increased depending on storage time and it was determined as 1.3 log cfu/g (2.0×10^1 cfu/g) at the beginning of storage and reached 4.84 log cfu/g (6.9×10^4 cfu/g) on 10th day of storage (Turhan et al. 2001).

Yeasts and molds are not found in normal flora in fish. These microorganisms are generally of soil origin and are known to be contaminated with water at the time of hunting or the tools and materials used after hunting (Gökten 1990; Patır and Duman 2006). It is thought that the yeast and mold detected in the products may be contaminated from the environment during processing or from the refrigerator where the storage is made.

The freshwater of Turkey has a large population in terms of tench (*T. tinca*). These fish are usually consumed as fresh in the regions where they are fishing, while some of them are filleted in the processing plants and put on the market. Due to the fact that both having less knowledge about the tench and having low demand for frozen fish, the fish is sold at a very low price and consumed in a small amount. In this study to increase fish consumption and offer different products to the consumers, the products obtained have been highly appreciated and a different taste has been revealed.

The results of the microbiological analysis obtained in this study are in accordance with the literature. According to the results of microbiological analysis, the fishcakes obtained in the study exceeded the limit values after the 10th day. It is estimated that the microbiological analysis results of the group 2 fishcakes were high and these values were statistically significant ($p < 0.05$) due to the high microbial load of the ginger used at the beginning.

As a result, the fish cakes obtained from the tench fish were maintained the edible property until the 10th day and then spoiled according to the results of chemical and microbiological analysis. Fish cakes could be stored in aluminum packaging for 10 days under refrigerator conditions at 4 ± 1 °C, but the first 7 days of storage is classified as good quality class for the products. In addition, in the light of the findings obtained, a new product variety and consumer taste is presented with a different flavor, and the shelf life of the fish cake obtained from the tench has also been determined.

References

- Akkuş Ö, Varlık C, Erkan N, Mol S. 2004. Determination of some quality parameters of fishballs prepared from raw and boiled fish. Turk J Vet Anim Sci. 28(1):79-85.
- Anonymous, 1974a. Et ve et mamulleri rutubet miktar tayini, TS 1743, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonymous, 1974b. Et ve et mamulleri kül tayini, TS 1746, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- Anonymous, 1983. Gıda maddeleri muayene ve analiz yöntemleri kitabı. Yay. No: 65, Özel Yayın No: 62-105. Ankara: T.C.T.O.K.B. Gıda İşleri Genel Müd. 796 s.
- Anonymous, 1993. Gıda sanayinde mikrobiyoloji ve uygulamaları, Yay. No: 124. Kocaeli: TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Gıda ve Soğutma Teknolojisi 216s.
- Anonymous, 2002. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Su Ürünleri Yönetmeliği, 14.11.2002 Tarih ve 24936 Sayılı Resmi Gazete
- Antonacopoulos N, Vyncke W. 1989. Determination of volatile basic nitrogen in fish: A third collaborative study by the West European Fish Technologists Association (WEFTA). Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung. 189:309-316.
- Avcı İ. 1996. Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) köfte ve salatasının soğukta depolanmasındaki fiziksel ve kimyasal değişimlerinin incelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi. 64 s.
- Avlijaš S, Ricciardi A, Mandrak NE. 2018. Eurasian tench (*Tinca tinca*): the next Great Lakes invader. Can J Fish Aquat Sci. 75(2):169-179.
doi: 10.1139/cjfas-2017-0171
- Balıkçı E, Akın G, Yavuzer E. 2018. Effects of some plant and spice extracts on the quality of fish balls in gastronomy. Journal of Tourism and Gastronomy Studies 6/Special issue 3:197-210.
doi: 10.21325/jotags.2018.248
- Çetinkaya S. 2017. The marinade technology and impact of marination on quality properties of aquatic products. LimnoFish. 3(2):117-128. doi: 10.17216/limnofish.321883
- Çolakoğlu FA, Ova G, Köseoğlu B. 2006. Taze ve işlenmiş Gümüş Balığının (*Atherina boyeri* Risso, 1810) mikrobiyolojik kalitesi. EgeJFAS. 23(1/3):393-395
- Damarlı E, Varlık C, Pala M. 1992. Hazır yemek teknolojisinde su ürünlerinin yeri. Su ürün. Avl. ve İşi. Tek. Seminer Tebliği. İstanbul: İstanbul-Beyoğlu Rotary Kulübü 140 s.
- Dikel S, Çelik M. 1998. Aşağı Seyhan Havzası'nda yakalanan tatlı su Çipurası'nın (*Tilapia ssp.*) yenilebilir ve yenilemez bölümlerinin ağırlık oranları ile bazı besin öğelerinin belirlenmesi. Türk Vet. ve Hayvancılık Dergisi. 22(6):517-520.
- Duman M, Dartay M. 2007. Changes in meat yield and chemical composition of Mirror carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) filets after hot-smoked. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları. 186-190.
- Duman M, Özpolat E. 2012. Chemical and sensory quality changes of different formulated Inegöl fish balls, made from *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) during froze storage. Gıda 37(1):25-31.
- Er B. 2010. Ton balığı konservelerinde katı faz ekstraksiyon ve HPLC metodu ile bisfenol-a varlığının incelenmesi [Doktora Tezi]. Ankara Üniversitesi. 88 s.
- Gökoğlu N, Varlık C. 1992. Balıklarda rigor- mortis ve kalite üzerine etkisi. Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Seminer Tebliği. İstanbul Beyoğlu Rotary Kulübü Yayınları, No 14:98-102.
- Gökten D. 1990. Gıdaların mikrobiyal ekolojisi, Cilt 1. Et Mikrobiyolojisi. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi 292 s.
- Hamalosmanoğlu M, Kuru M. 2004. Karyotype analyses of the Tench (*Tinca tinca* L., 1758) living in Lake Mogan (Ankara). Turk J Vet Anim Sci. 28(1):143-147.
- Haq M, Dutta PL, Sultana N, Rahman Md.A. 2013. Production and quality assessment of fish burger from the grass carp, *Ctenopharyngodon idella* (Cuvier and Valenciennes, 1844). Journal of Fisheries 1(1):42-47.
- İnal T. 1992. Besin hijyeni. Hayvansal gıdaların sağlık kontrolü. Genişletilmiş 2. Baskı. İstanbul: Final Ofset 783 s.
- Kaba N, Özer Ö, Çorapçı B. 2012. The determination of some quality parameters of smoked gar fish meat balls. Journal of Fisheries Sciences.com. 6(4):357-367.
- Kaba N, Çorapçı B, Yücel Ş, Özer Ö, Eryaşar K. 2013. Sensory, chemical and microbiological properties of smoked Bonito ball (*Sarda sarda*, Bloch 1793). Akademik Gıda 11(2):45-50.
- Keskin H. 1975. Gıda Kimyası, İstanbul Üniv. Yayını Sayı: 1980, Kimya Fak., No:21, İstanbul, 1046 s.
- Kocatepe D, Taşkaya G, Kaya Y, Turan H, Erkoyuncu İ. 2011. Farklı balıkçı tezgâhlarının mikrobiyolojik yönden incelenmesi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 4(2):73-77.
- Öksüztepe G, Çoban ÖE, Güran HŞ. 2010. The effect of addition of sodium lactate in fish balls made from fresh rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). Kafkas Üniv Vet Fak Derg. 16 (Suppl-A):65-72.
- Özpolat E, Çoban ÖE. 2012. The effect of different storage temperatures on the chemical qualities of fishballs prepared from *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) and *Capoeta umbla*, (Heckel, 1843). Ege J Fish Aqua Sci. 29(3):127-131.
doi: 10.12714/egejfas.2012.29.3.04
- Patır B, Duman M. 2006. Tütsülenmiş Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L.) filetolarının muhafazası sırasında oluşan fiziko-kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerin belirlenmesi. F.Ü Fen ve Müh Bil Derg. 18(2):189-195.
- Refai MK. 1979. Manual of food quality control: No 4. microbiology analysis. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 144 s.
- Secci G, Parisi G, Meneguz M, Iaconisi V, Cornale P, Macchi E, Gasco L, Gai F. 2018. Effects of a carbon monoxide stunning method on rigor mortis development, fillet quality and oxidative stability of tench (*Tinca tinca*). Aquaculture. 498:233-239.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.05.002
- TSE 2002. Türk Standartları enstitüsü. Et ve Et Ürünleri pH Ölçülmesi, TS 3136, Ankara: TSE Yayınları
- Turhan S, Evren M, Yazıcı M. 2001. Soğukta muhafaza edilen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) köftelerinin raf ömrü. E.Ü. Su Ürün Derg. 18(3-4):391-398.
- Ünlüsayın M, Bilgin Ş, İzci L, Gülyavuz H. 2002. Sudak (*Sander lucioperca* L. Kottelat, 1997) ve Kadife Tınca tinca L. 1758) balığı fileto artıklarından köfte yapımı ve raf ömrünün belirlenmesi.

- SDÜ Fen Bil Enst Derg. 6(3):25-34.
- Varlık C, Erkan N, Metin S, Baygar T, Özden Ö. 2000. Marine balık köftesinin raf ömrünün belirlenmesi. Turk J Vet Anim Sci. 24:593-597.
- Varlık C, Uğur M, Gökoğlu N, Gün H. 1993. Su ürünlerinde kalite kontrol ilke ve yöntemleri. Yayını No: 17. İstanbul: Gıda Teknolojisi Derneği 174 s.
- Yanar YH, Fenercioğlu H. 1999. The utilization of carp (*Cyprinus carpio*) flesh as fish ball (in Turkish). Turk J Vet Anim Sci. 23:361-365.



Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya, 1992'nin Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Funda DİNDAŞ¹ , Yılmaz EMRE^{1*} 

¹Akdeniz Üniversitesi Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 07058, Konyaaltı, Antalya

Ö Z

Araştırma, 2016-2017 yıllarında mevsimsel olarak Antalya ili Döşemealtı ilçesi sınırları içinde doğan Kırkgöz Kaynaklarında yaşayan ve endemik bir tür olan *Pseudophoxinus antalyae* Bogutskaya, 1992 (Çiçek balığı)'nda ağır metal düzeylerini belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Kırkgöz Kaynağı Döşemealtı'dan Lara'ya kadar 30 km'nin üzerindeki bir akış güzergâhını yerleşim yerleri ve en önemlisi Antalya Organize Sanayii Bölgesi Arıtma Suyu Deşarjını alarak Akdeniz'e dökülmektedir. Bu nedenle söz konusu yerleşim yerleri ve özellikle arıtma deşarj suyunun sebep olduğu muhtemel metal kirliliğini tespit etmek için anılan türde mevsimsel olarak Kırkgöz Kaynağı, Kepez Yükleme Göleti (OSB arıtma suyunun deşarjı alan istasyon) ve Çırnık Köprüsü istasyonlarından balık örneklemeleri yapılmıştır. Balıkların kas dokularında Kadmiyum (Cd) 1,48- 4,24 µg/g, Kobalt (Co) 0,73- 3,12 µg/g, Krom (Cr) 0,90- 8,14 µg/g, Bakır (Cu) 1,21- 4,22 µg/g, Mangan (Mn) 3,94- 32,39 µg/g, Nikel (Ni) 0,24- 0,78 µg/g, Kurşun (Pb) 20,03-58,15 µg/g ve Çinko (Zn) 223,07- 464,39 µg/g minimum- maksimum düzeyleri saptanmıştır. Buna göre: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeyleri genel anlamda TKG, DSÖ, AB, EPA ve FAO kriterlerinin üzerinde belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kırkgöz Kaynağı, kas dokusu, metal birikimi, *Pseudophoxinus antalyae*

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 26.03.2020
Düzeltilme : 29.05.2020
Kabul : 05.06.2020
Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.709801

* SORUMLU YAZAR

yilmazemre@akdeniz.edu.tr
Tel : +90 533 776 14 67

Investigation of Some Heavy Metal Levels in Muscle Tissue of *Pseudophoxinus antalyae* BOGUTSKAYA, 1992 (Flower Fish) Inhabiting Between Kırkgöz Springs and Çırnık Bridge

Abstract: The study was carried out to determine the heavy metal of *Pseudophoxinus antalyae* Bogutskaya, 1992, (Flower fish) which is an endemic fish species living in Kırkgöz springs. Kırkgöz springs were born within the boundaries of Döşemealtı district of Antalya province seasonally in the years of 2016-2017. Kırkgöz springs, which carry runoff from urban and Antalya Organized Industrial Zone Water Treatment Discharge runoff falls, flows for approximately 30 km from Döşemealtı to Lara which flowing to the Mediterranean Sea. For this reason, to determine the possible metal pollution caused by the urban runoff and especially the water treatment discharge, fish were sampled seasonally from the Kırkgöz Springs, the Kepez Loading Pool (the station which receiving discharge of OIZ treatment water), and Çırnık Bridge stations. The minimum-maximum values of some heavy metals were determined in the muscle tissues of the fish: Kadmiyum (Cd) 1.48 - 4.24 µg /g, Cobalt (Co) 0.73 - 3.12 µg/g, Chromium (Cr) 0.90 - 8.14 µg /g, Copper (Cu) 1.21 - 4.22 µg/g, Manganese (Mn) 3.94- 32.39 µg/g, Nickel (Ni) 0.24 - 0.78 µg/g, Lead (Pb) 20.03-58.15 µg /g and Zinc (Zn) 223.07- 464.39 µg/ g. Accordingly: Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, and Zn levels were generally determined above the criteria of TFC, WHO, EC, EPA, and FAO.

Keywords: Kırkgöz Springs, muscle tissue, metal loading, *Pseudophoxinus antalyae*

Alıntılama

Dındaş F, Emre Y. 2020. Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya, 1992'nin Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. LimnoFish. 6(3): 261-269. doi: 10.17216/LimnoFish.709801

Giriş

Hızlı nüfus artışı, sanayinin gelişmesi, kentleşme sonucunda ortaya çıkan altyapı eksikliği, artan tarım ve hayvancılık faaliyetleri ile evsel ve endüstriyel

atık sularda artış ile plansız yapılan çalışmalar çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Çevre kirliliğinin sonucunda alıcı ortam olan göl, gölet ve akarsuların su kalitesinin ve doğal dengesinin bozulmasına neden

olmaktadır (Oruçoğlu ve Beyhan 2019). Alıcı ortamlar için başlıca kirleticiler organik ve inorganik maddeler, tozlar, mikroorganizmalar, deterjanlar, pestisitler, ağır metaller, askıda katı maddeler, radyoaktivite, yağlar, petrol ürünleri ve benzerleridir (Ellis vd. 1989).

Bu kirleticiler arasında yer alan ve balık vücudunda birikimi sonucunda tehlike oluşturan maddelerden biri de ağır metallerdir. Ağır metaller; pil yapımı, elektrik-elektronik sanayi, kimyasal çalışmalar, kuyumculuk, otomotiv sanayi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Kullanılan bu ağır metal atıklarının çevreye kontrolsüz bir şekilde bırakılması, özellikle suya karışması sonucunda suda, sedimentte ve balık vücudunda birikimleri görülür. Ağır metaller balık vücudunda stres etkeni olarak rol oynar. Pek çok stres etkeni, balıklarda “Genel Adaptasyon Sendromu” olarak adlandırılan stres yanıtlamalarına sebep olabilir. Ağır metaller sucul canlılarda hücresel ve moleküler düzeyde yapısal işlev bozukluklarına ve DNA kırılma frekanslarında artışa sebep olmaktadır (Kalay ve Karataş 1999; Levesque vd. 2002).

Balıklarda ağır metaller vücuda solunum veya sindirim yolu ile geçerler. İdrar onların vücuttan atılımını sağlayan en yaygın yoldur. Bağırsak mukozasından sindirim alanlarındaki boşluklara doğrudan salgılanırlar. Birçok metal normal hücre aktivitesi için gereklidir (Hughes 1996). Bununla birlikte Cu, Zn gibi ağır metaller belirli limitlerin üzerinde, Pb ve Cd ise çok düşük düzeylerde bile vücuda alındığında farklı sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Yazkan vd. 2002).

Bütün metallerin (Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, Se, Ni, Ti) yer alması için kirliliğin aşırı derecede olması gerekir. Elzem ve elzem olmayan ağır

metallerin konsantrasyonları vücutta enzimler yardımıyla düzenlenebilmektedir. Ancak bu düzenlemenin yapılamadığı bazı türlerde oldukça yüksek metal seviyelerine rastlanılmaktadır (Bryan 1976).

Bu çalışmada, Antalya Organize Sanayi Bölgesi ve Cırnık Köprüsü arasında yaşayan, Kırkgöz kaynağından başlayarak denize dökülünceye kadar olan bölgede, Antalya çevresi için endemik olan çiçek balığının, *Pseudophoxinus antalyae* (Bogutskaya, 1992) (Cyprinidae) ağır metal yönünden incelenmesi amaçlanmıştır. Tür için benzer bir çalışmanın yapılmamış olması; hem anılan türün neslinin korunması, hem de tüketiminde olası olumsuz bazı sonuçların saptanması ile birlikte özellikle arıtma tesisi atık suları ile diğer etmenlerin metal kirliliği yansımalarının ne düzeyde olduğunun bir canlı indikatör üzerinden gösterilmesi bakımından çalışma önem arz etmektedir.

Materyal ve Metot

P. antalyae bireyleri (Şekil 1) 4 mevsim boyunca ve aşağıda detaylı olarak açıklanan her istasyondan balık kafesleri kullanılarak yakalanmıştır. Kafesler gece yarısı yemli olarak suya bırakılmış ve sabah 9:00-10:00 civarında sudan çıkarılmıştır. Her mevsimde toplam 30 adet olacak şekilde her istasyondan farklı boy gruplarından 10 adet birey seçilmiş ve toplam 120 adet bireyin analizi gerçekleştirilmiştir. Yakalanan balıkların bulunduğu lokasyonlardan ilki su çıkışının olduğu Kırkgöz mevkii, ikincisi Antalya Organize Sanayi atıklarının döküldüğü yer olan Kepez I HES yükleme göleti çıkış bölgesi ve üçüncüsü Cırnık Köprüsü olarak belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya 1992 (Orijinal) ve avlanmada kullanılan kafes.

Figure 1. *Pseudophoxinus antalyae*, Bogutskaya 1992 (Original), and the cage used for hunting.



Şekil 2. Örnek alınan istasyonlar (1. Kırkgöz, 2. Kepez I HES ve 3. Cırnık Köprüsü).

Figure 2. Sampled stations (1. Kırkgöz, 2. Kepez I HEPP and 3. Cırnık Bridge).

Bu çalışmada metallerin depolandığı hedef doku ve balığın en yenilebilir kısmı olduğu için balıkların kas dokusu (dorsal kas) kullanılmıştır. Yakalanan farklı boy ve ağırlıktaki balıkların incelemeye hazır hale getirilmesi için 600 mg/L karanfil yağı kullanılmıştır. Balıkların boy ve ağırlıkları ölçüldükten sonra balıkların kas dokusundan örnek alınmıştır. Bu örnekler porselen bıçaklı bir mikser kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen balık örneklerinden yakma işlemi için 0,5 gram yakma tüplerine alınarak üzerlerine 8 ml konsantre Nitrik asit (%65' lik) ve 2 ml Hidrojen Peroksit (%35) ilave edilip, mikrodalga fırında yakma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yakma işlemi tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktararak toplam hacimleri deiyonize su ile 15 ml'ye tamamlanmış ve metal analizine hazır hale getirilmiştir. Metal analizleri Varian 720-ES model ICP-OES cihazı kullanılarak yapılmıştır. Balıklarda; *Cd*, *Co*, *Cu*, *Cr*, *Mn*, *Ni*, *Pb* ve *Zn* düzeyleri tayin edilmiştir (ASTM 1985).

Kas dokusundaki ağır metallerin konsantrasyonları arasında alansal ve mevsimsel farklılıkların olup olmadığı iki yönlü varyans (Two-Way ANOVA) analizi kullanılarak %5 olasılık düzeyinde ($p < 0,05$) incelenmiştir. Analizden önce, tüm verilerin normal dağılım ve varyans homojenliği gösterip- göstermediği sırasıyla Shapiro-Wilk normallik testi ve Levene testi kullanılarak değerlendirilmiştir. ANOVA varsayımlarını karşılamak üzere tüm veri seti $\log_{10}(x + 1)$ ' a dönüştürülmüştür. İstatistiksel analizler SPSS Statistics 23 programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bulgular

Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar mevsimlerinde sırasıyla Kırkgöz, Kepez ve Cırnık istasyonlarından yakalanan çiçek balığının kas doku örneklemelerinden temin edilen ağır metal düzeylerine ait sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Öte yandan, bu düzeylerdeki alansal ve mevsimsel değişimler ise Şekil 3'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Mevsimsel örnekleme alanında çiçek balığında *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Mn*, *Ni*, *Pb* ve *Zn* düzeyleri ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık).

Table 1. Levels of *Cd*, *Co*, *Cr*, *Cu*, *Mn*, *Ni*, *Pb* and *Zn* levels ($\mu\text{g} / \text{g}$ wet weight) in flower fish in seasonal sampling area.

İstasyon	Mevsim	<i>Cd</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Co</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Cr</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Cu</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Mn</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Ni</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Pb</i> ($\mu\text{g/g}$)	<i>Zn</i> ($\mu\text{g/g}$)
Kepez	İlkbahar	1,87	1,33	1,27	2,24	8,24	0,46	37,75	325,78
	Yaz	1,69	1,14	1,14	2,69	10,41	0,32	34,24	353,39
	Sonbahar	1,93	1,36	1,87	3,06	10,55	0,51	35,40	411,52
	Kış	1,59	1,14	1,29	3,34	7,20	0,34	33,82	377,23
	Ort.	1,77	1,24	1,39	2,83	9,10	0,41	35,31	366,98
Kırkgöz	İlkbahar	1,65	1,31	0,90	2,64	5,56	0,26	20,03	315,78
	Yaz	1,48	1,22	1,50	2,19	5,93	0,27	30,88	223,07
	Sonbahar	1,52	0,73	1,16	2,40	4,18	0,24	29,82	296,95
	Kış	1,61	1,29	1,04	1,21	3,94	0,26	25,25	298,34
	Ort.	1,56	1,14	1,15	2,11	4,90	0,26	26,50	283,54
Cırnık	İlkbahar	1,91	3,12	2,48	2,71	17,96	0,49	54,50	363,06
	Yaz	1,84	1,23	1,12	4,22	32,39	0,51	56,84	462,91
	Sonbahar	2,02	1,37	1,65	3,46	18,72	0,78	58,15	464,39
	Kış	4,24	1,91	8,14	4,21	17,55	0,71	46,94	414,60
	Ort.	2,50	1,91	3,35	3,65	21,66	0,62	54,11	426,24

Kadmiyum (Cd)

Çalışma süresince çiçek balığındaki Cd konsantrasyonu 4,24 µg/g (Çırnık, kış) ile 1,48 µg/g (Kırkgöz, yaz) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Çırnık istasyonunun ortalama Cd konsantrasyonu (2,50 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (1,77 µg/g Kepez; 1,56 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiş ve istasyonlar arasındaki fark anlamlı görülmüştür ($p<0,05$). Kış mevsimine ait ortalama Cd konsantrasyonunun (2,48 µg/g), ilkbahar, sonbahar ve yaz mevsimlerine göre daha yüksek olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Kobalt (Co)

Çalışma boyunca çiçek balığındaki Co konsantrasyonu 3,12 µg/g (Çırnık, ilkbahar) ile 0,73 µg/g (Kırkgöz, sonbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Dört mevsimin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları incelendiğinde, ortalama Co konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru bir artış göstermiştir. Çırnık istasyonunda ortalama Co konsantrasyonu (1,91 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (1,24 µg/g Kepez; 1,14 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kepez ile Kırkgöz istasyonları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık elde edilmemiştir ($p>0,05$). İlkbahar mevsimine ait ortalama Co konsantrasyonu (1,91 µg/g), sonbahar (1,15 µg/g) ve yaz (1,19 µg/g) mevsimlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Krom (Cr)

Cr konsantrasyonu 8,14 µg/g (Çırnık, kış) ile 0,90 µg/g (Kırkgöz, ilkbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Cr konsantrasyonunun istatistiksel olarak hem alansal ($p<0,05$) hem de mevsimsel farklılık gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek Cr değeri Çırnık istasyonunda (3,35 µg/g) en düşük ise Kırkgözler istasyonunda (1,15 µg/g) şeklinde ölçülmüştür. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri arasında bir farklılık olmamasına ($p>0,05$) rağmen, kış mevsiminin (3,49 µg/g) diğer tüm istasyonlardan yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bakır (Cu)

Cu konsantrasyonu 4,22 µg/g (Çırnık, yaz) ile 1,21 µg/g (Kırkgöz, kış) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Ortalama Cu konsantrasyonunun en yüksek Çırnık istasyonunda (3,65 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (2,10

µg/g) olduğu belirlenmiş ve istasyonlar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Cu konsantrasyonu bakımından mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Mangan (Mn)

Mn konsantrasyonu 32,39 µg/g (Çırnık, yaz) ile 3,94 µg/g (Kırkgöz, kış) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Her üç istasyonun Mn konsantrasyonları arasında önemli derecede farklılık bulunmuş olup, en yüksek Mn değeri Çırnık istasyonunda (21,65 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (4,89 µg/g) ölçülmüştür ($p<0,05$). Yaz mevsiminde Mn konsantrasyonunun (16,24 µg/g) diğer tüm mevsimlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Nikel (Ni)

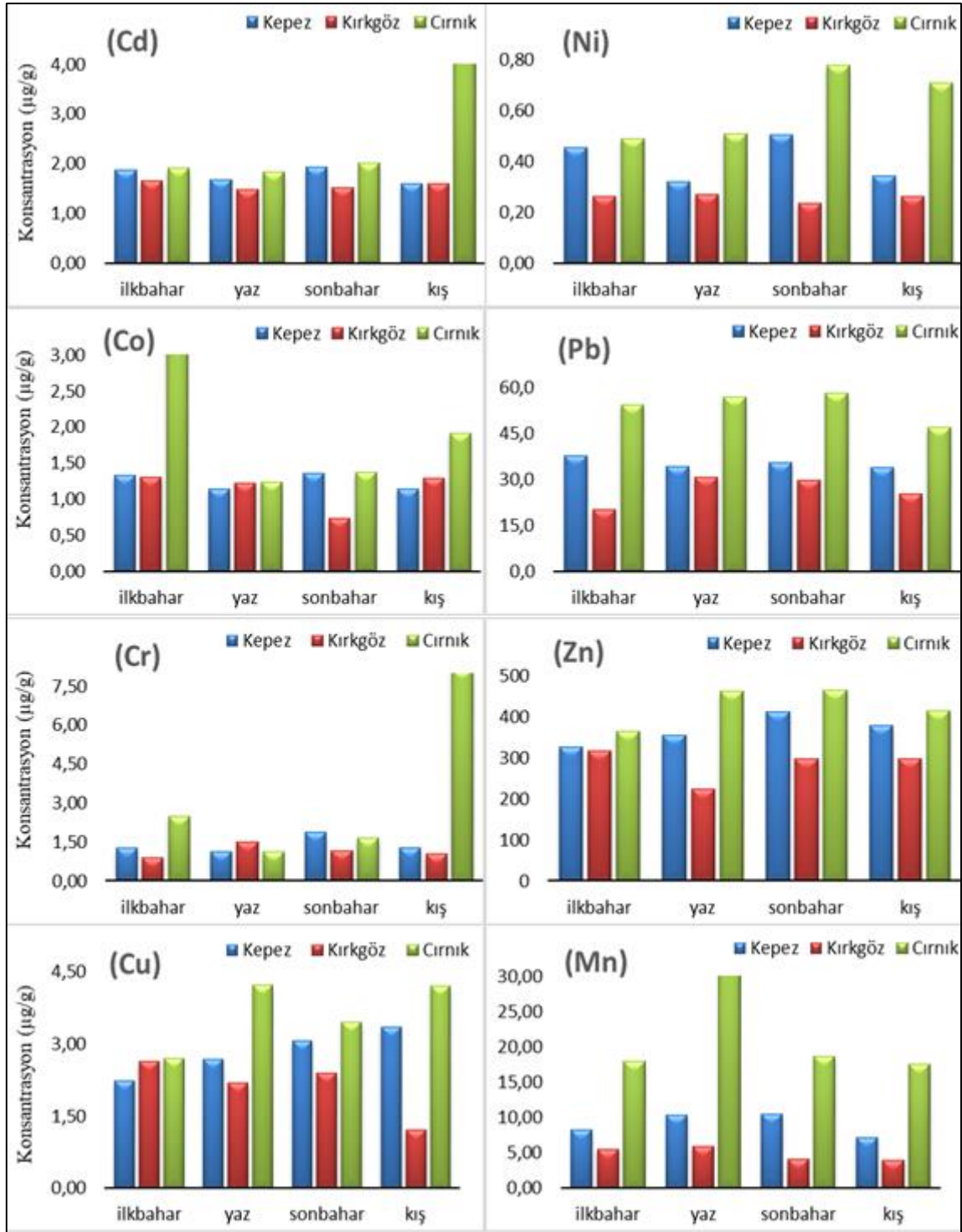
Ni konsantrasyonu 0,78 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 0,24 µg/g (Kırkgöz, sonbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Çırnık istasyonunda ortalama Ni konsantrasyonu (0,62 µg/g) diğer iki istasyona kıyasla (0,41 µg/g Kepez; 0,26 µg/g Kırkgöz) daha yüksek bir değerde olduğu belirlenmiş ve fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sonbahar mevsimine ait ortalama Ni konsantrasyonunun (0,51 µg/g), ilkbahar (0,40 µg/g) ve yaz (0,36 µg/g) mevsimlerinden farklı olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Kurşun (Pb)

Pb konsantrasyonu 58,15 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 20,03 µg/g (Kırkgöz, ilkbahar) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). Ortalama Pb konsantrasyonunun en yüksek Çırnık istasyonunda (54,10 µg/g) en düşük ise Kırkgöz istasyonunda (26,49 µg/g) olduğu belirlenmiş ve fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Pb konsantrasyonu bakımından mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Çinko (Zn)

Zn konsantrasyonu 464,39 µg/g (Çırnık, sonbahar) ile 223,07 µg/g (Kırkgöz, yaz) arasında değişim göstermiştir (Tablo 1). En yüksek Zn konsantrasyonu Çırnık istasyonunda (426,24 µg/g) en düşük ise Kırkgözler istasyonunda (283,53 µg/g) ölçülmüş ve fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sonbahar mevsimine ait ortalama Zn konsantrasyonunun (390,95 µg/g), ilkbahar (334,87 µg/g) ve yaz (346,45 µg/g) mevsimlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 3. Çiçek balığı kas dokusundaki ağır metal düzeylerinin alansal ve mevsimsel değişimleri.

Figure 3. Spatial and seasonal changes in heavy metal levels in the muscular tissue of fish flower.

Tartışma ve Sonuç

Araştırma süresince *P. antalyae* bireylerinin kas dokusunda belirlenen ağır metallerin ortalama konsantrasyonları değerlendirildiğinde; Kırkgöz İstasyonundan Çırnık İstasyonuna doğru bir artışın olduğu görülmüştür. Diğer yandan çalışmamızda hedeflenen kas dokusundaki kadmiyum (Cd) konsantrasyonu 4,24 µg/g (Çırnık-Kış) ile 1,48 µg/g (Kırkgöz-Yaz) arasında değişim göstermiştir. Canlı

vd. 1998 Seyhan nehrinden yakalanan *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* ve *Chondrostoma regium*' un kas dokularında sırasıyla ortalama 0,93, 1,07 ve 0,95 µg/g olarak bulmuşlardır. Buna karşın Göksu vd. 2003 bu kez Seyhan Baraj Gölündeki Aynalı Sazan (*C. carpio*) ve Sudak (*Sander lucioperca*) balıklarında yaptıkları çalışmada ise kas dokusundaki Cd düzeylerini Aynalı Sazan için 0,46 (µg/g yaş ağırlık), Sudak için ise, 0,49 (µg/g yaş ağırlık) olarak

saptamışlardır. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehir'i deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Cd* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölündeki *C. carpio*' da ortalama 0,51, *Silurus glanis*' de 0,18, Sudak (*S. lucioperca*)'da ise 0,6 şeklinde bulunmuş olup, diğer bazı balık türlerinde ise kadmiyum dedeksiyon sınırının altında tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada Meriç Nehir'indeki *C. carpio*' da 0,92, *S. glanis*' de 0,32 ve *S. lucioperca*' da ise 0,61 mg/kg şeklinde saptamışlardır. Yine Çetin vd. (2016), Altınyazı Baraj Gölündeki (Edirne) *C. carpio*' da ortalama 0,23, *Carassius carassius*' da 0,12, *Blicca bjoerkna*' da 0,29, *Perca fluviatilis*' de 0,25 ve *S. lucioperca*' da ise 0,31 µg/g olarak belirlemişlerdir. Buna göre kadmiyumun (*Cd*) kaslardaki birikimi mevsim koşullarına bakılmaksızın tüm bahsedilen bu çalışmalarda değerlendirilen balıklardaki birikim düzeylerinden yüksektir.

Diğer bir metal olan kobaltın (*Co*) kas dokusundaki birikimi ise, çalışma süresince 3,12 µg/g (Çırnık-İlkbahar) ile 0,73 µg/g (Kırkgöz-Sonbahar) arasında değişim göstermiştir. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehir'indeki *Capoeta trutta*'nın kas dokusunda minimum 0,001, maksimum 0,074 mg/kg; Kırıcı vd. (2013b) *Capoeta capoeta umbla*'nın için minimum 0,000 ve maksimum ise 0,335 düzeyinde saptamışlardır. Çağlak ve Karslı (2014), Beyşehir Gölündeki Sudak (*S. lucioperca*) balığının kas dokusunda *Co* düzeyini minimum 0,001, maksimum 0,074 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir.

Cr konsantrasyonu 8,14 µg/g (Çırnık-Kış) ile 0,90 µg/g (Kırkgöz-ilkbahar) arasında değişim göstermiştir. Çağlar (2010) Suğla Gölündeki *C. carpio* ve *Phoxinellus anatolicus*' un kas dokularındaki *Cr* düzeylerini ölçmüşlerdir. *P. anatolicus*' un kas dokusunda *Cr* düzeyi ölçüm sınırının altında bulunurken; *C. carpio*' da en fazla sonbaharda (0,07), en az ise yaz mevsiminde (0,03 µg/g olarak) ölçülmüştür. Teber (2013) Sıdıklı Küçükdoğan Baraj Gölünde avlanan Kadife balığı (*Tinca tinca*)'nın kas dokusundaki ortalama *Cr* konsantrasyonunu 0,564 µg/g düzeyinde belirlemiştir. Eroğlu vd. 2017 ise Keban Baraj Gölündeki Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus*)'nın kas dokusundaki *Cr* düzeyini en düşük 0,0046 mg/kg ve en yüksek olarak ise 0,0069 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir. Sökmen vd. (2018) Karasu Nehrindeki *Capoeta umbla*'nın kas dokularındaki *Cr* birikimini ortalama olarak 2,012 mg/kg düzeyinde saptamışlardır. Öte yandan Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) ise Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusunda 0,01-4,06 mg/kg olarak belirlemiş ve ilkbahar mevsiminde arttığını, buna karşın yaz mevsiminde azaldığını ifade etmişlerdir. Sonuçlardan görüldüğü üzere en

yüksek *Cr* düzeyi *P. antalyae* balıklarında saptanmıştır.

Öte yandan diğer önemli bir metal olan bakır (*Cu*) konsantrasyonu araştırmamızda örneklenen balıkta 4,22 µg/g (Çırnık-Yaz) ile 1,21 µg/g (Kırkgöz-Kış) arasında değişim göstermiştir. Akgün vd. (2007) Sakarya Nehri Çeltikçi Çayında yaşayan *Leuciscus cephalus*' un kas dokularında *Cu* konsantrasyonunu en düşük 1,524, en yüksek 38,530 mg/kg olarak saptamışlardır. Çağlar (2010) Suğla Gölü'ndeki *P. anatolicus* ve *C. carpio*' nun kas dokularındaki *Cu* düzeyini 0,51-0,83 ve 0,30-0,36 µg/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Yabanlı vd. (2013) ise Bafa Gölündeki levrek (*Dicentrarchus labrax*) balığının kas dokusunda *Cu* düzeyini 0,61 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Teber (2013) Sıdıklı Küçükboğaz Baraj Gölündeki Kadife Balığı'nın (*T. tinca*) kas dokusundaki *Cu* düzeyini ortalama olarak 0,0671 µg/g şeklinde saptamıştır. Öte yandan Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölündeki sazan (*C. carpio*) balığının kas dokusundaki *Cu* birikimini ortalama 14,21 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Düşükcen vd. (2014) Karakaya Baraj Gölünden yakalanan *Luciobarbus xanthopterus*'un kas dokusundaki *Cu* konsantrasyonunu 0,86 mg/kg şeklinde bulmuşlardır. Yine Çağlak ve Karslı (2014), Beyşehir Gölündeki Sudak (*S. lucioperca*) balığının kas dokusundaki *Cu* düzeyi 0,326 ile 0,552 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Sökmen vd. (2018) ise Karasu Nehri'indeki *C. umbla*'nın kas dokusundaki ortalama *Cu* düzeyini 0,711 mg/kg olarak saptamışlardır. *P. antalyae*'nın kas dokusundaki *Cu* düzeyi, Sakarya Nehri Çeltikçi Çayındaki *L. cephalus* ve Eğirdir Gölündeki *C. carpio* istisna edilirse, diğer çalışma sonuçlarından daha yüksek olduğu görülecektir.

Çalışmamızda ortalama *Mn* konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru önemli derecede bir artış göstermiştir. Çağlar (2010) Suğla Gölünde yaşayan *P. anatolicus*' da kas dokusundaki *Mn* birikimini 0,25 µg/g olarak en yüksek sonbaharda ölçmüştür. Buna karşın, *C. carpio*' da ise, yine sonbaharda en yüksek 0,23 µg/g olarak saptamıştır. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehrinden avlanan *C. trutta*'nın kas dokularında *Mn* düzeyini ortalama en düşük 0,028 Mayıs ayında, en yüksek ise Aralık ayında 0,449 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Teber (2013) Karasu Nehri'nde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Mn* düzeyini ortalama olarak 10,969 mg/kg şeklinde ölçmüştür. Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölü'ndeki sazan (*C. carpio*) balığının kas dokusundaki *Mn* düzeyini minimum 0,01, maksimum 3,23 ve ortalama olarak da 0,96 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Çağlak ve Karslı (2014) Beyşehir Gölü Sudak

(*S. lucioperca*) balığı kas dokusundaki *Mn* düzeyini 0,215-0,311 mg/kg olarak saptamışlardır. Tüm bunlara karşın Sökmen vd. (2018) Karasu Nehrinde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Mn* düzeyini ortalama olarak 10,969 mg/kg şeklinde ölçmüşlerdir. Görüleceği üzere; istasyon ve mevsimlere göre, genelde en yüksek konsantrasyon düzeyi çalışmamızda kayıt edilmiştir.

Aynı ilişki Nikel içinde görülmüştür. Yabanlı vd. (2013) Bafa Gölünden yakalanan Levrek (*D. labrax*) balığının kas dokusundaki *Ni* düzeyini 34,48 mg/kg olarak saptamışlardır. Kırıcı vd. (2013a) Murat Nehir'inde avlanan *C. trutta*'nın kas dokusundaki *Ni* düzeyini ortalama olarak 0,033-0,325 mg/kg arasında ölçmüşlerdir. Çağlak ve Karşı (2014) Beyşehir Gölünde yaşayan Sudak (*S. lucioperca*) balığı'nın kas dokusundaki *Ni* düzeyini 0,14-0,222 mg/kg olarak saptamışlardır. Kaptan ve Tekin-Ozan (2014) Eğirdir Gölü'nden avlanan *C. carpio*'nun kas dokusundaki *Ni* düzeyini 0,12-7,7 mg/kg (ortalama 1,47 mg/kg) şeklinde ölçmüşlerdir. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehri deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Ni* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölünde *C. carpio*'da 2,94, *S. glanis*'de 1,32, *Scardinius erythrophthalmus*'da 1,65, *Esox lucius*'da 2,2, *C. gibelio*'da 0,58, *P. fluviatilis*'de 2,29, *S. lucioperca*'da 1,82 ve *Squalius orpheus*'da ise 1,28 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Buna karşın Meriç Nehir'indeki türlerin kas dokusunda biriken *Ni* metalinin düzeyleri ise; *C. carpio*'da 1,72, *S. glanis*'de 1,76 ve *S. lucioperca*'da ise 2,08 düzeyinde tespit etmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölü'ndeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Ni* birikimini 0,36-1,78 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. *Ni* düzeyi kış mevsiminde artış, sonbaharda ise azalış göstermiştir. Yine Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'indeki *C. umbla*'nın kas dokusunda *Ni* birikim ortalamasını 2,89 mg/kg olarak ölçmüşlerdir. Bu verilere göre; çalışma materyalimizdeki *Ni* düzeyi genelde diğer çalışmalara göre düşük bulunmuştur.

Çalışmamızda dört mevsimin istasyonlara göre ortalama konsantrasyonları incelendiğinde, ortalama *Pb* konsantrasyonu Kırkgöz istasyonundan Çırnık istasyonuna doğru önemli derecede bir artış göstermiştir. Selvi ve Kaya (2013) Atikhisar Baraj Gölü'nden (Çanakkale) avlanan turna (*E. lucius*) balığının kas dokusunda *Pb* düzeyini 0,183 µg/g şeklinde ölçmüşlerdir. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehri Deltasında bulunan Gala Gölü'nde yaşayan balıkların kas dokusundaki *Pb* düzeylerini *C. carpio*'da ortalama 0,47, *S. glanis*'de 0,38, *S. erythrophthalmus*'da 0,47, *E. lucius*'da 0,52, *C. gibelio*'da 0,56, *P. fluviatilis*'de 0,55 ve *S.*

lucioperca'da ise 0,70 düzeyinde ölçmüşlerdir. Çetin vd. (2016) Altinyazı Baraj Gölü'ndeki *C. carpio*'nun kas dokusundaki *Pb* düzeyini 17,56, *C. carassius*'da 4,10, *B. bjoerkna*'da 4,34, *P. fluviatilis*'de 6,02, *S. lucioperca*'da ise 5,841 mg/kg şeklinde saptamışlardır. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Pb* düzeyini 0,01-1,70 mg/kg olarak belirlemişlerdir. Kış mevsiminde birikimde artış, sonbaharda ise düşüş olduğu saptamışlardır. Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'inde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Pb* düzeyini ortalama olarak 0,172 mg/kg düzeyinde belirlemişlerdir. Bu metal düzeyi de çalışmamız için kullanılan balıkta yüksek çıkmıştır.

Diğer yandan, Çinko (*Zn*) düzeyleri de diğer metallerde olduğu gibi, istasyonlar arasında benzer sonuçlar göstermiştir. Selvi ve Kaya (2013) Çanakkale Atikhisar Baraj Gölü'nde avlanan Turna Balığı (*E. lucius*)'nın kas dokularındaki *Zn* birikimini 39,227 µg/g olarak saptamışlardır. Tokatlı vd. (2016) Meriç Nehir'i deltasındaki bazı balıkların kas dokularındaki *Zn* düzeyini belirlemişlerdir. Buna göre Gala Gölünde *C. carpio*'da 37,61, *S. glanis*'de 23,07, *S. erythrophthalmus*'da 49,32, *E. lucius*'da 30,23, *C. gibelio*'da 88,1, *P. fluviatilis*'de 43,44, *S. lucioperca*'da 32,42 ve *S. orpheus*'da ise 37,41 mg/kg şeklinde belirlemişlerdir. Buna karşın Meriç Nehir'indeki türlerin kas dokusunda biriken *Zn* metalinin düzeyleri ise; *C. carpio*'da 45,73, *S. glanis*'de 25,71 ve *S. lucioperca*'da ise 25,51 düzeyinde tespit etmişlerdir. Güldiren ve Tekin-Ozan (2018) Seyhan Baraj Gölündeki *C. carpio* balığının kas dokusundaki *Zn* konsantrasyonunu 42,39-1129,36 mg/kg arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Yine Sökmen vd. (2018) Karasu Nehir'inde yaşayan *C. umbla*'nın kas dokusundaki *Zn* düzeyini ortalama olarak 24,07 mg/kg düzeyinde saptamışlar. Bu metal düzeyi de çalışmamızda oldukça yüksek bulunmuştur.

Cd ve *Cr* *P. antalyae*'nin kas dokusunda belirlenen düzeyler mevsimsel değerlere göre değişmekle beraber Türk Gıda Kodeksi, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Avrupa Birliği (EC) ve ABD Çevre Koruma Ajansının (EPA) belirlediği limitlerin üzerinde bulunmuştur (Tablo 2). *Cu* ise, Türk Gıda Kodeksi (TFC), Çevre Koruma Ajansı (EPA) ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)'nın belirlediği limitlerin altında kalmakla birlikte Dünya Sağlık Örgütü'nün belirlediği limitin üzerinde bazı istasyon ve mevsimlerde çıkmıştır (Tablo 2). Yine çalışılan *Mn*, *Pb* ve *Zn* metallerinin bulunan değerleri limitlerin üzerinde saptanmıştır (Nauen 1983; EPA 1989a; TFC 2002; EC 2005; Anonim 1989b).

Tablo 2. Çalışılan balık kasındaki metal düzeylerinin standartlar ile karşılaştırılması.
Table 2. Comparison of metal levels in the studied fish muscles with standards.

Referanslar	Ağır Metaller							
	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
<i>P. antalyae</i> (µg/g)	1,48-4,24	0,73-3,12	0,90-8,14	1,21-4,22	3,94-32,39	0,24-0,78	20,03-58,15	23,07-464,39
TFC (mg/kg)	0,05			20			0,3	50
EPA (mg/kg)	1,4		4,1	54			0,1	410
WHO (mg/kg)	0,18		0,15	3	1			100
FAO (mg/kg)	0,2			10				150
EC (mg/kg)	0,05-0,3						0,3	

Çok tüketilmemekle beraber, su akış güzergâhında sportif avcılıkla avlanan bu türün kas dokularındaki metal birikim değerleri yüksek bulunmuştur. Antalya Organize Sanayi Bölgesinin arıtma tesisi atık suyunun suya verilmesi, zirai faaliyetlerde kullanılan gübre ve pestisitlerin etkileri ile diğer antropolojik faktörler nedeniyle bu sonucun oluştuğu düşünülmektedir. Bu nedenle; anılan su kaynağının su, sediment ve canlılar yönünden daha detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu makale Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yapılan “ Kırkgöz Su Kaynakları ve Çırnık Köprüsü Arasında Yaşayan *Pseudophoxinus antalyae*, BOGUTSKAYA, 1992’nin Mevsimsel Vücut Besin Yapısı ile Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Dağılımı” başlıklı tezden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Akgün M, Gül A, Yılmaz M. 2007. Sakarya Nehri Çeltikçe Çayı’nda Yaşayan *Leuciscus cephalus* L., 1758 Dokularında Ağır Metal Birikimi. GÜ, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi. 27(2):179-189.
- Anonim 1989b. World Health Organization, Evaluation of Certain Food Additives and The Contaminants Mercury, Lead And Cadmium. WHO Tech. Report Series. No:505.
- ASTM 1985. Preparation of Biological Samples For Inorganic Chemical Analysis. Annual Book of ASTM Standards. 19:740-747.
- Bogutskaya NG. 1992. A Revision of Species of The Genus *Pseudophoxinus* (Leuciscinae, Cyprinidae) From Asia Minor. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum und Institut. 89:261-290.
- Bryan GW. 1976. Some Aspects of Heavy Metal Tolerance in Aquatic Organisms. In: Lockwood APM, editor. Effects of Pollutants on Aquatic Organisms. London: Cambridge University Press. p. 7-34.
- Canlı M, Ay Ö, Kalay M. 1998. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) in Tissue of *Cyprinus carpio*, *Barbus capito* and *Chondrostoma regium* from the Seyhan River. Turk J Zool. 22:149-157.
- Çağlak E, Karşlı B. 2014. Beyşehir Gölü’ndeki Sudak (*Stizostedion lucioperca*, Linnaeus 1758) Balığı Kasında Bazı Ağır Metallerin Birikiminin Araştırılması. J Agr Sci. 20:203-214.
doi: 10.1501/Tarimbil_0000001279
- Çağlar C. 2010. Suğla Gölünde Yaşayan (*Phoxinellus anatolicus* Hanks, 1924) ve *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758’n Karaciğer, Kas ve Solungaç Dokularında Ağır Metal Düzeyleri. [Master’s Thesis]. Selçuk University. 79 p. [in Turkish]
- Çetin E, Güher H, Gaygusuz ÇG. 2016. Altınyazı Baraj Gölü’nde (Edirne) Yaşayan Balık Türlerinde Ağır Metal Birikimlerinin İncelenmesi. Turkish Journal of Aquatic Sciences. 31(1):1-14.
doi: 10.18864/TJAS201601
- Düşükcü M, Eroğlu M, Canpolat Ö, Çoban MZ, Çalta M, Şen D. 2014. Distribution of Some Heavy Metals in Muscle Tissues of *Luciobarbus xanthopterus*. Turkish Journal of Science and Technology. 9(1):37-46.
- EC 2005. Commission Regulation (EC) No. 78/2005 of 19 January 2005 amending Regulation (EC) No. 466/2001 as regards heavy metals. Official Journal of the European Union. 16:43-45.
- Ellis KV, White G, AdnWam AE 1989. Surface water pollution and its control. Chippenham, Wiltshire: Antony Rome Ltd 373 p.
- EPA 1989a. Assessing Human Health Risks from Chemically Contaminated Fish and Shellfish: A Guidance Manual. Washington DC: US Environmental Protection Agency. Report No: EPA-503/8-89-002.
- Eroğlu M, Düşükcü M, Canpolat Ö, Çalta M, Şen D. 2017. Dikenli Yılan Balığı (*Mastacembelus mastacembelus* Banks & Solandor, 1794)’nın Kas Dokusunda Bazı Ağır Metal Miktarlarının Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veteriner Dergisi. 31(3):173-179.
- Göksu MZL, Çevik F, Fındık Ö, Sarıhan E. 2003. Seyhan Baraj Gölü’ndeki Ay-nalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)’larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 20(1-2):69-74.

- Güldiren O, Tekin-Ozan S. 2018. Seyhan Baraj Gölü (Adana) 'nde Yaşayan Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758)'ın Kas, Karaciğer ve Solungaçlarındaki Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9(2): 157-167.
doi: [10.29048/makufebd.411888](https://doi.org/10.29048/makufebd.411888)
- Hughes WW. 1996. Essentials of Environmental Toxicology, the effects of Environmentally Hazardous Substance on Human Health. In: Hughes WW, editor. Environmental Toxicants. Washington: Taylor and Francis Publication. p. 125-141
- Kalay M, Karataş S. 1999. Kadmiyumun *Tilapia nilotica*' da Kas, Beyin ve Kemik (Omurga Kemigi) Dokularındaki Birikimi. Turk J Zool. 23(supp3): 985-991.
- 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. Süleyman Demirel University Journal of Science (E-Journal). 9(2):44-60.
- Kırıcı M, Taysı MR, Bengü AŞ, İspir Ü. 2013a. Murat Nehri'nde Yakalanan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843)'nın Kas Dokusunda Bazı Metallerin Birikim Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 6(1):111-121.
- Kırıcı M, Taysı MR, Bengü AŞ, İspir Ü. 2013b. Murat Nehri'nden Yakalanan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)' da Bazı Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 3(1):85-90.
- Levesque HM, Moon TW, Campbell PCG, Hontela A. 2002. Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (*Perca flevescens*) Chronically Exposed to Metals in the Field. Aquat Toxicol. 60(3-4):257-267.
doi: [10.1016/S0166-445X\(02\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(02)00012-7)
- Nauen CE. 1983. Compilation of Legal Limits for Hazardous Substances in Fish and Fishery Products. Rome, Italy: FAO. Report No: 764.
- Oruçoğlu K, Beyhan M. 2019. Göller Bölgesi Göllerinde Ağır Metal Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research. 3(1):10-20.
doi: [10.30516/bilgesci.449984](https://doi.org/10.30516/bilgesci.449984)
- Selvi K, Kaya H. 2013. Çanakkale Atikhisar Barajı'ndan Yakalanan Turna Balığı (*Esox lucius* L., 1758) Dokularında Bazı Metallerin Belirlenmesi. Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi. 25(2):23-28.
- Sökmen T, 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.
doi: [10.30910/turkjans.471355](https://doi.org/10.30910/turkjans.471355)
- Teber Ç. 2013. Sıdıkl Küçük boğaz Baraj Gölü (Kırşehir)'nde Yaşayan Kadife Balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nda Ağır Metal Birikimi. [Master's Thesis]. Ahi Evran Üniversitesi. 89 p. [in Turkish]
- TFC 2002. Notifications About Determination of the Maximum Levels for Certain Contaminants in Foodstuffs of Turkish Food Codex (in Turkish). Ankara: Turkish Food Codex. Report No: 2002/63.
- Tokatlı C, Emiroğlu Ö, Çiçek A, Köse E, Başkurt S, Aksu S, Uğurluoğlu A, Şahin M, Başatlı Y. 2016. Meriç Nehri Deltası (Edirne) Balıklarında Toksik Metallerin Biyolojik Birikimlerinin Araştırılması. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi - C Yaşam Bilimleri ve Biyoteknoloji. 5 (1):1-11.
doi: [10.18036/btdc.32213](https://doi.org/10.18036/btdc.32213)
- Yabanlı M, Coşkun Y, Öz B, Yozukmaz A, Sel F, Öndeş S. 2013. Bafa Gölü'nden Elde Edilen Levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) ve Göl Suyunda Ağır Metal İçeriğinin Belirlenmesi ve Balık/Halk Sağlığı Açısından Durum Değerlendirmesi. Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi. 35(49):15-23.
- Yazkan M, Özdemir F, Gölükcü M. 2002. Cu, Zn, Pb and Cd Content in Some Fish Species Caught in the Gulf of Antalya. Turk J Vet Anim Sci. 26(6):1309-1313.



Balık Tüketimi ve Öğrencilerin Okul Başarısı Arasındaki İlişkiler

Nesrin EMRE ^{1*} 

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

Ö Z

Su ürünleri, hayvansal protein kaynağı olmakla beraber içerdiği zengin yağ, vitamin ve mineraller açısından önemli bir besin kaynağı olarak görülmektedir. Özellikle balığın önemli bir besin kaynağı olmasının yanı sıra, tüketiminin de akademik başarıya olan etkisi yapılan farklı çalışmalarla ortaya konulmuştur. Bu çalışmada, öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile okul başarıları arasındaki ilişki farklı değişkenlerle ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada betimsel tarama yöntemlerinden ilişkisel tarama deseni kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini Antalya İl Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı 2 ilköğretim ve 1 lise kurumundan sosyo-ekonomik düzeylerine göre rastgele seçilen 259 öğrenci oluşturmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen bir anket kullanılmıştır. Elde edilen verilerin analizinde frekans, yüzde ve korelasyon değerlendirmeleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda balık tüketimi ile akademik başarı arasındaki ilişki, öğrencilerin bağlı oldukları okul, cinsiyet, sosyo-ekonomik düzey ve balık tüketim sıklıkları açısından ele alınmış olup, ulaşılan sonuçların kuramsal açıdan desteklendiği ancak istatistiki açıdan desteklenmediği sonuçlarına varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Su ürünleri, balık tüketimi, akademik başarı

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 26.03.2020

Düzeltilme : 26.05.2020

Kabul : 22.06.2020

Yayın : 29.12.2020



DOI:10.17216/LimnoFish.709889

* SORUMLU YAZAR

nemre@akdeniz.edu.tr

Tel : +90 505 477 54 46

The Relationships between Fish Consumption and Academic Achievement

Abstract: Seafoods are seen as a vital nutritional source in terms of protein and mineral contained. Besides being an important nutritional source, fish consumption has been suggested by many scientific researches to have an important effect on academic achievement. The purpose of this study is to determine the correlation between fish consumption and academic achievement with regard to different variables. The correlational survey model was used as a research model in the study. The sample of the study consisted of 259 students selected by random sampling depending on their socio-economic status from primary and high school of Directorate of National Education in Antalya. A questionnaire developed by the researcher was used as a data collection tool. Data obtained was analyzed by the frequency, percentage, correlational analysis with the Chi-square test. As a result, the relationship between fish consumption and academic achievement was evaluated depending on the results obtained by school type, socio-economic status, and gender and fish consumption frequency of students. However, it was concluded that although the results were supported by theoretically they were not supported statistically.

Keywords: Seafood, fish consumption, academic achievement

Alıntılama

Emre N. 2020. Balık Tüketimi ve Öğrencilerin Okul Başarısı Arasındaki İlişkiler LimnoFish. 6(3): 270-275. doi: 10.17216/LimnoFish.709889

Giriş

Son 50 yılda balıkçılık ve balık yetiştiriciliği sektöründe önemli bir istihsal artışı olmuştur. Bugün 2016 verilerine göre, dünyada avcılık yolu ile balıkçılık faaliyetlerinden 90,9 milyon ton ve yetiştiricilik uygulamalarından ise 80,0 milyon ton olmak üzere toplam 170,9 milyon ton su ürünleri elde edilmiştir. Hâlbuki 1998 yılında avcılıktan 86,3, yetiştiricilikten 30,9 olmak üzere toplam 117,3 milyon ton üretim gerçekleşmiştir. Bu çerçevede 1998 yılında bu ürünlerden insan tüketimi için 93,3

milyon ton kullanılırken; 2016 yılında ise 151,2 milyon ton ürün kullanılmıştır. Dünya nüfusu 1998 yılında 5,9 milyar iken kişi başı balık tüketimi 15,8 kg, 2016 yılında ise toplam nüfus 7,4 milyar iken kişi başı tüketim 20,3 kg'a yükselmiştir (FAO 2000-2018). Öte yandan ülkemizde 2000 yılında balıkçılıktan 503,345 ton, yetiştiricilikten 79,031 ton olmak üzere toplamda 582,376 ton su ürünleri üretimi yapılmış ve kişi başına düşen balık tüketimi 8,0 kg olmuştur. Buna karşın 2018 yılında ise avcılıktan 314,094 ton, yetiştiricilikten 314,537

ton olmak üzere toplamda 628,631 ton istihsal elde edilmiş ve kişi başı tüketim 6,1 kg'a düşmüştür (Anonim 2020).

Yukarıdaki istatistiklere bakıldığında, dünya genelinde önemli üretim artışlarının olduğu ve nüfus artışına rağmen kişi başına düşen balık tüketiminin arttığı görülmektedir. Buna karşın ülkemizde, özellikle yetiştiricilikte önemli bir artışın olduğu, lakin avcılıkta bu artışın istenen düzeyde olmadığı görülmektedir. Ancak, Türkiye 8333 km. kıyı şeridi uzunluğu, 200 doğal ve 907 baraj gölü, 1293 gölet, 177,714 km akarsu uzunluğu ile toplam 26001,759 ha yüzey su alanına ve de 26 su havzasına sahip olmasından dolayı önemli bir potansiyele sahiptir (Anonim 2018). Bu nedenle özellikle yetiştiricilikte üretim miktarımızı arttırarak dünya tüketim ortalamalarını yakalamak mümkündür.

Balıkentinin önemli niteliklere sahip olduğu ve dengeli beslenme için vazgeçilmez bir gıda maddesi olduğu birçok çalışmada ifade ve tavsiye edilmiştir. Bünyelerinde bulundurdıkları çoklu doymamış yağ asitleri, temel aminoasitler, vitamin (A ve D) ve mineral maddeler bu gıda maddesine olan ilgiyi her gün daha ileri düzeye taşımaktadır. Zira içerdiği besin maddelerinden dolayı; annelerin doğum öncesi ve sonrası sağlığında, çocukların zihinsel ve bedensel gelişiminde önemli rol oynadığı gibi kanser, kalp-damar hastalık riskleri ile kötü kolesterolü azalttığı, eklem ve kas yangılarını hafiflettiği, şeker hastalarının diyetlerinde önemli olduğu ifade edilmektedir. Bu anlamda birçok sağlık sorununa koruyucu ve tedavi edici mahiyette faydasının olduğu belirtilmektedir (Khris-Etherton vd. 2000; Valverde vd. 2000; Lee ve Lip 2003; Undeland vd. 2004; Arıman ve Yandı 2006; Turan vd. 2006; Mol 2008; Fidanbaş vd. 2015).

Normalde 150-200 g porsiyonluk balık, yetişkin bir insanın günlük protein ihtiyacının en az % 50'sini karşılayabilmektedir. Öte yandan haftada en az iki kez balık tüketimi de tavsiye edilmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle muhafaza koşulları oldukça iyileşmiştir. Balık tüketim çeşitliliği artmıştır. Örneğin salamura, tuzlama füme teknikleri uygulanarak da balıklar tüketilebilmektedir

Bu çalışmada, önemli bir alternatif gıda maddesi olan su ürünlerinin hanelerdeki tüketiminin çocukların okul başarıları üzerine olan etkilerinin tespiti amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu çalışmanın materyalini, 2016-2017 eğitim öğretim yılı II. yarısında Antalya İl Milli Eğitim Müdürlüğüne bağlı okullarda öğrenimlerine devam eden sosyo-ekonomik düzeyi alt, orta ve üst seviye olarak tesadüfi örnekleme yöntemi ile ulaşılan 2 ilköğretim kurumu ve 1 lise oluşturmaktadır. Çalışma

grubu olarak toplamda 345 öğrenciye ulaşılmış olup, ölçme aracının istenilen nitelikte uygulanmaması sebebi ile 86 öğrencinin cevapları değerlendirmeye alınmamıştır. Geriye kalan 259 öğrencinin farklı sınıflardan rastgele olmak kaydıyla 105'i erkek (%40), 154'ü ise kız (%60) öğrencilerden oluşmaktadır.

Bu çalışmada veri toplama aracı olarak hazırlanan ölçme aracı iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda katılımcıların bağlı oldukları okul, sınıf, cinsiyet, sosyo-ekonomik düzey ve genel başarı durumlarından oluşan demografik bilgilere yer verilmiştir. İkinci kısımda ise 17 maddeden oluşan ve araştırmacı tarafından geliştirilen öğrencilerin balık tüketimi ile okul başarıları arasındaki ilişkinin belirlenmeye çalışıldığı Balık Tüketim Anketi (BTA) uygulanmıştır.

Su ürünlerinin hanelerdeki tüketiminin çocukların okul başarılarına olan etkisinin belirlenmesi amacıyla aşağıda verilen alt problemlere cevap aranmıştır:

- 1- Öğrencilerin balık tüketim sıklığına ilişkin frekans dağılımları nasıldır?
- 2- Öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile cinsiyetleri arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
- 3- Öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile okul başarıları arasında anlamlı bir ilişki var mıdır?
- 4-İlköğretim ve lise düzeyindeki öğrencilerin balık tüketim sıklığı arasında anlamlı bir fark var mıdır?
- 5- Farklı gelir düzeyine sahip ailelerden gelen öğrencilerin balık tüketim sıklıkları arasında anlamlı bir fark var mıdır?

Veri Analizi

Öğrencilerin balık tüketimi ile okul başarıları arasındaki ilişkinin saptanmaya çalışıldığı bu çalışmada ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modeli, iki veya daha fazla değişken arasındaki değişimin varlığını ve derecesini belirlemek olarak ifade edilmektedir (Karasar 2015). Bu tip bir araştırma modelinin kullanıldığı çalışmalar, iki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkileri belirlemek ve neden-sonuç ile ilgili ipuçları elde etmek amacıyla yapılmaktadır (Creswell 2012).

Uygulanan ölçme aracından elde edilen veriler SPSS 21 istatistiksel analiz paket programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel çalışmalarda pek çok analizin uygulanabilmesi için verilerin normal veya normale yakın bir dağılım göstermesi gerekmektedir. Çalışmada elde edilen verilerin normale yakın bir dağılım göstermediği saptanmıştır. Değişkenler için frekans değerleri, aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri bulunmuştur. Araştırmada elde edilen verilerden, öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile genel okul

başarıları arasındaki ilişkinin incelenmesinde basit korelasyon analizi kullanılmıştır. Değişkenler arasında fark olup olmadığı $p=0,05$ normal dağılım göstermeyen biri sınıflamalı, diğeri sıralamalı olan iki değişken arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığını test etmek için (Büyüköztürk 2014) non-parametrik testlerden Ki-kare testi kullanılmıştır. Ki-kare testi, gözlenen frekanslar ile beklenen frekanslar arasındaki farkın istatistik olarak anlamlı olup olmadığı temeline dayanır. Bu test ile elde edilen veriler sonucunda iki değişken arasında korelasyon benzeri ama non-parametrik bir ilişkinin olduğu söylenir.

Bulgular

Bu çalışmada öğrencilerle yapılan anket sonrası elde edilen verilerin analiz edilmesi ile aşağıdaki

bulgulara ulaşılmıştır.

Öğrencilerin Balık Tüketim Sıklığına İlişkin Bulgular

Öğrencilerin balık tüketimine ilişkin frekans dağılımları nasıldır? sorusuna yönelik elde edilen veriler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde araştırmaya katılan öğrencilerin %13,9’unun hemen hemen hiç balık tüketmediği; %31,7’sinin haftada 1 kez; %7,7’sinin haftada 2 kez; %1,5’inin haftada 3 kez; %20,8’inin ayda 1 kez; %21,2’sinin ayda 2-3 kez; %3,1’inin ayda 4-5 kez balık tükettiği tespit edilmiştir.

Cinsiyet ve Balık Tüketimi Arasındaki İlişkiye İlişkin Bulgular

Öğrencilerin balık tüketim sıklığının cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediğine ilişkin ki-kare sonuçları Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 1. Öğrencilerin balık tüketim sıklığı.
Table 1. Frequency of students' fish consumption.

Ne sıklıkla	Frekans	% (Yüzde)
Hemen hemen hiç	36	14
Haftada 1 kez	82	32
Haftada 2-3 kez	24	9
Ayda 1 kez	54	21
Ayda 2-3 kez	63	24
Toplam	259	100

Tablo 2. Balık tüketim sıklığı ile cinsiyet arasındaki ilişkinin ki-kare sonuçları.

Table 2. Chi-square results of the relationship between fish consumption frequency and gender.

		Kadın	Erkek	Toplam
Hemen hemen hiç	N	16	20	36
	%	44,4	56,6	100,0
Haftada 1 kez	N	52	30	82
	%	63,4	36,6	100,0
Haftada 2-3 kez	N	13	11	24
	%	54	46	100,0
Ayda 1 kez	N	34	20	54
	%	62,9	37,1	100,0
Ayda 2-3 kez	N	39	24	63
	%	62	38	100,0
Toplam	N	154	105	259
	%	59,4	40,6	100,0

$X^2= 4,60$, $sd=6$, $p=0,59$

Tablo 2 incelendiğinde öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile cinsiyetleri arasında ortaya çıkan farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur, x^2 ($sd=6$, $n=259$)= 4,60, ($p>0,05$). Başka bir anlatımla öğrencilerin cinsiyeti ile balık tüketim sıklıkları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Balık Tüketim Sıklığı ile Okul Başarısı Arasındaki İlişkiye Yönelik Bulgular

Öğrencilerin balık tüketim sıklığı ile okul başarıları arasından anlamlı bir ilişki var mıdır? Alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 3.’te sunulmuştur.

Tablo 3'ün incelenmesinden öğrencilerin başarı durumları (öğrencilerin sınıf içerisindeki tüm dersleri barındıran ortalama akademik puanları) ile balık tüketim sıklığı arasında düşük düzeyde, negatif ve anlamlı bir ilişki olmadığı görülmektedir, $r = -.076$, ($p>0,05$). Buna göre balık tüketim sıklığı ile okul başarısı arasında her ne kadar kuramsal açıdan desteklense de istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki olmadığı belirtilebilir.

Balık Tüketim Sıklığı ve Okul Düzeyi Arasındaki İlişkiye Yönelik Bulgular

İlköğretim ve lise düzeyindeki öğrencilerin balık tüketim sıklığı arasında anlamlı bir fark var mıdır? Alt problemine ilişkin elde edilen bulgular Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4 incelendiğinde öğrencilerin okul düzeyi ile balık tüketim sıklığı arasında ortaya çıkan farkın anlamlı olmadığı bulunmuştur,

χ^2 ($sd=6$, $n=259$) = 2,43, ($p>0,05$). Başka bir anlatımla öğrencilerin okul düzeyi ile balık tüketim sıklıkları arasında anlamlı bir ilişki yoktur.

Balık Tüketim Sıklığı ve Gelir Düzeyi Arasındaki İlişkiye Yönelik Bulgular

Farklı gelir düzeyine sahip ailelerden gelen öğrencilerin balık tüketim sıklıkları arasında anlamlı bir fark var mıdır? Alt problemine ilişkin elde edilen ki-kare sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur.

Tablo 5'ten elde edilen analiz sonuçları, çalışmaya katılan farklı gelir düzeyine sahip ailelerden gelen öğrencilerin puanlarının balık tüketim sıklığına göre istatistiksel açıdan anlamlı bir farka sahip olmadığı görülmektedir, χ^2 ($sd=30$, $n=258$) = 29,8, ($p>0,05$). Bu bulgu aylık gelir miktarının balık tüketim sıklığını artırma veya azaltmada herhangi bir katkısının olmadığını göstermektedir.

Tablo 3. Balık tüketimi ve akademik başarı arasındaki ilişki.

Table 3. Relationship between fish consumption and academic achievement.

Korelasyon		Başarı durumu	Balık tüketimi
Başarı durumu	Pearson Korelasyon	1	-.076
	P		.225
	N	259	259

Tablo 4. Okul düzeyine göre öğrencilerin balık tüketim sıklığı ki- kare testi sonuçları.

Table 4. Results of chi-square test for fish consumption frequency of students according to school level.

		İlkokul	Ortaokul	Lise	Toplam
Hemen hemen hiç	N	12	16	8	36
	%	33,3	44,4	22,2	100,0
Haftada 1 kez	N	31	32	19	82
	%	38,9	39	23,1	100,0
Haftada 2-3 kez	N	9	10	5	24
	%	37,5	41,5	21	100,0
Ayda 1 kez	N	27	22	5	54
	%	50	40,7	9,3	100,0
Ayda 2-3 kez	N	23	32	8	63
	%	36,5	51	12,5	100,0
Toplam	N	102	112	45	259
	%	39,4	43,2	17,4	100,0

$\chi^2 = 2,43$, $sd=6$ ($p=0,87$)

Tablo 5. Gelir düzeyinin balık tüketim sıklığına ilişkin ki-kare testi sonucu.

Table 5. Chi-square test result for the frequency of fish consumption by income level.

		Alt seviye	Orta seviye	Üst Seviye	Toplam
Hemen hemen hiç	N	26	8	2	36
	%	72,3	22,2	5,5	100,0
Haftada 1 kez	N	40	20	22	82
	%	49,8	24,4	26,8	100,0
Haftada 2-3 kez	N	1	11	12	24
	%	4	45	51	100,0
Ayda 1 kez	N	30	10	14	54
	%	55,5	18,5	26	100,0
Ayda 2-3 kez	N	5	37	20	62
	%	8	59,5	32,5	100,0
Toplam	N	102	86	70	258
	%	39,6	33,3	27,1	100,0

$\chi^2 = 29,81$, $sd=30$ ($p=0,47$)

Tartışma ve Sonuç

Balık tüketiminin öğrencilerin akademik başarısını olumlu yönde etkilediğini gösteren çalışmalar dikkate alındığında Aberg vd. (2009), Kim vd. (2010), De Groot vd. (2012) tarafından da belirtildiği gibi haftada birden fazla balık tüketen öğrencilerin özellikle zeka ve sözel performanslarının daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada balık tüketimi ile öğrencilerin okul başarısı arasındaki ilişkiye ve bu ilişkiyi etkileyen farklı değişkenler üzerine odaklanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve tespit edilen ilişkiler aşağıda açıklanmıştır.

Öğrencilerden elde edilen veriler neticesinde çalışma grubunun %31,7'sinin haftada 1 kez, %21,2'sinin ise ayda 2-3 kez balık tükettiği sonucuna varılmıştır. Çalışma grubundaki öğrencilerin balık tüketim sıklığı her ne kadar arzu edilen seviyede olmasa da akademik başarılarının iyi düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla buradan hareketle, elde edilen verilerin kuramsal bilgiyi desteklemediği ve ortaya konulan çalışmaların bulguları ile çeliştiği söylenebilir.

Balık tüketim sıklığı ile cinsiyet arasındaki ilişkiye bakıldığında düşük düzeyde ve negatif yönlü bir ilişki olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlar çerçevesinde her iki grubun da balık tüketimini birbirlerine yakın oranlarla tercih ettiği ve dolayısıyla cinsiyet faktörünün balık tüketimi hususunda etkisi olmadığı sonucuna varılmıştır.

Elde edilen sonuçlar okul türüne göre değerlendirildiğinde erken yaşlara daha yakın olan ilköğretim öğrencilerinin lise öğrencilerine kıyasla daha çok balık tükettiği ve bu hususta okul türüne göre aralarında anlamlı bir ilişki olduğu söylenebilir. Balık tüketiminin özellikle çocuklarda düşük düzeyde bilişsel, davranışsal ve sosyal açıdan etkileri olduğu göz önünde bulundurulursa (Duttaroy 2009) ilköğretim seviyesindeki öğrencilerde balık tüketiminin lise öğrencilerine kıyasla daha çok olduğu görülmektedir. Ancak elde edilen başarı seviyelerine bakıldığında ortaya çıkan fark istatistiksel açıdan her ne kadar anlamlı olarak görülse de, bu farkın istenilen düzeyde olmadığı söylenebilir.

Gelir düzeyinin balık tüketim sıklığı ile ilişkisine bakıldığında, sosyo-ekonomik düzeyi yüksek olan ailelerden gelen öğrenciler ile sosyo-ekonomik düzeyi düşük olan ailelerden gelen öğrencilerin balık tüketim sıklığı ve okul başarıları arasında anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, sosyo-ekonomik düzeyi düşük konumda olmasına rağmen, bu seviyedeki ailelerin çocuklarının gelişimine ve beslenmesine önem verdikleri söylenebilir. Elde edilen bu bulgu Adıgüzel vd. (2009) tarafından yapılan ve ailelerin balık tüketim

durumunu inceleyen çalışmanın sonuçları ile benzerlik taşımaktadır.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler neticesinde literatüre katkı sağlayacağı düşünülen aşağıdaki öneriler getirilmiştir:

1- Balık tüketimi ve okul başarısı arasındaki ilişkiyi betimsel olarak ortaya koyan bu tür çalışmaların yanı sıra daha derinlemesine bilgi sunma imkânı olan deneysel çalışmalar yapılabilir.

2- Erken çocukluk döneminde balık tüketiminin gelişim ve sağlık üzerine olumlu etkileri göz önünde bulundurulduğunda, ailelerin bu konudaki farkındalıklarını arttıracak seminerler düzenlenebilir.

3- Balık tüketim durumu farklı bölgeler bazında ele alınarak; tüketilen ve tüketilmeyen bölgeler arasındaki çocukların gelişim özellikleri ve okul başarıları kıyaslanabilir.

Ülkemizin sahip olduğu potansiyel nedeni ile alternatif bir gıda maddesi olan su ürünlerinin daha özenli ve nitelikli ölçümlerle tanıtım gereksinimlerinin belirlenmesi konusunda bu tür çalışmaların daha detaylı olarak yapılması ve periyodik değerlendirmelerden geçmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aberg MA, Aberg N, Brisman J, Sundberg R, Winkvist A, Torén K. 2009. Fish intake of Swedish male adolescents is a predictor of cognitive performance. *Acta Paediatr.* 98(3):555-560.
doi: 10.1111/j.1651-2227.2008.01103.x
- Adıgüzel F, Civelek O, Sayılı M, Büyükbay EO. 2009. Tokat ili Almus ilçesinde ailelerin balık tüketim durumu. *JAFAG.* 26(2): 35-43.
- Anonim 2018. Su ve DSİ, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (1954-2018), 2.Bölüm: Toprak ve Su Kaynakları. s. 31-50.
- Anonim 2020. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Ürünleri İstatistikleri, [Erişim tarihi: 26.05.2020]. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Menu/32/Bilgi-Dokumanlari>
- Arıman KH, Yandı İ. 2006. Su ürünlerindeki omega-3 yağ asitlerinin önemi ve sağlık üzerine etkisi. *EgeJFAS.* 23(1/3): 339-342.
- Büyükoztürk Ş. 2014. Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı (24. Baskı). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık 210 s.
- Creswell JW. 2012. Educationa research: planning, conducting, and evaluating quantitative and qualitative research (4th Editions). Boston: Pearson Education 649 p.
- De Groot RHM, Ouwehand C, Jolles J. 2012. Eating the right amount of fish: inverted U shape association between fish consumption and cognitive performance and academic achievement in Dutch adolescents. *Prostag Leukotr Ess.* 86(3):113-117.
doi: 10.1016/j.plefa.2012.01.002

- Duttaroy AK. 2009. Transport of fatty acids across the human placenta: A review. *Prog Lipid Res.* 48(1):52–61.
[doi: 10.1016/j.plipres.2008.11.001](https://doi.org/10.1016/j.plipres.2008.11.001)
- FAO 2000. Food and Agriculture Organization. [Erişim tarihi: 22 Şub 2015]. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/3/a-x8002-e.pdf>
- FAO 2018. Food and Agriculture Organization. [Erişim tarihi: 22 Şub 2015]. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
- Fidanbaş ZUC, Bilgin Ş, Ertan ÖO. 2015. Bazı deniz balıklarının aminoasit - yağ asiti içerikleri ve beslenme açısından önemi. *SDU-JEFF.* 11(2):45-59.
[doi: 10.22392/egirdir.246329](https://doi.org/10.22392/egirdir.246329)
- Karasar N. 2015. Bilimsel araştırma yöntemi kavramlar, ilkeler, teknikler (28. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım 310 s.
- Khris-Etherton PM, Taylor DS, Yu-Poth S. 2000. Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. *Am J Clin Nutr.* 71(1):179-188.
[doi: 10.1093/ajcn/71.1.179S](https://doi.org/10.1093/ajcn/71.1.179S)
- Kim JL, Winkvist A, Aberg MA, Aberg N, Sundberg R, Torén K, Brisman J. 2010. Fish consumption and school grades in Swedish adolescents: a study of the large general population. *Acta Paediatr.* 99(1):72-77.
[doi:10.1111/j.1651-2227.2009.01545.x](https://doi.org/10.1111/j.1651-2227.2009.01545.x)
- Lee KW, Lip GYH. 2003. The role of omega-3 fatty acids in the secondary prevention of cardiovascular disease. *QJM.* 96(7):465-480.
[doi: 10.1093/qjmed/hcg092](https://doi.org/10.1093/qjmed/hcg092)
- Mol S. 2008. Balık yağı tüketimi ve insan sağlığı üzerine etkileri. *J Fishscicom.* 2(4):601-607.
[doi: 10.3153/jfscicom.2008023](https://doi.org/10.3153/jfscicom.2008023)
- Turan H, Kaya Y, Sönmez G. 2006. Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *EgeJFAS.* 23(1/3): 505-508.
- Undeland I, Ellegard L, Sandberg AS. 2004. Fish and cardiovascular health. *Scandinavian Journal of Food & Nutrition.* 48(3):119-130.
[doi: 10.1080/11026480410000427](https://doi.org/10.1080/11026480410000427)
- Valverde IM, Periago MJ, Santaella M. 2000. The content and nutritional significance of minerals on fish flesh in the presence and absence of bone. *Food Chem.* 71(4): 503-509.
[doi: 10.1016/S0308-8146\(00\)00197-7](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00197-7)