

DÜSTAD  
JOGHENS

2018



DÜSTAD  
Dünya Sağlık ve  
Tabiat Bilimleri  
Dergisi

JOGHENS  
Journal of Global  
Health & Natural  
Science

ISSN: 2687-637X

Yıl: 2023 Cilt: 6 Sayı: 1



**DÜSTAD**  
**Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi**  
**JOGHENS**  
**Journal of Global Health & Natural Science**



ISSN: 2687-637X

Yıl: 2023 Cilt: 6 Sayı: 1

**Dergi Yöneticisi ve Baş Editör:**

Doç. Dr. Arzu ÖNEL

**Editör Yardımcısı**

Doç. Dr. Mücahit EROĞLU

**Dil Editörü**

Dr. Öğrt. Üyesi ASİYE ULUĞ

**Teknik Editör**

Arş. Gör. Mükremin DURMUŞ

## ULUSLARARASI EDİTÖRLER KURULU

Adı	Ülke
Muzaffer ALKAN	Türkiye
Ebru KAFKAS	Türkiye
İnci KESİLMİŞ	Türkiye
Kakajan Janbekov	Türkmenistan
Rahimmammet KÜRENOV	Türkmenistan
Galib SAYILOV	Azerbaycan
Seyfeddin RZASOY	Azerbaycan
Zümrüd MANSİMOVA	Azerbaycan
Eldar HACIYEV NABİYEVIÇ	Dağıstan
Ali TOPÇUK	Almanya
Necat KEVSEROĞLU	Irak
Hüseyin BEYOĞLU	Irak
Bekezhan A. AKHAN	Kazakistan
Muhtar MIROV	Kazakistan
Roza Zh. KURMANKULOVA	Kazakistan
Anara A. KARAGULOVA	Kazakistan
Eshiev ASYLBEK	Kırgızistan
Selim BEZERAJ	Kosova
Moslem SARBAST	Macaristan
Abdulqodir TOSHQULOV	Özbekistan
Obidjon SOFİYEV	Özbekistan
Svetlana Petrovna ANZOROVA	Rusya
Redzeb Skrijelj	Sibirya
Radık GALİULLİN	Tataristan
Mehmet KARATAŞ	Türkiye

## MAKALELER

- 1 Ağır COVID-19 Hastalarında Serum IL-33 Düzeylerinin Pulmoner Fibrozis ile İlişkisinin Değerlendirilmesi

**Çiğdem Damla Deniz, Fatih Yücel, Hasan Şenay, Fatma Kaçar, Mehmet Sinan İyisoy, Nahide Baran, Betül Kozanhan, Mehmet Ali Eryılmaz, Mehmet Koç**

- 2 Kurkumin Etken Maddesinin Etkileri ve Kalite Kontrol Çalışmaları

**Aysu Günaydın, Zafer Ömer Özdemir**

- 3 Effect of Sulfamerazine on Oxidative Stress of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)

**Muhammet Enis Yonar, Seval Yılmaz, Naim Sağlam**

- 4 Kahramanmaraş İli'ndeki Gökkuşığı Alabalığı Yetiştiriciliği Yapılan İşletmelerde Çalışanların Sosyo-Demografik Özellikleri

**Yüstra Kara, Serap Saler**

- 5 Karasu Nehri (Türkiye) Zooplanktonu

**Serap Saler, Gökhan Karakaya**

## Ağır COVID-19 Hastalarında Serum IL-33 Düzeylerinin Pulmoner Fibrozis ile İlişkisinin Değerlendirilmesi

**Çiğdem Damla DENİZ<sup>1</sup>**  
**Fatih YÜCEL<sup>2</sup>**  
**Hasan ŞENAY<sup>3</sup>**  
**Fatma KAÇAR<sup>4</sup>**  
**Mehmet Sinan İYİSOY<sup>5</sup>**  
**Nahide BARAN<sup>6</sup>**  
**Betül KOZANHAN<sup>7</sup>**  
**Mehmet Ali ERYILMAZ<sup>8</sup>**  
**Mehmet KOÇ<sup>9</sup>**

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, COVID-19 tanısı alarak, takip edilen hastalarda, pulmoner fibrozis gelişiminde IL-33'ün prediktif değerini araştırmaktır. Çalışmamız Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Yoğun Bakım Ünitesinde takip edilmiş COVID-19 kesin tanı hastalar üzerinde yapılmıştır. IL-33 konsantrasyonlarını ölçmek için ELISA yöntemi kullanılmıştır. Hastaların, beyaz kan hücresi (WBC), hemoglobin değeri, trombosit (PLT) ve lenfosit (LNF) sayıları; D-dimer ve fibrinojen gibi koagülasyon ile ilişkili parametreleri; C-reaktif protein (CRP), albümin (Alb), ürik asit, ferritin (FER) ve arter kan gazlarından laktat ve pO<sub>2</sub> sonuçları çalışmaya dahil edilmiştir. Sitokin düzeyleri ile klinik, biyokimyasal, radyografik verilerin korelasyonları analiz edilmiştir. Şiddetli hastalığı olan COVID-19 hastalarında önemli ölçüde daha yüksek serum IL-33 konsantrasyonu olduğu bulunmuştur. IL-33'ün serum değerleri ile CRP, CRP/Alb oranı ve ürik asit arasında orta düzeyde pozitif korelasyon saptanmıştır. Subplevral bant varlığında IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek, FER ve PLT düzeylerinin anlamlı düzeyde düşük olduğu görülmüştür. Fibrotik şerit varlığında IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek; WBC, PLT ve PLT/LNF oranının anlamlı düzeyde düşük olduğu görülmüştür. ROC analizi sonuçlarına göre IL-33 için sensitivite %97, spesifite %86 ve AUC değeri 1,97 olarak bulunmuştur. IL-33, COVID-19'un bazı radyolojik ve laboratuvar parametreleriyle ilişkili ve COVID-19'da umut verici bir belirteç olarak belirlendiği için terapötik bir hedefi temsil

<sup>1</sup>Corresponding author, Doç. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, c.d.cetinkaya@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6052-4645

<sup>2</sup>Uzm. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, fyucel81@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-1947-5853

<sup>3</sup>Uzm. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, hasansenay@msn.com, ORCID: 0000-0001-9956-1788

<sup>4</sup>Uzm. Dr., Medova Hastanesi, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, Konya, Türkiye, drkacar42@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7013-6403

<sup>5</sup>Öğr. Gör. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri, Tıp Eğitimi ve Bilişimi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, siyisoy@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5895-9984

<sup>6</sup>Uzm. Dr., Cihanbeyli Devlet Hastanesi, Radyoloji, Konya, Türkiye, nahidetk@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6387-423X

<sup>7</sup>Doç. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, betulkozanhan@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5097-9291

<sup>8</sup>Prof. Dr., Konya Şehir Hastanesi, Genel Cerrahi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, mali\_eryilmaz@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-5280-3943

<sup>9</sup>Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Meram Tıp Fakültesi, Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, m\_koc42@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-1433-8403

edebilir.

**Anahtar kelimeler:** COVID-19, IL-33, akciğer fibrozisi, prognoz, ROC

## Evaluation of The Relationship Between Serum IL-33 Levels and Pulmonary Fibrosis in Severe COVID-19 Patients

**Abstract:** The aim of this study is to investigate the predictive value of IL-33 in the development of pulmonary fibrosis in patients diagnosed with COVID-19 and followed up. Our study was carried out on patients with a definitive diagnosis of COVID-19 who were followed up in the Intensive Care Unit of Konya Training and Research Hospital. ELISA method was used to measure IL-33 concentrations. White blood cell (WBC), hemoglobin value, platelet (PLT) and lymphocyte (LNF) counts of the patients; coagulation-related parameters such as D-dimer and fibrinogen; C-reactive protein (CRP), albumin (Alb), uric acid, ferritin (FER) and lactate and pO<sub>2</sub> results from arterial blood gases were included in the study. Correlations of cytokine levels with clinical, biochemical and radiographic data were analyzed. We found that COVID-19 patients with severe disease had a significantly higher serum IL-33 concentration. A moderate positive correlation was found between serum values of IL-33 and CRP, CRP/Alb ratio and uric acid. In the presence of subpleural band, IL-33 levels were found to be significantly higher, and FER and PLT levels were significantly lower. In the presence of fibrotic stripe, IL-33 levels were significantly higher; WBC, PLT and PLT/LNF ratios were found to be significantly lower. According to the results of the ROC analysis, the sensitivity for IL-33 was 97%, the specificity was 86%, and the AUC value was 1.97. IL-33 is associated with some radiological and laboratory parameters of COVID-19 and is a promising marker in COVID-19 and may also represent a therapeutic target.

**Keywords:** COVID-19, IL-33, lung fibrosis, prognosis, ROC

### GİRİŞ

Şiddetli akut solunum sendromu-koronavirüs 2 (SARS-CoV-2), Aralık 2019'da Çin'in Vuhan kentinde ortaya çıkmıştır (Zhou et al., 2020; Atalay et al., 2021). Koronavirüs hastalığı 2019 (Covid-19) olarak bilinen ateşli bir solunum yolu hastalığına neden olan bu virüs, son yirmi yılda insanları enfekte eden üçüncü zoonotik koronavirüstür (Paules et al., 2020).

Koronavirüslerin, akut respiratuar distres sendromu gelişimine katkıda bulunabilecek aşırı ve düzensiz konak immün yanıtını aktive ettiği gözlemlenmiştir (Channappanavar & Perlman, 2017; Li & Fan, 2020). ARDS ile komplike olan Covid-19 hastaları incelendiğinde, sitotoksik T hücrelerinin hiperaktivasyonu ve yüksek konsantrasyonlarda sitotoksik granüllerin oluşumu gözlemlenmiştir (Xu et al., 2020).

İnterlökin-33 (IL-33), interlökin-1 (IL-1) ailesinden yeni tespit edilmiş bir sitokindir. IL-33, endotel hücreleri, bronş hücreleri ve bağırsak epitel hücreleri dahil olmak üzere insan vücudundaki çeşitli dokularda eksprese edilir (Moussion et al., 2008). Reseptörü IL-1 reseptör ailesinden olan ST2 dir. IL-33; allerji ve otoimmünite, obezite, ateroskleroz, kardiyak fibrozis gibi bazı koşullarda koruyucu özellik gösterebileceği düşünülmektedir (Hasan et al., 2014; Miller et al., 2010). Tip 2 inflamatuvar hastalıklar da, örneğin şiddetli astım (Préfontaine et al., 2009) ve inflamatuvar bağırsak hastalığında (Beltrán et al., 2010) IL-33 ekspresyonu incelenmiştir. IL-33/ST2 sinyali, ventilatör kaynaklı akciğer hasarı dahil olmak üzere kronik obstrüktif akciğer hastalığı ve akciğer fibrozisi (Li et al., 2014; Xia et al., 2015; Yang et al., 2015) gibi çeşitli akciğer hastalığı tiplerinde rol oynar. Çalışmalar göstermiştir ki IL-33, ST2'ye bağlı organ doku fibrozunu akciğer (Li et al., 2014), pankreas (Nishida et al., 2010) ve karaciğer (Marvie et al., 2010)'i içeren bazı hayvan modellerinde teşvik etmektedir.

Pulmoner fibrozis (PF), normal dokunun tahribatı ve ekstrasellüler matriksin düzensiz birikimi ile karakterize, son dönem organ yetmezliği ile sonuçlanan kronik ve ilerleyici bir interstisyel akciğer hastalığıdır. PF'in, şimdiye kadar kanıtlanmış etkili bir tedavisi yoktur, ilerleyici seyir ve kötü prognozlu ciddi bir durumdur. Sitokin IL-33'ün, ventilatör kaynaklı akciğer hasarı ve pulmoner fibroziste yükseldiği bilinmektedir (Shieh et al., 2019).

COVID-19 hastalarının tanısı, tedaviyi yönlendirmesi ve hastalığın şiddetinin değerlendirilmesi açısından laboratuvar verileri oldukça önemlidir. Hastaların ayaktan tedavi, servise yatırılarak tedavi veya yoğun bakımda yatırılarak tedavisini yönlendirmesi ve böylece maliyeti azaltmaya yönelik katkıları da göz önüne alınmalıdır (Keleş & Bozkurt, 2021).

Bu çalışma ile Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesinde, COVID-19 tanısı alarak Anestezi ve Reanimasyon Yoğun Bakım Ünitesinde takip edilen klinik olarak kritik hastalarda, pulmoner fibrozis gelişiminde, IL-33'ün prediktif değerinin radyolojik bulgular vasıtasıyla değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

### *Çalışma Tasarımı ve Popülasyon*

Bu çalışma için Necmettin Erbakan Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik İnceleme Kurulu'ndan (onay no: 2020/2683) onay alınmıştır. Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Tıpta Uzmanlık Eğitim Kurulu (05.06.2020 tarih ve 39-04 sayı), çalışmanın hastanede yapılmasını ve maddi olarak desteklenmesini uygun bulmuştur. T.C. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü COVID-19 (SARS-CoV-2 Enfeksiyonu) Rehberi tanı kriterleri esas alınarak; sadece COVID-19 kesin vaka tanımına uyan yüksek akımlı oksijen tedavisi alan 30 hasta ve 28 sağlıklı gönüllü çalışmaya dahil edilmiştir. COVID-19 tanısıyla Mayıs 2020 ile Temmuz 2020 tarihleri arasında Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anestezi ve Reanimasyon Yoğun Bakım Ünitesinde takip edilen hastalardan ilk gelişte ve takibin 20. günde alınan kan numuneleri çalışma için kullanılmıştır. Dahil edilme kriterleri: 1) COVID-19 tanısı almış olmak, 2) 18 yaşından büyük olmak. Dışlama kriterleri 1) Hastalık tanısı için ters transkripsiyon polimeraz zincir reaksiyonu çalışılmamış olması, 2) hastanın ön tanısının değiştirilmesi ve COVID-19'un dışlanması, 3) laboratuvar verilerine ulaşılamaması, 4) hastaya ait radyolojik görüntü sonuçlarının olmaması. 5) kronik ek hastalık, malignite, otoimmün hastalık, alerji, 6) sigara kullanımı olarak belirlenmiştir. Rutin laboratuvar test sonuçları, radyolojik bulgular ile yaş ve cinsiyet gibi demografik verilere hastaların tıbbi kayıtlarından ulaşılmıştır.

### *Serum Biyobelirteçleri*

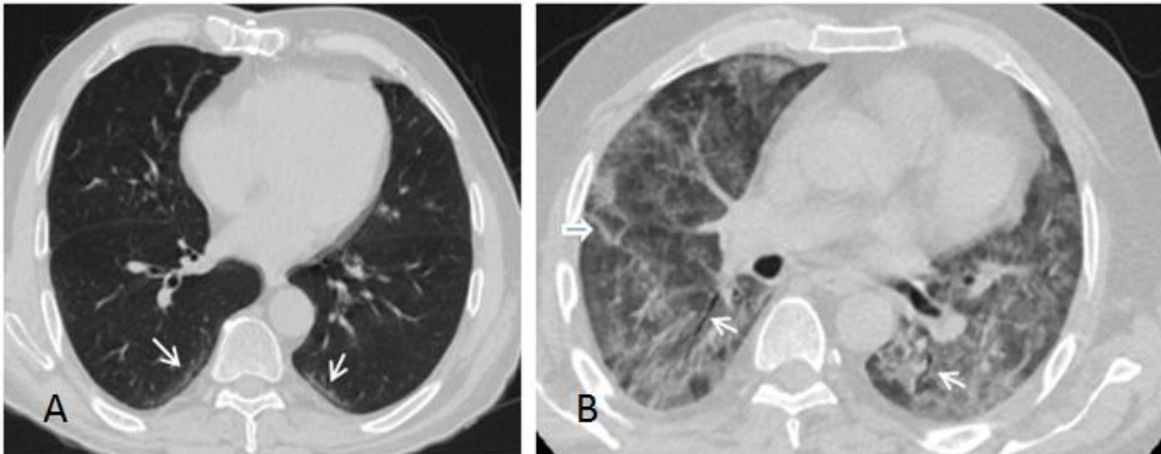
Venöz kan jelli serum ayrıştırma tüplerine, rutin için alınacak kanlardan arda kalan kanların 10 dakika boyunca 1500 x g'de santrifüjlenmesi ile elde edilmiş serum numuneleri çalışma için kullanılmıştır. Rutin biyokimyasal analiz, Konya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Merkez Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda beyaz kan hücresi (WBC)  $10^3/\text{mm}^3$ , hemoglobin (HB) değeri g/dL, trombosit (PLT)  $10^3/\text{mm}^3$  ve lenfosit (LYM)  $10^3/\text{mm}^3$  cinsinden SYSMEX XT2000 Hematoloji Analizöründe (Sysmex, Almanya) ölçülmüştür. D-dimer (mg/L), Siemens BCS XP (Siemens Inc., Marburg, Almanya)'de ölçüldü. Fibrinojen (mg/L) konsantrasyonları, tam otomatik koagülasyon cihazında değerlendirilmiştir. C-reaktif protein (CRP) mg/L cinsinden Siemens BN2 nefelometresinde Siemens marka kitler aracılığıyla nefelometrik yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Serum albümin (Alb) (g/L) Bromokresol yeşili yöntemiyle ve ürik asit (mg/L) düzeyi Beckman Coulter AU480 biyokimyasal analiz cihazı (Beckman Coulter, Inc., ABD)'nda ürikaz enzimatik tahlili kullanılarak Beckman Kitleri ile analiz edilmiştir. CRP/Alb oranı sistemik inflamasyon belirteci olarak hesaplanmıştır. Ferritin (FER)

(ng/mL) kemilüminesans yöntem kullanılarak bir Siemens immulite 2000 xPi immünoassay analizörü (Siemens Inc.) ile ölçülmüştür. Hastaların arter kan gazlarından Laktat ve pO<sub>2</sub> çalışmaya dahil edilmiştir.

Sitokin çalışması için ayrılan serum örnekleri IL-33 çalışmasının yapılacağı güne kadar -80°C'de eppendorf tüplerde saklanmıştır. IL-33 konsantrasyonlarını ölçmek için üreticinin (Elabscience Biotechnology Co., USA) talimatları izlenerek ticari olarak temin edilebilen enzim bağlı immünosorbent ölçüm (ELISA) kitleri kullanılmıştır. Bu kitin prensibi, sırasıyla yakalama ve tespit etme amaçları için yakalama antikorları ve biyotinitle edilmiş tespit antikorları kullanan sandviç ELISA bazlı tekniktir. Optik yoğunluk, spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.

### ***Radyolojik Değerlendirme***

Yoğun bakım hastaları kan numunelerinin elde edildiği tarihlerdeki akciğer tomografisi sonuçları ile radyolojik evreleme yapılmıştır. Radyografik özellikler 5 puanlık bir puanlama ölçeğine göre tanımlanmıştır (Yoon et al., 2020); 1-normal; 2-yamalı atelektazi ve/veya hiperinflasyon ve/veya bronşiyal duvar kalınlaşması; 3-fokal konsolidasyon; 4-çok odaklı konsolidasyon; ve 5-diffüz alveolar değişiklikler. COVID-19 hasta grubuna ait Akciğerin alt lobundaki fokal konsolidasyon ve fibrozis düşündürülen radyolojik bulguları içeren görüntüler Şekil 1 ve Şekil 2'de yer almaktadır.



**Şekil 1.** Fibrozisi düşündürülen bulgular. A; subplevral bantlar (ince oklar), B; fibrotik şeritler (kalın oklar) ve bronş distorsiyonu (ince oklar).



**Şekil 2.** Akciğerin alt lobundaki fokal konsolidasyon (ok).

### ***İstatistiksel Değerlendirme***



İstatistiksel Analiz Yazılımı, Jamovi project 2022 (The jamovi Project, n.d.) veri analizleri için kullanılmıştır. Wilcoxon rank sum testi, ANOVA ve bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır ve sonuçlar Median ve Çeyrekler açıklığı (IQR) olarak gösterilmiştir. Pearson's korelasyonu ile, değişkenler arasındaki olası ilişki değerlendirilmiştir. Korelasyonun gücü, negatif veya pozitif zayıf (-0,3 ila -0,1 veya 0,1 ila 0,3), orta (-0,5 ila -0,3 veya 0,3 ila 0,5) veya güçlü (-1,0 ila -0,5 veya 1,0 ila 0,5) olarak tanımlanmıştır. İstatistiksel anlamlılık  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir.

## BULGULAR

Bu çalışma COVID-19 tanılı 30 Yoğun Bakım Hastası ve 28 sağlıklı kontrol olmak üzere toplam 58 birey üzerinde yapılmıştır. Çalışma grubunu oluşturan tüm bireylerin yaşları 18 ile 75 arasındadır. Çalışmaya alınan hastaların 16'sı erkek, 14'ü kadın olmak üzere, ortalama yaş  $70 \pm 11,26$  idi.

Wilcoxon rank sum test kullanılarak kontrol grubu 0,9 (0,6, 1,3) ve yatarak 4,3 (3,4, 6,9) tedavi alan Covid-19 hastaları IL-33 düzeyleri kıyaslandığında, yoğun bakımda tedavi alan hastaların sitokin düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu görülmüştür ( $p < 0,001$ ). Oysaki taburcu olan ve vefat eden yoğun bakım hastaları laboratuvar parametreleri kıyaslandığında hiçbir parametre için anlamlı fark bulunamamıştır (Tablo 1). Yoğun bakım hastaları IL-33 düzeyleri incelendiğinde, ilk gelişte ( $6,71 \pm 7,90$ ) ve takibin 20. günde ( $6,49 \pm 7,48$ ) alınan kan numuneleri sitokin düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır ( $p = 0,885$ ).

Korelasyon analizi sonuçları incelendiğinde CRP, CRP/Alb oranı ve ürik asit düzeyleri ile IL-33 arasında orta düzeyde korelasyon olduğu görülmüştür (Pearson korelasyon katsayıları sırasıyla 0,400; 0,307 ve 0,304). Yaş ve IL-33 düzeyleri arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür.

Subplevral bant ile laboratuvar parametreleri kıyaslandığında; Subplevral bant varlığında IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek ( $p < 0,001$ ), FER ve PLT düzeylerinin anlamlı düzeyde düşük olduğu görülmüştür (sırasıyla;  $p = 0,035$  ve  $p = 0,042$ ) (Table 2).

Bronş distorsiyonu ile laboratuvar parametreleri kıyaslandığında; hiçbir laboratuvar parametresi ile istatistiksel olarak anlamlı düzeyde bir ilişki bulunamamıştır ( $p > 0,05$ ).

Fibrotik şeritler ile laboratuvar parametreleri kıyaslandığında; Fibrotik şerit varlığında IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek ( $p = 0,004$ ), WBC, PLT ve PLT/LNF oranının anlamlı düzeyde düşük olduğu görülmüştür (sırasıyla  $p = 0,077$ ,  $p = 0,002$  ve  $p = 0,026$ ) (Table 3).

ROC analizi sonuçlarına göre IL-33 için sensitivite %97, spesifisite %86 ve AUC değeri 1,97 olarak bulunmuştur (Şekil 3).

**Tablo 1.** Sağkalım durumuna göre yoğun bakım hastaları laboratuvar bulgularının kıyaslanması (sonuçlar median ve çeyrekler açıklığı (IQR) olarak ifade edilmiştir).

Parametreler	Durumu		P
	Taburcu (n=13)	Vefat (n=16)	
IL-33 (1)	4 (3, 7)	5 (4, 7)	0,6
IL-33 (2)	4,0 (1,7, 4,9)	4,7 (3,6, 6,7)	0,3
CRP	79 (62, 147)	133 (86, 179)	0,2
Albumin	27,78 (24,91, 30,50)	27,46 (26,94, 30,45)	0,8
D-dimer	2,1 (0,8, 4,4)	1,5 (1,1, 2,0)	0,7
Fibrinojen	679 (618, 718)	766 (641, 906)	0,3
Ferritin	733 (359, 1,170)	505 (383, 1,049)	0,9
WBC	8,9 (5,2, 9,7)	7,8 (7,2, 16,1)	0,4
Hb	12,70 (12,10, 13,90)	13,10 (11,80, 14,00)	0,9

<b>PLT</b>	196 (149, 278)	176 (123, 284)	0,9
<b>LNF</b>	1,01 (0,78, 1,49)	1,06 (0,74, 1,25)	0,7
<b>PCT</b>	0,23 (0,12, 0,39)	0,28 (0,21, 0,39)	0,8
<b>Ürik asit</b>	4,33 (3,79, 7,48)	5,78 (3,70, 7,47)	0,9
<b>P0<sup>2</sup></b>	38 (34, 56)	30 (27, 37)	0,069
<b>Laktat</b>	2,79 (2,39, 3,12)	2,60 (2,28, 2,92)	0,7
<b>CRP/ALB</b>	2,65 (2,23, 4,82)	4,49 (3,01, 6,72)	0,3
<b>PLT/LNF</b>	209 (171, 275)	222 (142, 324)	>0,9

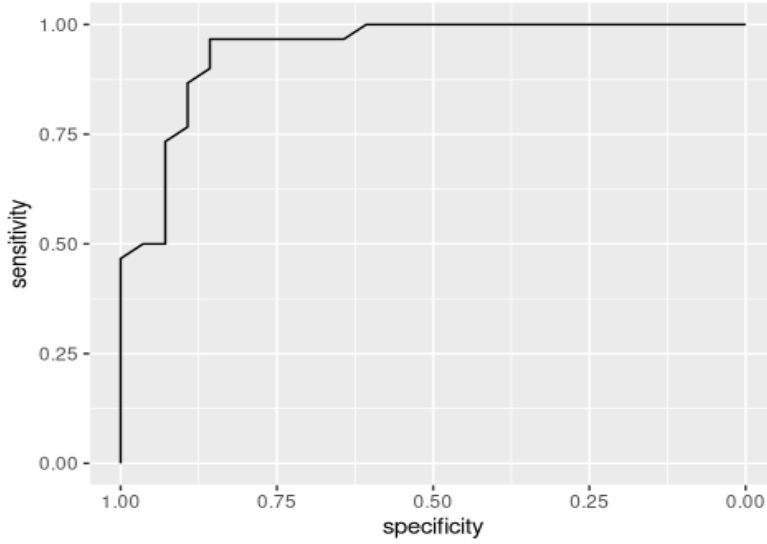
---

**Table 2.** Subplevral bant varlığına göre laboratuvar verileri.

Parametreler	Subplevral Bant		p
	Yok	Var	
IL-33 (1)	1,2 (0,6, 3,3)	4,0 (3,3, 6,1)	<0,001
IL-33 (2)	4,3 (3,8, 5,0)	4,2 (1,5, 8,1)	0,9
CRP	140 (80, 190)	99 (77, 161)	0,7
Albumin	28,34 (26,21, 30,76)	27,46 (25,74, 30,48)	>0,9
D-dimer	1,9 (1,0, 2,4)	1,5 (0,9, 4,2)	0,8
Fibrinojen	715 (646, 879)	718 (625, 849)	0,8
Ferritin	1,130 (675, 1,300)	446 (238, 697)	0,035
WBC	9,2 (7,4, 13,9)	7,8 (6,2, 9,6)	0,3
Hb	13,70 (13,08, 14,30)	12,10 (11,60, 13,15)	0,065
PLT	281 (176, 299)	150 (108, 252)	0,042
LNF	1,04 (0,95, 1,14)	0,81 (0,57, 1,27)	0,6
PCT	0,23 (0,17, 0,32)	0,25 (0,16, 0,51)	0,7
Ürik asit	3,80 (3,51, 5,31)	6,63 (3,79, 7,48)	0,3
PO <sub>2</sub>	32 (29, 36)	36 (27, 52)	0,6
Laktat	2,74 (2,28, 3,21)	2,56 (1,99, 2,82)	0,3
CRP/ALB	4,71 (2,52, 7,45)	3,99 (2,64, 5,88)	0,8
PLT/LNF	244 (200, 279)	188 (126, 308)	0,5

**Table 3.** Fibrotik şerit varlığına göre laboratuvar verileri.

Parametreler	Fibrotik Şeritler		p
	Yok	Var	
IL-33 (1)	1,3 (0,7, 4,0)	4,0 (3,1, 5,2)	0,004
IL-33 (2)	4,7 (3,8, 5,9)	3,5 (1,2, 5,7)	0,2
CRP	95 (63, 168)	135 (84, 173)	0,5
Albumin	27,46 (25,65, 30,70)	30,03 (27,23, 30,49)	0,4
D-dimer	2,0 (0,8, 3,5)	1,4 (1,0, 3,5)	>0,9
Fibrinojen	715 (629, 862)	722 (649, 874)	>0,9
Ferritin	768 (430, 1,170)	409 (205, 733)	0,2
WBC	9,7 (7,5, 12,8)	7,3 (5,9, 9,0)	0,077
Hb	13,40 (12,10, 14,10)	12,25 (11,50, 13,07)	0,2
PLT	278 (176, 306)	118 (105, 175)	0,002
LNF	1,01 (0,78, 1,09)	1,01 (0,66, 1,27)	>0,9
PCT	0,27 (0,18, 0,40)	0,24 (0,13, 0,38)	0,6
Ürik asit	4,33 (3,74, 6,20)	7,47 (3,53, 7,99)	0,4
PO <sub>2</sub>	33 (29, 36)	32 (26, 51)	>0,9
Laktat	2,66 (2,30, 3,20)	2,49 (1,91, 2,77)	0,2
CRP/ALB	3,45 (2,62, 6,50)	4,65 (2,97, 5,98)	0,7
PLT/LNF	275 (209, 324)	147 (82, 222)	0,026



Şekil 3. IL-33 ROC eğrisi.

### TARTIŞMA ve SONUÇ

İnterlökin-1 (IL-1) ailesinde yeni tespit edilmiş bir sitokin olan İnterlökin-33 (IL-33) çeşitli dokularda eksprese edilir (Schmitz et al., 2005); adipositlerin (Miller et al., 2010) yanısıra başlıca endotel, epitel ve miyokard gibi hücrelerde bulunur (Carriere et al., 2007; Miller & Liew, 2011). IL-1 ailesinin diğer üyelerinin yaptığı gibi IL-33'ün inflamatuvar prosese erken dönemde katıldığı tespit edilmiştir (Lee et al., 2016). IL-33 çift işlevli bir sitokindir: tam uzunlukta IL-33 proteini (fIL-33) intranükleer gen regülatör olarak hizmet eder ve olgun IL-33 (mIL-33), hasarlı veya nekrotik hücrelerden salındığında hücre dışı bir sitokin görevi görür (Li et al., 2014). IL-33'ün alerji ve otoimmünite gibi durumlarda proenflamatuar etkili, obezite ve aterosklerozda koruyucu metabolik etkilerinin olduğu gösterilmiştir (Liew et al., 2010; Miller et al., 2010; Miller et al., 2008; Sakashita et al., 2008). IL-33 uyarılara veya hücre hasarına yanıtta, doku bariyeri bileşeni olarak pasif ve hızlı bir şekilde hasarlı hücrelerden salınır. Ancak aktif olarak bağışıklık hücreleri tarafından da salgılanabilir. Aşırı bazal IL-33 ekspresyonu dokularda inflamasyon sırasında daha da artabilir (Drake et al., 2017). IL-33, birkaç hedef hücrede çeşitli proinflamatuvar sitokinleri (örneğin, GM-CSF, IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF, granülosit koloni uyarıcı faktör [G-CSF]), kemokinleri (örn., CXCL1, CXCL2, CXCL6, CXCL8, CCL2, CCL20), ve yapışma moleküllerini (örneğin, E-selektin, ICAM1, VCAM1) indükleyerek akciğer iltihabını güçlendirir (Kritas et al., 2020; Zaibi et al., 2018). Tersine, tip 1 interferonlar'ı inhibe ederek, IL-12p35, IL-33 bozulmuş antiviral sitotoksik cevaba katkıda bulunabilir (Ravanetti et al., 2019).

Çalışmamızda yatarak tedavi alan COVID-19 hastaları çalışma grubunun serum IL-33 düzeylerinin, kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca akciğerde subplevral bant ve fibrotik şerit varlığında IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durum, ağır COVID-19 hastalarında, IL-33'ün pulmoner fibrozis gelişiminde rol oynayabileceğini düşündürmektedir.

Pulmoner fibrozis primer olarak kontrolsüz bir yara iyileşme tepkisinden kaynaklanan neoplastik olmayan bir akciğer hastalığıdır. İnflamasyon ile karakterize bilinmeyen etiyolojiye sahip İdiyopatik pulmoner fibrozis (İPF) oldukça ölümcül bir hastalıktır. IPF (Lee et al., 2017) ve sistemik skleroz (Manetti et al., 2010) ile ilişkili fibroziste, bronkoalveolar lavaj sıvılarında IL-33 mRNA ve protein seviyeleri sağlıklı kontrollere kıyasla önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Ayrıca, Luzina ve arkadaşları IL-33 mRNA ekspresyonunun, İPF akciğer dokusunda da arttığını göstermişlerdir (Luzina et al., 2013).

Fibroblastların güçlü aktivatörü olan mIL-33, proliferasyonu ve artan kollajen sentezini uyarır ve böylece pulmoner fibrozisi güçlendirir. IL-33, alternatif olarak aktive edilmiş makrofajların ve doğuştan gelen lenfoid hücrelerin indüklenmesiyle ST2'ye bağlı akciğer fibrozunu desteklediği farelerde yapılan bir çalışmada gösterilmiştir (Li et al., 2014). Ayrıntılı olarak, IPF fibroblastları IL-13 gibi sitokinlere aşırı duyarlıdır, aynı zamanda, fibroblastlar ve doğuştan gelen innate bağışıklık hücreleri IL-33 için önemli kaynaklardır (Cayrol & Girard, 2018).

COVID-19 hastaları bronkoalveolar lavaj sıvısının transkriptomik analizlerinde güçlü bir IL-33 upregülasyonu olduğu gösterilmiştir (Xiong et al., 2020). IL-33 işlevleri arasında, Foxp3+ düzenleyici T (Treg) hücreleri TGF- $\beta$  aracılı diferansiasyonunu arttırmak ve Treg hücre geniş-lemesini sağlayan IL-2'yi salgılamak için CD11c miyeloid dendritik hücreleri uyarmak ve böylece en sonunda inflamasyonun rezolüsyonunun desteklenmesi yer almaktadır (Matta et al., 2014). Daha hafif semptomlara sahip SARS-CoV-2 ile enfekte olmuş kişiler, çok sayıda Treg hücresine ve çöpçü (FABP4+ ) fenotipinde alveolar makrofajlara sahip olma eğilimindedir (Liao et al., 2020). Hafif veya asemptomatik COVID-19 formlarına sahip bireyler, yeterli bir bağışıklık tepkisi ve virüs temizleme varlığında, IL-33 Treg hücresine bağlı, hızlı solunumun doku homeostazisini kontrol altına alabilmektedirler (Zizzo & Cohen, 2020).

Moleküler patern ile ilişkili hasar molekülü IL-33, hücrel hasarı veya enfeksiyonu gösteren bir alarm olarak kabul edilmiştir (Liew et al., 2016). Son gözlemler yaşlı COVID-19'lu hasta-larda serum IL-33'ün up-regüle olduğunu ve advers reaksiyonlarla ilişkili olduğunu meydana çıkarmıştır (Gomez-Cadena et al., 2021). Bizim çalışmamızda yaş ve IL-33 düzeyleri arasında anlamlı bir korelasyon olmadığı görülmüştür.

Subplevral ve fibrotik bant ile laboratuvar parametrelerini kıyaslandığımızda; bu akciğer hasarı bulguları varlığında, IL-33 düzeylerinin anlamlı düzeyde yüksek, PLT düzeylerinin anlamlı düzeyde düşük olduğu görülmüştür. Bazı çalışmalar trombositopeni ile COVID-19'un şiddeti ve buna bağlı mortalite arasında bir ilişki bulmuştur. Trombosit sayısı azaldıkça mortalitenin arttığı bildirilmiştir (Lippi et al., 2020; Yang et al., 2020). Güçlü E. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, trombositopeninin non-survivors grupta, survivors gruba göre daha olası olmasına rağmen, trombosit düzeyi ile hastalık şiddeti veya mortalite arasında herhangi bir ilişki bulanamamıştır (Güçlü & Kocayığıt, 2020). Hem kabul gününde hem de üçüncü takip gününde non-survivors grupta trombosit sayıları survivors gruptan daha düşük olduğu ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Bu çalışma ile benzer olarak, başka çalışmalarda da birçok hastada hastaneye başvuru anında trombosit değerlerinin normal olduğu bildirilmiştir (Fan et al., 2020). Çalışmalar arasındaki bu farklılıklar testlerin zamanıyla ilgili olabilir. Ayrıca COVID-19'dan şüphelenilen çoğu ülkede hidroklorokin, azitromisin ve enoksaparin tedavisine başlanmıştır. Bu ilaçlar trombositopeniye neden olabilmektedir (Butt & Jabri, 2019; Demir et al., 2014). Çalışmalar arasındaki farklılığın bir başka nedeni de ilaçlara bağlı trombositopeni ile hastalığa bağlı trombositopeninin karmaşık bir yapı sergilemesi olabilir.

Shieh et al. (Shieh et al., 2019) farelerde akciğer hasarının erken inflamatuvar yanıtın patojenik rolünden, artan ürik asit birikiminden ve temel sitokin inflamatuvar yollarının seçici modü-lasyonundan kaynaklandığını belirtmektedir. Çalışmamızda CRP, CRP/Alb oranı ve ürik asit düzeyleri ile IL-33 arasında orta düzeyde korelasyon olduğu görülmüştür.

COVID-19'un dünya çapındaki sağlık sistemleri üzerindeki etkisi çok büyük ve benzeri görülmemişti. Hastanede yatan hastalarda ölüm oranları yüksektir. Kötü sonucu öngören spesifik sitokinlerin tanımlanmasıyla, bu hastalar için sonuçları iyileştirmek üzere hastaları spesifik immünomodülatör

tedavi seçeneklerine göre sınıflandırmaya yardımcı olabilir. Akciğer tutu-lumunun değerlendirilmesinde %97 sensitivite ve %86 spesifisiteye sahip olduğunu bulduğumuz, IL-33 profilinin, akut hastane ortamında ölçülmesi mümkündür.

### Öneriler

Klinik değerlendirmeyele birleştirilen bazı laboratuvar testleri, COVID-19 hastalarında en uygun yaklaşımı ve önceliği bulmada klinisyenlere rehberlik etmek için hastanın durumunun hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlayabilir.

Pulmoner fibrozisi işaret eden bazı radyolojik bulgular ile ilişkili olduğunu gösterdiğimiz IL-33'ün, COVID-19'da prediktif değeri olan bir belirteç olduğunu ve aynı zamanda terapötik bir hedefi temsil edebileceğini düşünmekteyiz.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### KAYNAKÇA

- Atalay, E., Çelik, S., & Kahraman, İ. (2021). Investigation of the Effect of COVID-19 on Kidney Functions. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 4(2), 75-79.
- Beltrán, C. J., Núñez, L. E., Díaz-Jiménez, D., Farfan, N., Candia, E., Heine, C. ... Hermoso, M. A. (2010). Characterization of the novel ST2/IL-33 system in patients with inflammatory bowel disease. *Inflamm Bowel Dis*, 16(7), 1097-1107. <https://doi.org/10.1002/ibd.21175>
- Butt, M. U., & Jabri, A. (2019). Azithromycin-Induced Thrombocytopenia: A Rare Etiology of Drug-Induced Immune Thrombocytopenia. *Case Reports in Medicine*, 2019, 1(3). 6109831. <https://doi.org/10.1155/2019/6109831>
- Carriere, V., Roussel, L., Ortega, N., Lacorre, D. A., Americh, L., Aguilar, L. ... Girard, J. P. (2007). IL-33, the IL-1-like cytokine ligand for ST2 receptor, is a chromatin-associated nuclear factor in vivo. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104(1), 282-287. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606854104>
- Cayrol, C., & Girard, J. P. (2018). Interleukin-33 (IL-33): A nuclear cytokine from the IL-1 family. *Immunological reviews*, 281(1), 154-168. <https://doi.org/10.1111/imr.12619>
- Channappanavar, R., & Perlman, S. (2017). Pathogenic human coronavirus infections: causes and consequences of cytokine storm and immunopathology. *Semin Immunopathol*, 39(5), 529-539. <https://doi.org/10.1007/s00281-017-0629-x>
- Demir, D., Öcal, F., Abanoz, M., & Dermenci, H. (2014). A case of thrombocytopenia associated with the use of hydroxychloroquine following open heart surgery. *Int J Surg Case Rep*, 5(12), 1282-1284. <https://doi.org/10.1016/j.ijscr.2014.11.052>
- Drake LY, Kita H. (2017). IL-33: biological properties, functions, and roles in airway disease. *Immunol Rev.*, 278(1):173-184. <https://doi.org/10.1111/imr.12552>.
- Fan, B. E., Chong, V. C. L., Chan, S. S. W., Lim, G. H., Lim, K. G. E., Tan, G. B. ... Ong, K. H. (2020). Hematologic parameters in patients with COVID-19 infection. *Am J Hematol*, 95(6), E131-e134. <https://doi.org/10.1002/ajh.25774>

- Gomez-Cadena, A., Spehner, L., Kroemer, M., Khelil, M. B., Bouiller, K., Verdeil, G. ... Jandus, C. (2021). Severe COVID-19 patients exhibit an ILC2 NKG2D(+) population in their impaired ILC compartment. *Cell Mol Immunol*, 18(2), 484-486. <https://doi.org/10.1038/s41423-020-00596-2>
- Güçlü, E., & Kocayiğit, H. (2020). Effect of COVID-19 on platelet count and its indices. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 66(8), 1122-1127. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.66.8.1122>
- Hasan, A., Al-Ghimlas, F., Warsame, S., Al-Hubail, A., Ahmad, R., Bennakhi, A. ... Dermime, S. (2014). IL-33 is negatively associated with the BMI and confers a protective lipid/metabolic profile in non-diabetic but not diabetic subjects. *BMC Immunol*, 15, 19. <https://doi.org/10.1186/1471-2172-15-19>
- Keleş, G. T., & Bozkurt, İ. (2021). COVID-19 Hastalığı Tanı ve Tedavisinde Kullanılan Laboratuvar Testleri. *Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 380-387.
- Kritas, S. K., Ronconi, G., Caraffa, A., Gallenga, C. E., Ross, R., & Conti, P. (2020). Mast cells contribute to coronavirus-induced inflammation: new anti-inflammatory strategy. *J Biol Regul Homeost Agents*, 34(1), 9-14. <https://doi.org/10.23812/20-Editorial-Kritas>
- Lee, J. S., Seppanen, E., Patel, J., Rodero, M. P., & Khosrotehrani, K. (2016). ST2 receptor invalidation maintains wound inflammation, delays healing and increases fibrosis. *Exp Dermatol*, 25(1), 71-74. <https://doi.org/10.1111/exd.12833>
- Lee, J. U., Chang, H. S., Lee, H. J., Jung, C. A., Bae, D. J., Song, H. J. ... Park, C. S. (2017). Upregulation of interleukin-33 and thymic stromal lymphopoietin levels in the lungs of idiopathic pulmonary fibrosis. *BMC Pulm Med*, 17(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s12890-017-0380-z>
- Li, D., Guabiraba, R., Besnard, A. G., Komai-Koma, M., Jabir, M. S., Zhang, L. ... Xu, D. (2014). IL-33 promotes ST2-dependent lung fibrosis by the induction of alternatively activated macrophages and innate lymphoid cells in mice. *J Allergy Clin Immunol*, 134(6), 1422-1432.e1411. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2014.05.011>
- Li, G., & Fan, Y. (2020). Coronavirus infections and immune responses. 92(4), 424-432. <https://doi.org/10.1002/jmv.25685>
- Liao, M., Liu, Y., Yuan, J., Wen, Y., Xu, G., Zhao, J. ... Amit, I. (2020). Single-cell landscape of bronchoalveolar immune cells in patients with COVID-19. *Nature Medicine*, 26, 842-844. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0901-9>
- Liew, F. Y., Girard, J. P., & Turnquist, H. R. (2016). Interleukin-33 in health and disease. *Nat Rev Immunol*, 16(11), 676-689. <https://doi.org/10.1038/nri.2016.95>
- Liew, F. Y., Pitman, N. I., & McInnes, I. B. (2010). Disease-associated functions of IL-33: the new kid in the IL-1 family. *Nat Rev Immunol*, 10(2), 103-110. <https://doi.org/10.1038/nri2692>
- Lippi, G., Plebani, M., & Henry, B. M. (2020). Thrombocytopenia is associated with severe coronavirus disease 2019 (COVID-19) infections: A meta-analysis. *Clin Chim Acta*, 506, 145-148. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2020.03.022>
- Luzina, I. G., Kopach, P., Lockett, V., Kang, P. H., Nagarsekar, A., Burke, A. P. ... Atamas, S. P. (2013). Interleukin-33 potentiates bleomycin-induced lung injury. *Am J Respir Cell Mol Biol*, 49(6), 999-1008. <https://doi.org/10.1165/rcmb.2013-0093OC>

- Manetti, M., Ibba-Manneschi, L., Liakouli, V., Guiducci, S., Milia, A. F., Benelli, G. ... Cipriani, P. (2010). The IL1-like cytokine IL33 and its receptor ST2 are abnormally expressed in the affected skin and visceral organs of patients with systemic sclerosis. *Ann Rheum Dis*, 69(3), 598-605. <https://doi.org/10.1136/ard.2009.119321>
- Marvie, P., Lisbonne, M., L'Helgoualc'h, A., Rauch, M., Turlin, B., Preisser, L. ... Samson, M. (2010). Interleukin-33 overexpression is associated with liver fibrosis in mice and humans. *J Cell Mol Med*, 14(6b), 1726-1739. <https://doi.org/10.1111/j.1582-4934.2009.00801.x>
- Matta, B. M., Lott, J. M., Mathews, L. R., Liu, Q., Rosborough, B. R., Blazar, B. R. ... Turnquist, H. R. (2014). IL-33 is an unconventional Alarmin that stimulates IL-2 secretion by dendritic cells to selectively expand IL-33R/ST2+ regulatory T cells. *J Immunol*, 193(8), 4010-4020. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1400481>
- Miller, A. M., Asquith, D. L., Hueber, A. J., Anderson, L. A., Holmes, W. M., McKenzie, A. N. ... Liew, F. Y. (2010). Interleukin-33 induces protective effects in adipose tissue inflammation during obesity in mice. *Circ Res*, 107(5), 650-658. <https://doi.org/10.1161/circresaha.110.218867>
- Miller, A. M., & Liew, F. Y. (2011). The IL-33/ST2 pathway--A new therapeutic target in cardiovascular disease. *Pharmacol Ther*, 131(2), 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2011.02.005>
- Miller, A. M., Xu, D., Asquith, D. L., Denby, L., Li, Y., Sattar, N. ... Liew, F. Y. (2008). IL-33 reduces the development of atherosclerosis. *J Exp Med*, 205(2), 339-346. <https://doi.org/10.1084/jem.20071868>
- Moussion, C., Ortega, N., & Girard, J. P. (2008). The IL-1-like cytokine IL-33 is constitutively expressed in the nucleus of endothelial cells and epithelial cells in vivo: a novel 'alarmin'? *PLoS One*, 3(10), e3331. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003331>
- Nishida, A., Andoh, A., Imaeda, H., Inatomi, O., Shiomi, H., & Fujiyama, Y. (2010). Expression of interleukin 1-like cytokine interleukin 33 and its receptor complex (ST2L and IL1RAcP) in human pancreatic myofibroblasts. *Gut*, 59(4), 531-541. <https://doi.org/10.1136/gut.2009.193599>
- Paules, C. I., Marston, H. D., & Fauci, A. S. (2020). Coronavirus Infections--More Than Just the Common Cold. *Jama*, 323(8), 707-708. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.0757>
- Préfontaine, D., Lajoie-Kadoch, S., Foley, S., Audusseau, S., Olivenstein, R., Halayko, A. J. ... Hamid, Q. (2009). Increased expression of IL-33 in severe asthma: evidence of expression by airway smooth muscle cells. *J Immunol*, 183(8), 5094-5103. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.0802387>
- Ravanetti, L., Dijkhuis, A., Dekker, T., Sabogal Pineros, Y. S., Ravi, A., Dierdorff, B. S. ... Lutter, R. (2019). IL-33 drives influenza-induced asthma exacerbations by halting innate and adaptive antiviral immunity. *J Allergy Clin Immunol*, 143(4), 1355-1370.e1316. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2018.08.051>
- Sakashita, M., Yoshimoto, T., Hirota, T., Harada, M., Okubo, K., Osawa, Y. ... Tamari, M. (2008). Association of serum interleukin-33 level and the interleukin-33 genetic variant with Japanese cedar pollinosis. *Clin Exp Allergy*, 38(12), 1875-1881. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2008.03114.x>
- Schmitz, J., Owyang, A., Oldham, E., Song, Y., Murphy, E., McClanahan, T. K. ... Kastelein, R. A. (2005). IL-33, an interleukin-1-like cytokine that signals via the IL-1 receptor-related protein ST2 and



- induces T helper type 2-associated cytokines. *Immunity*, 23(5), 479-490. <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2005.09.015>
- Shieh, J. M., Tseng, H. Y., Jung, F., Yang, S. H., & Lin, J. C. (2019). Elevation of IL-6 and IL-33 Levels in Serum Associated with Lung Fibrosis and Skeletal Muscle Wasting in a Bleomycin-Induced Lung Injury Mouse Model. 2019, 7947596. <https://doi.org/10.1155/2019/7947596>
- Xia, J., Zhao, J., Shang, J., Li, M., Zeng, Z., Zhao, J. ... Xie, J. (2015). Increased IL-33 expression in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*, 308(7), L619-627. <https://doi.org/10.1152/ajplung.00305.2014>
- Xiong, Y., Liu, Y., Cao, L., Wang, D., Guo, M., Jiang, A. ... Lin, Y. (2020). Transcriptomic characteristics of bronchoalveolar lavage fluid and peripheral blood mononuclear cells in COVID-19 patients. 9(1), 761-770. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1747363>
- Xu, Z., Shi, L., Wang, Y., Zhang, J., Huang, L., Zhang, C. ... Wang, F. S. (2020). Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome. *Lancet Respir Med*, 8(4), 420-422. [https://doi.org/10.1016/s2213-2600\(20\)30076-x](https://doi.org/10.1016/s2213-2600(20)30076-x)
- Yang, S. H., Lin, J. C., Wu, S. Y., Huang, K. L., Jung, F., Ma, M. C., Wang Hsu, G. S., & Jow, G. M. (2015). Membrane translocation of IL-33 receptor in ventilator induced lung injury. *PLoS One*, 10(3), e0121391. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121391>
- Yang, X., Yang, Q., Wang, Y., Wu, Y., Xu, J., Yu, Y. ... Shang, Y. (2020). Thrombocytopenia and its association with mortality in patients with COVID-19. *J Thromb Haemost*, 18(6), 1469-1472. <https://doi.org/10.1111/jth.14848>
- Yoon, S. H., Lee, K. H., Kim, J. Y., Lee, Y. K., Ko, H., Kim, K. H., ... Kim, Y. H. (2020). Chest Radiographic and CT Findings of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): Analysis of nine patients treated in Korea. *Korean J Radiol*, 21(4), 494-500. <https://doi.org/10.3348/kjr.2020.0132>
- Zaibi, M. S., Kępczyńska, M. A., Harikumar, P., Alomar, S. Y., & Trayhurn, P. (2018). IL-33 stimulates expression of the GPR84 (EX33) fatty acid receptor gene and of cytokine and chemokine genes in human adipocytes. *Cytokine*, 110, 189-193. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2018.05.008>
- Zhou, P., Yang, X. L., Wang, X. G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W. ... Shi, Z. L. (2020). A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579(7798), 270-273. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>
- Zizzo, G., & Cohen, P. L. (2020). Imperfect storm: is interleukin-33 the Achilles heel of COVID-19? *Lancet Rheumatol*, 2(12), e779-e790. [https://doi.org/10.1016/s2665-9913\(20\)30340-4](https://doi.org/10.1016/s2665-9913(20)30340-4)

## Kurkumin Etken Maddesinin Etkileri ve Kalite Kontrol Çalışmaları

Aysu GÜNAYDIN<sup>1</sup>  
Zafer Ömer ÖZDEMİR<sup>2</sup>

**Özet:** Son yıllarda, çeşitli hastalık ve semptomların tedavisinde bitkisel kökenli ilaçlar daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. *Curcuma longa* L. uzun yıllardır tedavi edici etkilerinden faydalanılan bir bitkidir. Bu bitkinin ana bileşenlerinden biri kurkumindir. Doğal bir polifenol olan kurkumin, tıbbi özellikleriyle yaygın olarak bilinir. Yüzyıllardır çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için geleneksel tıpta kullanılmıştır. Kurkuminin anti-enflamatuvar, antioksidan, antikanser ve antimikrobiyal aktiviteler gibi çok sayıda farmakolojik özelliğe sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte, kurkuminin etkileri, kalitesi de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Bu nedenle, kurkuminin kalite kontrol çalışmaları, güvenliğini ve etkinliğini sağlamak için gereklidir. Bu araştırma makalesi, kurkuminin etkilerini ve üzerinde yapılan kalite kontrol çalışmalarını gözden geçirmeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** kurkumin, farmakolojik etki, kalite kontrol, tağşiş

## Effects and Quality Control Studies of Curcumin

**Abstract:** In recent years, herbal medicines have started to be preferred more in the treatment of various diseases and symptoms. *Curcuma longa* L. is a plant that has been used for its therapeutic effects for many years. Curcumin, is one of the main components of this plant. Curcumin, a natural polyphenol, is widely known for its medicinal properties. It has been used in traditional medicine to treat a variety of ailments for centuries. Curcumin has been found to possess numerous pharmacological properties, such as anti-inflammatory, antioxidant, anticancer, and antimicrobial activities. However, the effects of curcumin can be influenced by various factors, including its quality. Therefore, quality control studies of curcumin are essential to ensure its safety and efficacy. This research paper aims to review the effects of curcumin and quality control studies conducted on it.

**Keywords:** curcumin, pharmacological effect, quality control, adulteration

### GİRİŞ

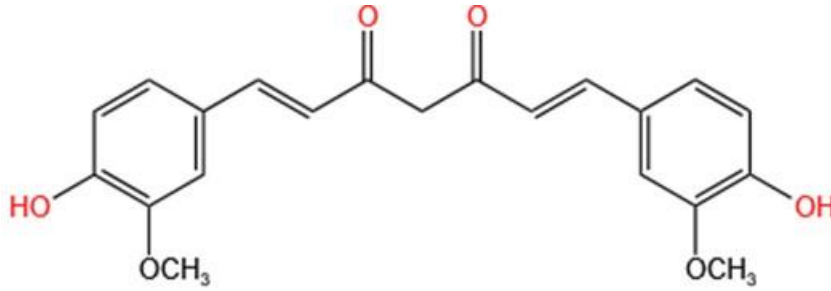
Halk arasında zerdeçal olarak bilinen *Curcuma longa* L., Zingiberaceae familyasına ait bir bitki türüdür. Birçok hastalığa karşı iyileştirici özelliklere sahip olması nedeniyle geçmişten günümüze sürekli olarak kullanılmaktadır. Unani ve Ayurveda tıbbında, safra kanalı tıkanıklığında ve sarılığın tedavisinde kullanılmasının yanı sıra ülser ve enflamasyon durumlarında harici olarak uygulanmıştır. Ayrıca öksürük, soğuk algınlığı, diş sorunları, hazımsızlık, cilt enfeksiyonları, astım, basur, bronşit, tümör, yaralar ve karaciğer rahatsızlıkları gibi diğer birçok rahatsızlıkta antiseptik olarak kullanılmaktadır (Fuloria et al., 2022).

<sup>1</sup>Corresponding author, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi İstanbul, Türkiye, gunaydinaysu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6726-5511

<sup>2</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Eczacılık Fakültesi İstanbul, Türkiye, ozdemirz@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8362-3136

Hindistan, tam kurutulmuş rizomlar şeklinde, toz halinde ve katma değerli formlarda ticareti yapılan zerdeçalın en büyük üreticisi, tüketicisi ve ihracatçısıdır. Ağırlıklı olarak ticarete ve gıda, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılan form toz formudur. Zerdeçalın çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmedeki tıbbi değeri, tüm dünyada zerdeçal talebini daha da arttırmıştır (Parvathy et al., 2015).

(1,7-bis(4-hidroksi-3-metoksifenil)-1,6-heptadien-3,5-dion) kimyasal formülüne sahip (Şekil 1) kurkumin ve diğer kurkuminoidler, *Curcuma longa* L. bitkisinin ana fitokimyasallarını oluşturur (Zorofchian Moghadamtousi et al., 2014).



Şekil 1. Kurkuminin kimyasal yapısı.

Zerdeçalın en aktif bileşeni olan kurkuminin güvenilirliği ve toksik olmadığı birçok araştırmada gösterilmiştir. Güvenlik ve toksisite ile ilgili ilgili klinik araştırmalara göre, maksimum etkinlik için kabul edilebilir kurkumin dozu günde 4-8 g'dır. İnsanların günde 12 g'a kadar dozda kurkumini tolere edebildiği bildirilmiştir (Barati ve ark., 2019).

#### **Kurkumin Bileşiğinin Farmakolojik Aktiviteleri**

Kurkuminin, antibakteriyel aktivite sergilediği ilk olarak 1949'da gösterilmiştir. O zamandan beri bu polifenolün anti-enflamatuvar, hipoglisemik, antioksidan, yara iyileştirici ve antimikrobiyal aktivitelere sahip olduğu gözlenmiştir (Gupta et al., 2013).

Kurkumin doğal bir anti-enflamatuvardır. Mevcut kanıtlar, enflamatuvar araçların seviyelerini düşürmede etkili olduğunu ve anti-enflamatuvar özelliklerinin osteoartrit ve sedef gibi birçok hastalıkta yararlı etkilere sahip olabileceğini düşündürmektedir (Peng et al., 2021). Çok sayıda prelinik çalışma, artrit üzerindeki yararlı etkisini göstermiştir. Diz osteoartriti tedavisinde zerdeçal özü ile yapılan klinik bir çalışmada, zerdeçal özü iltihabı önlemiş, klinik semptomları iyileştirmiştir ve IL-1 $\beta$  ve oksidatif stresi azaltmıştır (Srivastava et al., 2016). Sedef hastalığı, milyonlarca kişiyi etkileyen kronik enflamatuvar bir deri hastalığıdır. Kurkumin; dendritik hücreleri olgunlaşmamış halde tutabilir, anti-enflamatuvar makrofaj fenotip polarizasyonunu hızlandırabilir, proenflamatuvar faktörü ve T hücrelerini inhibe edebilir. Bu özelliklerinden dolayı sedef hastalığının tedavisinde büyük bir potansiyele sahiptir (Mohammadi et al., 2019).

Kurkumin, çeşitli düzenleyici proteinlerin ekspresyonu ve aktivitesi ile yakından ilişkilidir. Birkaç çalışma, sıçanlarda kardiyovasküler hastalıklar üzerinde kurkuminin koruyucu etkilerini bildirmiştir. 2018'de yapılan bir çalışmada, kurkuminin p38 MAPK, JNK ve ASK1'i artırarak kronik kalp yetmezliğini azaltabileceğini göstermiştir (Cao et al., 2018).

Ayrıca kurkuminin çeşitli kanser türleri üzerinde önleyici ve tedavi edici etkileri olduğu gözlenmiştir. Birkaç çalışmadan elde edilen bulgular, bileşiğin tümörlerin oluşumunu ve yayılmasını önleyebileceği veya boyutlarını küçülebileceğini düşündürmektedir. Kurkuminin antianjiyogenik etkiler

uygulayarak, apoptozu indükleyerek ve hücre proliferasyon döngüsüne müdahale ederek kanser oluşumunu engelleyebildiği gösterilmiştir (Mansouri et al., 2020). Anjiyogenezin kanserdeki rolü iyi bilinmektedir. Kanser hücreleri proanjiyojenik faktörlerin uyarılmasıyla yeni kan damarları üretebilir. 2019'da yapılan bir çalışma, kurkuminin VEGFR ve PI3K/Akt sinyal yolu modülasyonu yoluyla anjiyogenezini inhibe edebildiğini göstermiştir (Astinfeshan et al., 2019).

Kurkuminin klinik çalışmalarının çoğu, esas olarak sağlık sorunları olan insanlara odaklanmıştır. Ancak yakın tarihli bir çalışmada, sağlıklı orta yaşlı katılımcılarda (40-60 yaş) lipide edilmiş kurkuminin; plazma katalaz, miyeloperoksidaz gibi enzimleri ve nitrik oksit üretimindeki kapasiteyi ve tükürük radikal temizleme aktivitelerini arttırdığı gözlenmiştir. Genel olarak, sonuçlar sağlıklı orta yaşlı insanlarda lipide kurkuminin sağlığı geliştirici etkilerini göstermiştir (Disilvestro et al., 2012).

Zerdeçal hepatoprotektif etkileri açısından kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan çalışmalar kurkuminin ALT, AST ve alkalın fosfataz seviyelerini düşürerek nitrik oksiti azaltarak ve ayrıca ROS üretimini inhibe ederek oksidatif stresle ilişkili karaciğer bozukluğunu önlemede umut verici bir ajan olabileceğini göstermiştir (Farzaei et al., 2018).

### ***Kurkumin Bileşiminde Kalite Kontrol***

Pazarlanan bitkisel ürünler genellikle farmakolojik ve toksikolojik etkileri için tam olarak test edilmemektedir. Ayrıca, düşük kaliteli hammaddelerin kullanımı, yanlış tanımlanmış otlar, taşıyıcılar ve kontaminasyonlardan kaynaklanan beklenmedik toksisite ile ilgili olarak bitkisel ürünlerin kalitesinde sorunlar ortaya çıkmaktadır. İyi üretim uygulamalarının (GMP) yardımıyla bu kalite sorunları düzgün bir şekilde ele alınabilir ve bitkisel ilaç üretimi geliştirilebilir (Mukherjee, 2019).

Aktif bileşenlerin tohum kaynakları, habitatlar, bitki yaşı, hasat ve kuru süreç ile varyasyonları nedeniyle, ticari zerdeçal rizomları ve ürünleri kurkumin içeriklerinde önemli farklılıklara (kuru ağırlık bazında %0,58 ila %6,5) sahiptir. Ayrıca kurkuminoidler belirli saklama koşulları altında hızla ayrışabilir. Kimyasal değişkenlik, in vivo ve in vitro yapılacak deneylerde tutarsız sonuçlara ve belirsiz etkinliğe neden olacaktır. Bu nedenle, zerdeçal ürünlerindeki kimyasal bileşenlerin standardizasyonuna ihtiyaç vardır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), zerdeçalda ki uçucu yağın %4'ten ve kurkuminoidlerin %3'ten az olmaması gerektiğini öne sürmektedir (Li, 2011).

Kurkuminoidlerin bitki, gıda ve formülasyon matrislerinden ekstraksiyonu, ultrasonikasyon, geri akış veya basınçlı sıvı ekstraksiyon teknikleri ile bir alkol çözücü (metanol veya etanol) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Zerdeçal ve ilgili ürünlerdeki kurkuminoidlerin hızlı taranması ve katkı maddelerinin tespiti için spektroskopik yöntemler kullanılabilir. Eser miktarda kurkuminoid ve metabolitlerin doğru ölçümü ve tespiti için, düşük LOD (algılama sınırı) ve LLOQ (düşük tayin sınırı) ile yüksek doğruluk, tekrarlanabilirlik ve yüksek hassasiyet sağladıkları için sıvı kromatografisinin (HPLC) fiziksel ayırma yetenekleriyle kütle spektrometrisinin (MS) kütle analizi yeteneklerini birleştiren bir analitik kimya tekniği (LC-MS/MS) kullanılmalıdır (Kotha & Luthria, 2019).

### ***Kurkumin Taşıyıcı Uygulamaları ve Analizleri***

Zerdeçal genellikle toz halinde kök tozu veya kuru ekstrakt olarak satılır; bununla birlikte, benzer partikül boyutuna ve görünümüne sahip bileşenlerle kontaminasyona ve taşıyıcı tabidir. Önceki çalışmalar, zerdeçal bileşenlerinin diğer *Curcuma* türlerinin tozu, nişastalar, talk, manyok, boyalar ve sentetik kurkuminoidler ile karıştırıldığını veya bunlarla değiştirildiğini göstermiştir. Sentetik kurkumin ilavesi UV-VIS spektrofotometre dahil olmak üzere yaygın olarak kullanılan bazı kimlik doğrulama teknolojilerinden gizlenebildiğinden, tespit edilmesi en zorlu taşıyıcılarından biridir.

Genellikle, bu tür tağşişler, ekonomik olarak motive edilmiş tağşiş olarak adlandırılır, çünkü bunlar çok büyük mali karlara yol açabilirler. Diğer bazı tağşiş maddeleri aynı zamanda insan sağlığına tehdit de oluşturabilir (You et al., 2022).

Örneğin, kurşun (II) kromat ile kontamine olmuş zerdeçal tüketiminin Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çocukluk çağı kurşun zehirlenmesi vakalarına yol açtığı bulunmuştur (Cowell et al., 2017). Zerdeçal tozu genellikle cilalama aşamasında kurşun (II) kromat ( $PbCrO_4$ ) ile karıştırılır.  $PbCrO_4$ , zerdeçal tozuna sahte parlak sarı bir renk verebilir ve aşırı derecede aşındırıcı olduğu bilinmektedir. Bu tür tağşiş edilmiş zerdeçal tozunun ısıtılması esnasında kurşun ve krom zehirli dumanlar olarak açığa çıkmaktadır (Gleason et al., 2014).

Bu dumanlar kanserojendir ve akciğerleri etkileyerek nefes darlığı, bronşit, pnömoni ve astıma neden olur. Ayrıca yetişkinlerde ve çocuklarda kalp ve beyin hastalıkları ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Zerdeçal tozunun bileşik yapısı, kolorimetrik yöntem kullanılarak  $PbCrO_4$ 'in kesin olarak saptanmasını neredeyse imkânsız hale getirir. Benzer şekilde, titrasyon protokollerinin de kısıtlamaları vardır. Bu nedenle, zerdeçal tozunun tağşiş ve güvenlik incelemelerinde en iyi güvenilirlik için cihaz tabanlı analitik teknikler ön koşul haline gelmiştir. Toz X-ışını kırınımı, zerdeçal tozu numunelerinde  $PbCrO_4$ 'in kalitatif tayininde yüksek hassasiyet, iyi bir tespit limiti, derinlik profili ile düşük örneklem boyutu, kolay veri yorumlama ve etkili çözünürlük gibi avantajlar sunar. Bu XRD yönteminin en büyük yararı, geleneksel kolorimetrik yöntemle karşılaştırıldığında test süresinin çok kısa olmasıdır (Paranthaman et al., 2021).

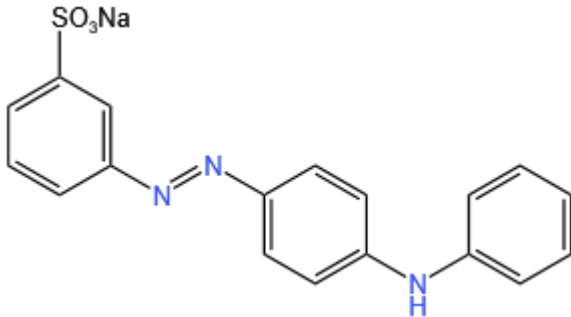
*Curcuma longa*'nın kalite kontrolü, orijinalliğini teyit etmek için önemlidir. Çünkü *C. longa*, diğer *Curcuma* türleri ile karıştırılma potansiyeline sahiptir. *C. longa*'nın kalite kontrolü için yöntemlerin çoğu, kurkuminoid içeriğini belirlemeye yöneliktir. HPTLC dahil olmak üzere kurkuminoid içeriğinin nicelleştirilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda,  $^1H$ -NMR tabanlı metabolit parmak izi ve kemometri yönteminin de saf ve katkısız *C. longa*'yı *C. heyneana* ile ayırt etmek için güçlü bir yöntem olduğunu kanıtlamıştır (Windarsih et al., 2019).

Zerdeçal; kurkumin veya bunların kurkumin/uçucu yağla ekstrakte edilmiş matrislerini içeren diğer *Curcuma* türleriyle, talk ve yabancı nişastalarla (manyok) ve daha yakın zamanda, daha düşük maliyetli bir ikame olarak hizmet etmesi amaçlanan sentetik kurkumin ile karıştırılabilir. Bu son katkı maddeleri, kurkumin ve zerdeçal kalitesini ve etkinliğini seyreletir ancak güvenliğini etkilemez. Doğal kurkuminin sentetik kurkumin ile değiştirilmesi, çoğu spektroskopik ve analitik testten kaçan kasıtlı bir uygulamadır. Numunedeki  $^{14}C$ 'yi ölçmek için gelişmiş bir hızlandırıcı kütle spektrometresi gerektiren karbon izotop ölçümü, bir kurkumin maddesinin bitki kaynaklı mı yoksa sentetik kaynaklı mı olduğunu belirlemek için etkili yöntemdir (Bejar, 2018).

Zerdeçal gibi yumru gövdeli bitkilerde nişasta yaygın bir içeriktir ve zerdeçal tozunu seyreltmek için düzenli olarak nişasta ilavesi de kullanılır. Bu nedenle, bu tür doğal bir içerik bir miktar eklenirse tağşişi maskeleyebilir. Çok değişkenli yöntemlerle kızılötesi spektrum (FT-IR) analizi, yani kemometri, kimlik doğrulamada artırılmış verimliliğe sahiptir ve içerik belirlemelerini gerçekleştirmek için son derece yararlıdır. Temel bileşen analizi (PCA) ve hiyerarşik küme analizi (HCA) gibi veri araştırma yöntemleri, örneğin tağşişinin tespiti için katkı sağlayan yöntemlerdir (Macêdo et al., 2021).

Metanil sarısı (Sodyum 3-[(4-Anilino)fenil]diazetil]benzen-1-sulfonat, Şekil 2), gerçek kurkumin içeriği düşük olduğunda kurkumin görünümünü taklit etmek için zerdeçal tozuna eklenen toksik bir azo boyadır. Toksikolojik olarak, metanil sarısı, Gıda Katkı Maddeleri FAO/WHO Ortak Uzman komitesi tarafından CII kategorisinde toksik bir madde olarak sınıflandırılmıştır. Sıçanlar üzerinde yapılan

çalışmalar, uzun süreli metanil sarısı tüketiminin nörotoksositeye, hepatoselüler karsinomaya, tümör gelişimine, mide mäsini üzerinde zararlı etkiye ve lenfositik lösemiye neden olduğunu göstermektedir. Çalışmalarda, Fourier Dönüşümü-Raman (FT-Raman) ve Fourier Dönüşümü-Kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi, zerdeçal tozunda metanil sarısı katkısını saptamak için birbirinden ayrı fakat tamamlayıcı yöntemler olarak kullanılmıştır (Dhakal et al., 2016).



Şekil 2. Metanil sarısının kimyasal yapısı.

Hem metanil sarısı (MY) hem de kurkumin (CU) elektrokimyasal olarak aktiftir. Bu nedenle elektrokimyasal olarak da tespit edilebilirler. Gıda maddelerinde MY'nin elektroanalitik yöntem kullanılarak eşzamanlı tespiti için Shereema ve arkadaşları, Karbon Kuantum Noktaları/Camsı Karbon Elektrot (CQDs/GC) tabanlı metodolojiyi geliştirmiştir. Üretilen elektrotta, CU ve MY, her biri oksidasyon potansiyellerinde iki tepe noktası vermiştir. Elektrot, zerdeçal tozu ve MY katkılı gıda maddelerinde MY analizi için umut verici bir aday olarak gözlenmiştir (Shereema et al., 2018).

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Kurkuminin etkileri, kalitesi de dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenebilir. Bu faktörler, bitkinin toplandığı bölge, toplanma zamanı, yanlış tanımlanmış otlar, bitkinin safsızlığı ve içeriği, taşıyıcılar, kontaminasyonlar, ekstre hazırlanmasında kullanılan çözücü ve yöntemler, saklanma koşulları olarak sıralanabilir. Bu nedenle, kurkuminin kalite kontrol çalışmaları, güvenliğini ve etkinliğini sağlamak için gereklidir. Sağlık, stabilite ve biyoyararlanım gibi çeşitli parametrelere odaklanan kurkuminin kalitesini değerlendirmek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çeşitli hayvan çalışmalarında, oral kurkuminin çoğunluğunun ( $\leq 90$ ) dışkıyla atıldığı belirlenmiştir. Bu sorunun üstesinden gelmek için çok sayıda yöntem uygulanmıştır. Bunlar arasında piperin gibi adjuvanların kullanımı, lipozomal kurkumin, kurkumin nanopartikülleri, kurkumin fosfolipid kompleksleri ve zerdeçal yağı gibi kurkuminin yapısal analoglarının kullanımı yer alır (Lopresti et al., 2018). Bu çalışmalar, kurkumin bazlı terapötiklerin geliştirilmesi için yararlı bilgiler sağlayabilir. Stabilite çalışmalarında pH'ın kurkuminin sulu çözeltiler ve emülsiyonlardaki fiziksel ve kimyasal stabilitesi üzerinde önemli rol oynadığı gösterilmiştir. Asidik koşullar altında kurkumin, numune karıştırıldığında kümelenen küçük kristaller oluşturma eğilimindeyken alkali koşullar altında, kurkumin bir otoksidasyon işlemi yoluyla kimyasal olarak bozulma eğilimindedir. Bu sebeplerle stabilitesi artırıcı yeni formülasyonlar geliştirilebilir. Kurkuminin yağ damlacıkları içinde kapsüllenmesinin, etkili emülsiyon bazlı dağıtım sistemlerinin tasarımı için bir avantaj olabileceği gözlenmiştir (Kharat et al., 2017).

Günümüzde metanil sarısı veya kurşun (II) kromat gibi sentetik boyalar kurkuminle karıştırılmaktadır. Bu renklendiricilerin eklenmesi güvenlik riski oluşturmaktadır. Zerdeçal ayrıca, diğer *Curcuma* türleri ile karıştırılabilir. Üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla içerisine nişasta, talk, sentetik kurkuminoidler eklenebilir. Bu eklemeler toksik etki yaratmasa da zerdeçal tozunun seyrelmesine

sebeplerdir. Karbon izotop ölçüm teknolojisinin yardımıyla sentetik kurkumin içeren numuneler tespit edilebilir. Dolayısıyla 14C yöntemi gıda ve ilaç endüstrisinde zerdeçal ürünlerinin kalite kontrolü amacıyla kullanılabilir. Spektroskopik yöntemler, zerdeçal ve ilgili ürünlerde kurkuminoidlerin hızlı bir şekilde taranması ve safsızlıkların saptanması için kullanılabilir. Eser miktardaki kurkuminoidlerin tayininde LC-MS/MS yöntemleriyle birleştirilmiş kromatografik ayırma yöntemleri kullanılabilir.

Zerdeçal uluslararası ticarete yüksek talep gören bir bitkidir. Bu nedenle ekonomik amaçlarla zerdeçal özü ve tozlarının taşıma uygulamaları son derece yaygındır. Sonuç olarak gelişen teknoloji, kurkumin bileşeninin safsızlıklarının ve taşıma uygulamalarının tespit edilmesinde yeni metod ve cihazların kullanımını mümkün kılmaktadır. Zerdeçal tozundan gerekli etkinliğin sağlanması ve sağlığı tehdit eden durumlarla karşılaşmamak için kalite kontrol çalışmalarının rutin olarak uygulanması büyük önem taşımaktadır.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar, bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

#### **KAYNAKLAR**

- Adrian, L. L. (2018). The problem of curcumin and its bioavailability: Could its gastrointestinal influence contribute to its overall health-enhancing effects?. *Advances in Nutrition*, 9(1), 41-50. <https://doi.org/10.1093/advances/nmx011>
- Astinfeshan, M., Rasmi, Y., Kheradmand, F., Karimipour, M., Rahbarghazi, R., Aramwit, P. ... Saboory, E. (2019). Curcumin inhibits angiogenesis in endothelial cells using downregulation of the PI3K/Akt signaling pathway. *Food Biosci.*, 29, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.04.005>
- Barati, N., Momtazi-Borojeni, A. A., Majeed, M., & Sahebkar, A. (2019). Potential therapeutic effects of curcumin in gastric cancer. *J. Cell. Physiol.*, 234 (3), 2317-2328. <https://doi.org/10.1002/jcp.27229>
- Bejar, E. (2018). Turmeric (*Curcuma longa*) root and rhizome, and root and rhizome extracts. *Botanical Adulterants Bulletin*, May, 1-11.
- Cao, Q., Zhang, J., Gao, L., Zhang, Y., Dai, M., & Bao, M. (2018). Dickkopf-3 upregulation mediates the cardioprotective effects of curcumin on chronic heart failure. *Mol Med Rep*, 17, 7249-7257. <https://doi.org/10.3892/mmr.2018.8783>
- Dhakal, S., Chao, K., Schmidt, W., Qin, J., Kim, M., & Chan, D. (2016). Evaluation of turmeric powder adulterated with metanil yellow using ft-raman and ft-ir spectroscopy. *Foods*, 5(2), 1-15. <https://doi.org/10.3390/foods5020036>
- Disilvestro, R. A., Joseph, E., Zhao, S., & Bomser, J. (2012). Diverse effects of a low dose supplement of lipidated curcumin in healthy middle aged people. *Nutrition Journal*, 11(1), 2-9. <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-79>
- Farzaei, M. H., Zobeiri, M., Parvizi, F., El-Senduny, F. F., Marmouzi, I., CoyBarrera, E. ... Abdollahi, M. (2018). Curcumin in liver diseases: A systematic review of the cellular mechanisms of oxidative stress and clinical perspective. *Nutrients*, 10(7), 855. <https://doi.org/10.3390/nu10070855>
- Fuloria, S., Mehta, J., Chandel, A., Sekar, M., Rani, N. N. I. M., Begum, M. Y. ... Fuloria, N. K. (2022). A comprehensive review on the therapeutic potential of *Curcuma longa* Linn. in relation to its major active constituent curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 13, 1-27. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.820806>

- Gleason, K., Shine, J. P., Shobnam, N., Rokoff, L. B., Suchanda, H. S., Ibne Hasan, M. O. S. ... Mazumdar, M. (2014). Contaminated turmeric is a potential source of lead exposure for children in rural Bangladesh. *Journal of Environmental and Public Health*, 3-8. <https://doi.org/10.1155/2014/730636>
- Gupta, S. C., Patchva, S., & Aggarwal, B. B. (2013). Therapeutic roles of curcumin: Lessons learned from clinical trials. *AAPS Journal*, 15(1), 195-218. <https://doi.org/10.1208/s12248-012-9432-8>
- Kharat, M., Du, Z., Zhang, G., & McClements, D. J. (2017). Physical and chemical stability of curcumin in aqueous solutions and emulsions: Impact of pH, temperature, and molecular environment. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(8), 1525–1532. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b04815>
- Kotha, R. R., & Luthria, D. L. (2019). Curcumin: Biological, pharmaceutical, nutraceutical, and analytical aspects. *Molecules*, 24(16), 1-27. <https://doi.org/10.3390/molecules24162930>
- Li, S. (2011). Chemical composition and product quality control of turmeric (*Curcuma longa* L.). *Pharmaceutical Crops*, 5(1), 28-54. <https://doi.org/10.2174/2210290601102010028>
- Macêdo, I. Y. L., Machado, F. B., Ramos, G. S., Costa, A. G. D. C., Batista, R. D., Filho, A. R. G. ... Gil, E. S. (2021). Starch adulteration in turmeric samples through multivariate analysis with infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 340, 127899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127899>
- Mansouri, K., Rasoulpoor, S., Daneshkhah, A., Abolfathi, S., Salari, N., Mohammadi, M. ... Shabani, S. (2020). Clinical effects of curcumin in enhancing cancer therapy: A systematic review. *BMC Cancer*, 20(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12885-020-07256-8>
- Mohammadi, A., Blesso, C. N., Barreto, G.E., Banach, M., Majeed, M., & Sahebkar, A. (2019). Macrophage plasticity, polarization and function in response to curcumin, a diet-derived polyphenol, as an immunomodulatory agent. *J Nutr Biochem*, 66, 1-16. doi: 10.1016/j.jnutbio.2018.12.005
- Mukherjee, P. K. (2019). Quality assurance of herbal drugs and stability testing. Quality Control and Evaluation of Herbal Drugs, *chapter 19*, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813374-3.00019-3>
- Paranthaman, R., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2021). Development of a method for qualitative detection of lead chromate adulteration in turmeric powder using X-ray powder diffraction. *Food Control*, 126, 107992. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.107992>
- Parvathy, V. A., Swetha, V. P., Sheeja, T. E., & Sasikumar, B. (2015). Detection of plant-based adulterants in turmeric powder using DNA barcoding. *Pharmaceutical Biology*, 53(12), 1774-1779. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1005756>
- Peng, Y., Ao, M., Dong, B., Jiang, Y., Yu, L., Chen, Z. ... Xu, R. (2021). Anti-inflammatory effects of curcumin in the inflammatory diseases: Status, limitations and countermeasures. *Drug Design Development and Therapy*, 15, 4503-4525. <https://doi.org/10.2147/DDDT.S327378>
- Shereema, R. M., Rao, T. P., Sameer Kumar, V. B., Sruthi, T. v., Vishnu, R., Prabhu, G. R. D. ... Sharath Shankar, S. (2018). Individual and simultaneous electrochemical determination of metanil yellow and curcumin on carbon quantum dots based glassy carbon electrode. *Materials Science and Engineering C*, 93, 21-27. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.07.055>



- Srivastava, S., Saksena, A. K., Khattri, S., Kumar, S., & Dagur, R. S. (2016). *Curcuma longa* extract reduces inflammatory and oxidative stress biomarkers in osteoarthritis of knee: A four-month, double-blind, randomized, placebo-controlled trial. *Inflammopharmacology*, 24(6), 377-388. <https://doi.org/10.1007/s10787-016-0289-9>
- Windarsih, A., Rohman, A., & Swasono, R. T. (2019). Application of <sup>1</sup>H-NMR based metabolite fingerprinting and chemometrics for authentication of *Curcuma longa* adulterated with *C. heyneana*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 13, 100203. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100203>
- You, H., Gershon, H., Goren, F., Xue, F., Kantowski, T., & Monheit, L. (2022). Analytical strategies to determine the labelling accuracy and economically-motivated adulteration of “natural” dietary supplements in the marketplace: Turmeric case study. *Food Chemistry*, 370, 131007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131007>
- Moghadamtousi, S. Z., Kadir, H. A., Hassandarvish, P., Tajik, H., Abubakar, S., & Zandi, K. (2014). A review on antibacterial, antiviral, and antifungal activity of curcumin. *BioMed Research International*, 2014, 186864. <https://doi.org/10.1155/2014/186864>

## Effect of Sulfamerazine on Oxidative Stress of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)

Muhammet Enis YONAR<sup>1</sup>  
Seval YILMAZ<sup>2</sup>  
Naim SAĞLAM<sup>3</sup>

**Abstract:** The aim of this study was to investigate effects of sulfamerazine on oxidative stress of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The fish were divided into four groups. The first group was fed with diets containing no sulfamerazine; the second group was supplemented with sulfamerazine at 100 mg kg<sup>-1</sup> for 21 days; the third group was treated with sulfamerazine at 200 mg kg<sup>-1</sup> for 21 days; fourth group were supplemented with sulfamerazine at 400 mg kg<sup>-1</sup> for 21 days. Blood samples were taken to determine of the malondialdehyde (MDA) levels and catalase (CAT) activities from fish on the 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup>, 14<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> days of feeding. The levels of MDA were lower in the groups exposed to three different doses of sulfamerazine treatment than in the control group on day 3<sup>rd</sup>. MDA levels began to increase depending on time at group supplemented with sulfamerazine. MDA levels were found to be higher at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine (P<0.05). CAT activities increased in rainbow trout after application of three different doses of sulfamerazine on day 3<sup>rd</sup> of exposure, while they decreased after application of sulfamerazine on day 14<sup>th</sup>, 21<sup>st</sup> of exposure. CAT activities were found to be higher at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose (P<0.05). It was observed that oxidant-antioxidant status changed in rainbow trout after application of different doses of sulfamerazine.

**Keywords:** catalase, malondialdehyde, rainbow trout, sulfamerazine

## Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda Oksidatif Stres Üzerine Sulfamerazinin Etkisi

**Özet:** Bu çalışmanın amacı gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda oksidatif stress üzerine sulfamerazinin etkilerini araştırmaktır. Balıklar dört gruba ayrıldı. İlk grup sulfamerazini içermeyen yemle (kontrol), ikinci grup 21 gün süreyle 100 mg kg<sup>-1</sup>, üçüncü grup 21 gün süreyle 200 mg kg<sup>-1</sup>, dördüncü grup 21 gün süreyle 400 mg kg<sup>-1</sup> sulfamerazini içeren yemlerle beslendi. Balıklardan kan örnekleri beslemenin 3., 7., 14. ve 21. günlerinde malondialdehit (MDA) ve katalaz (CAT) aktivitelerini belirlemek için alındı. MDA düzeyleri, 3. günde sulfamerazinin üç farklı dozunun uygulandığı balıklarda kontrol grubundan daha düşüktü. MDA düzeyleri sulfamerazine beslenen gruplarda zamana bağlı olarak artmaya başladı. 200 mg kg<sup>-1</sup> dozunda sulfamerazini uygulanan balıkların MDA düzeyleri 100 ve 400 mg kg<sup>-1</sup> oranında sulfamerazini uygulanan balıklara göre daha yüksek bulundu (P<0.05). CAT aktivitesi uygulamanın 3. gününde sulfamerazinin her üç dozunun uygulandığı balıklarda artarken, uygulamanın 14. ve 21. günlerinde azaldı. 100 ve 400 mg kg<sup>-1</sup> oranında sulfamerazini

<sup>1</sup>Corresponding author, Firat University, Fisheries Faculty, Department of Fisheries, 23119, Elazig, Turkey, meyonar@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9519-4247

<sup>2</sup>Firat University, Veterinary Faculty, Department of Biochemistry, 23119, Elazig, Turkey, sevalyilmaz@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5472-3560

<sup>3</sup>Firat University, Fisheries Faculty, Department of Fisheries, 23119, Elazig, Turkey, nsaglam@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3163-8432

uygulanan balıklara göre 200 mg kg<sup>-1</sup> dozunda sulfamerazin uygulanan balıklarda CAT aktivitesi daha yüksek tespit edildi (P<0.05). Sonuç olarak sulfamerazinin farklı dozlarının uygulandığı alabalıklarda antioksidan durumun değiştiği gözlemlendi.

**Anahtar kelimeler:** katalaz, malondialdehit, gökkuşuğu alabalığı, sulfamerazin

## INTRODUCTION

Several hazards and side-effects are associated with excessive usage of anti bacterial drugs for fish such as immunosuppression, nephrotoxicity, growth retardation, development of resistant bacterial strains, environmental problems such as drug residues in fish farm sediments and residues of drugs in fish products (Saglam & Yonar, 2009; Yonar et al., 2011). The interaction of drugs with lymphoid tissues may alter the functions and balance of the immune system and induce undesirable effects such as immunosuppression, uncontrolled cell proliferation, alternations in other host defence mechanisms against pathogens and it can induce neoplasia. Some drugs have been shown to stimulate immunological processes (Anderson & Zeeman, 1995; Anderson & Jeney, 1992). On the contrary, drugs such as oxytetracycline, oxolinic acid and sulphadiazine have been ascribed to immunosuppressive effects in carp and rainbow trout (Siwicki et al., 1989; Lunden et al., 1998; Lunden & Bylund, 2002; Yonar et al., 2011; Yonar, 2012).

Sulphonamides are among the drugs used to treat bacterial fish diseases. Sulphonamides are structural analogues and competitive antagonists of paraaminobenzoic acid (PABA). They inhibit normal bacterial utilization of PABA for the synthesis of folic acid, an important metabolite in DNA synthesis. The effects are usually bacteriostatic in nature. Folic acid is not synthesized in fish, but is instead a dietary requirement. This allows for the selective toxicity to bacterial cells (or any cell dependent on synthesizing folic acid) over fish cells. Bacterial resistance to sulfamerazine is caused by mutations in the folic acid enzyme that prevents the drug from binding and blocking folic acid synthesis (Treves-Brown, 2000). Sulfamerazine belongs to the group sulphonamides and is found in the 4-amino-N-[4- methyl-2-pyrimidinyl] benzene sulphonamide formulation. It is most often used as part of a synergistic combination with trimethoprim. Its primary activity is against susceptible forms of *Streptococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenzae* and oral anaerobes. It is commonly used to treat furunculosis, columnaris and bacterial kidney disease infections of fish (Saglam & Yonar, 2009).

Recent evidence indicates that the health of aquatic organisms might also be linked to oxidative stress, and several environmental contaminants may enhance oxidative stress in aquatic organisms (Kolayli & Keha, 1999; Lushchak, 2011). Oxidative stress is a term denoting an imbalance between the production of oxidants and the respective defense systems of an organism. Oxidants encompass oxygen free radicals, reactive nitrogen species, sulphur-centred radicals, and various others (Abuja & Albertini, 2001; Mişe Yonar et al., 2017). Oxidative stress occurs when reactive oxygen species (ROS) overwhelm the cellular defences. ROS are by-products of electron transport chains, enzymes, and redox cycling (Kelly et al., 1998). ROS are biologically important, damaging molecules such as lipids, DNA, or proteins, and are involved in the pathobiochemistry of degenerative diseases (Sies, 1991). The most widely used assay for lipid peroxidation is the malondialdehyde (MDA) formation, which represents the secondary lipid peroxidation product with the thiobarbituric acid reactive substances test (Draper et al., 1993; Janero, 1990). MDA is the final product of lipid peroxidation. The concentration of MDA is the direct evidence of toxic processes caused by free radicals (Sieja & Talerczyk, 2004; Mişe Yonar, 2019; Eksen & Mişe Yonar, 2021).

Antioxidant defenses, which are generally ubiquitous in animal species and different tissue types, are widely detected in aquatic organisms. Exposure to these contaminants depends on the particular dietary and ecological lifestyles of the aquatic organisms (Livingstone, 1998). Chemical toxic pollutants are important sources of ROS in biological systems (Kappus & Sies, 1981). Oxidative stress and damage to fundamental biomolecules and to antioxidant defenses of organisms are established field in environmental toxicology and ecotoxicology (Kelly et al. 1998; Mişer Yonar et al., 2019). Assaying antioxidant enzymes can offer an indication of the antioxidant status of the organisms and serve as biomarkers of oxidative stress (Kohen & Nyska, 2002). The primary antioxidant protection against these species is provided by the superoxide dismutase and catalase enzymes, respectively (Halliwell & Gutteridge, 2000). Consequently, these antioxidant enzymes contribute to the maintenance of a relatively low level of the reactive and harmful species hydroxyl radical (OH·), a chemical product of the reaction between O<sub>2</sub><sup>-</sup> and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. The OH· triggers the lipoperoxidation of membranes, a process that may be potentially dangerous to fish, since they possess a high content of polyunsaturated fatty acids (Kolayli & Keha, 1999; Hidalgo et al., 2002).

Specially adapted enzymes normally counteract damaging effects of oxidative stress, defined as a disruption of the prooxidant-antioxidant balance in favor of the former, leading to potential damage (Sies, 1991). Although the antioxidant enzymes have been characterized in fish and bivalves exposed in vivo or in situ at polluted sites (Di Giulio et al., 1993; Thomas & Wofford, 1993), the effects of sulfamerazine on the activities of the antioxidant system have not been investigated in any species, including teleost fish. Thus, the aim of the present study was to establish the effect of sulfamerazine on oxidative stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after application of different doses of sulfamerazine.

## MATERIALS and METHODS

Healthy rainbow trout having mean length 25.51±1.95 (21.40–28.20 cm) and mean weight 193.90±40.09 (124.20–280.30 g) were obtained from local fish farming. They were brought to the fish diseases laboratory in Fisheries Faculty and acclimatized to the laboratory conditions for 15 days under a natural photoperiod and ambient temperature. During this period, fish were fed ad libitum with pellet feedstuff twice a day. Before starting the test period, all experimental tanks of 650 L capacity, with water recirculation, were cleaned and filled with 500 L of spring water. Dissolved oxygen, pH and conductivity were determined using a digital oxygenmeter and a pH meter. The mean values for test water qualities were as follows: dissolved oxygen 8.01±0.83 mg L<sup>-1</sup>, pH 7.19±0.32, temperature 16.0±1 °C, electrical conductivity 168.3±6.2 µScm<sup>-1</sup>, alkalinity 181.6±8.7mg L<sup>-1</sup> and hardness 180.0±7.0 mg L<sup>-1</sup> as CaCO<sub>3</sub>.

The fish were divided into four groups, with 80 fish in each group. After a 2-week acclimation period, the experimental groups were fed with feedstuff containing 100 mg kg<sup>-1</sup>, 200 mg kg<sup>-1</sup> and 400 mg kg<sup>-1</sup> sulfamerazine and the control group was fed with a commercial pellet feed not supplemented with sulfamerazine. Three different doses (100, 200 and 400 mg kg<sup>-1</sup>) of sulfamerazine with three replicates were used in the test series. Control units with three replicates were also prepared. The amounts of 100, 200 and 400 mg sulfamerazine (Sigma, S-0800) for per kg fish weight were mixed with feed and given to the fish manually at a rate of approximately 2% fish body weight per day. The use of fish and the experimental protocol were approved by Institutional Ethics Committee for the Local Use of Animals in Experiments.

Blood samples were collected from the caudal vein of anaesthetized (Benzocaine, 50 mg mL<sup>-1</sup>) fish to determine the plasma MDA levels and erythrocyte catalase activities. Blood samples were collected into tubes containing anticoagulant (2 % sodium oxalate). The samples were centrifuged at 200 g for 5 min at +4 °C to separate their plasma and were kept at -20 °C until analyse.

Plasma MDA levels were measured by the modified method of Satoh (1978) based on the reaction with thiobarbituric acid and were expressed as nmol ml<sup>-1</sup>. CAT activity was determined by measuring the decomposition of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> at 240 nm, according to the method of Aebi (1984). The principle of the assay is based on determination of the rate constant k (s<sup>-1</sup>) or the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> decomposition rate at 240 nm. Results were expressed as k gHb<sup>-1</sup>, where k is the first-order rate constant.

Data were analysed by analysis of variance (ANOVA) using the General Liner Model procedure of the statistical analysis system with Duncan's multiple-range test. P value < 0.05 was considered to be statistically significant.

## RESULTS

Changes in MDA levels and catalase activities of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) in the control group and those exposed to 100 mg kg<sup>-1</sup>, 200 mg kg<sup>-1</sup> and 400 mg kg<sup>-1</sup> are presented in Tables 1-2.

The MDA levels on day 3<sup>rd</sup> of exposed to sulfamerazine were lower than those observed in control group fish. The MDA levels were found to be significant statistically between control group fish with fish exposed to a 100 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine on days 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup> and 200 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine on days 3<sup>rd</sup>, 7<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> (P<0.05).

The increases in MDA levels were observed at fish exposed to sulfamerazine as dependent on time. The MDA levels were found to be lower at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine (P<0.05).

The CAT activities were found to be statistically significant increase between control group fish and fish treated with different doses of sulfamerazine on day 3<sup>rd</sup> of exposure (P<0.05). A statistically significant decrease in CAT activities was found between control group fish and fish exposed to 100 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine on day 14<sup>th</sup> and 21<sup>st</sup> day of exposure (P<0.05). The CAT activities were lower than the levels of control with fish exposed to sulfamerazine on day 21<sup>th</sup>. The CAT activities were found to be higher at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose (P<0.05).

The increases in MDA levels were observed at fish exposed to sulfamerazine as dependent on time. The MDA levels were found to be lower at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine (P<0.05).

**Table 1.** Time-dependent change of the plasma MDA levels (nmol ml<sup>-1</sup>) in sulfamerazine administered groups.

Doses	Days				
	0	3	7	14	21
100	21.81±1.45 <sup>a</sup>	6.39±0.44 <sup>b</sup>	17.34±0.83 <sup>b</sup>	21.21±1.32 <sup>a</sup>	15.39±1.595 <sup>b</sup>
200	22.18±1.32 <sup>a</sup>	5.53±0.82 <sup>b</sup>	13.71±1.21 <sup>c</sup>	14.79±0.81 <sup>c</sup>	15.68±0.26 <sup>c</sup>
400	22.21±1.36 <sup>a</sup>	6.96±0.85 <sup>b</sup>	11.86±1.47 <sup>c</sup>	21.76±1.27 <sup>a</sup>	19.47±1.17 <sup>a</sup>

<sup>a, b, c</sup>: Different letters in the same column indicate statistical difference

**Table 2.** Time-dependent change of the blood CAT activities (kgHb<sup>-1</sup>) in sulfamerazine administered groups.

Doses	Days				
	0	3	7	14	21
100	45.91±2.37 <sup>ab</sup>	62.31±3.48 <sup>b</sup>	57.75±2.64 <sup>ab</sup>	44.60±3.17 <sup>a</sup>	35.71±2.03 <sup>c</sup>
200	44.43±2.06 <sup>a</sup>	62.77±3.29 <sup>b</sup>	47.58±3.85 <sup>b</sup>	37.31±1.66 <sup>a</sup>	35.21±3.24 <sup>c</sup>
400	42.38±1.74 <sup>a</sup>	47.21±3.28 <sup>a</sup>	42.45±1.78 <sup>a</sup>	31.28±1.92 <sup>b</sup>	33.22±2.10 <sup>b</sup>

<sup>a, b, c</sup>: Different letters in the same column indicate statistical difference

A statistically significant increase in CAT activities was found between control group fish and fish treated with different doses of sulfamerazine on the 3rd day of exposure ( $P < 0.05$ ). Statistically significant decrease was found in CAT activities between control group fish and fish exposed to 100 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine on the 14th and 21st days ( $P < 0.05$ ). The CAT activities were lower than the levels of control with fish exposed to sulfamerazine on day 21<sup>th</sup>. The CAT activities were found to be higher at fish exposed to 200 mg kg<sup>-1</sup> dose of sulfamerazine than those observed in fish exposed to 100 and 400 mg kg<sup>-1</sup> dose ( $P < 0.05$ ).

### DISCUSSION and CONCLUSION

Oxidative stress is the result of one of three factors: (1) an increase in ROS, (2) a disruption in antioxidant defense systems, or (3) a putative state to repair oxidative damage. Major damage induced by ROS results in changes in cellular macromolecules (membrane lipids, proteins and DNA) and cell function such as changes in intracellular calcium and intracellular pH or cell death (Swann et al. 1991). Lipid peroxidation is a well recognized mechanism of cellular injury used as an indicator of oxidative stress in cells and tissues. The use of lipid peroxidation as a marker of oxidative damage against different drugs is known and reported in the literature (Kelly et al., 1998). For example, Yonar et al., (2011) and Yonar (2012) showed an increase in MDA level in OTC-treated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). However, the role of oxidative stress in sulfamerazine toxicity to fish has not been investigated so far. In our study, the increased MDA level can be attributed to the free radicals formed by the application of sulfamerazine, and the changes in the oxidant-antioxidant status can be attributed to the possible accumulation of sulfamerazine in the blood.

The rapid increase in rainbow trout farming has drastically augmented the use of antimicrobials, in particular, antibiotics (Saglam & Yonar, 2009). Radi et al. (1985) state that more than 50 % of the fish tissues are composed of polyunsaturated fatty acids. Therefore, fish tissues are more sensitive to free-radical damage. In most fish, the red muscles are relatively scarce, and other tissues such as liver, blood, and kidney are more important in ROS production. In this study, we determined susceptibility to oxidative damage of the blood. Also, the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values for erythrocytes after exposure to H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> were found significantly different with respect to normal values.

Greenfield et al. (1991) have confirmed that in red cells both sulphasalazine and 5-aminosalicylic acid (5-ASA) act as antioxidants and inhibit the peroxidation of polyunsaturated fatty acids. This suggests a mode of action by which the documented antioxidant properties of these drugs may be exerting an effect. The ability of drugs to interact with the erythrocyte membrane and terminate free radical reactions may be different, or 5-ASA may have to enter the red blood cell, while sulfasalazine may act extracellularly. It is also possible that sulfasalazine has a greater affinity for free radicals but is therefore consumed more quickly than 5-ASA. This may explain why although sulfasalazine reduces malondialdehyde production at 10 minutes, production at 180 minutes is inhibited by 5-ASA more than equivalent concentrations of sulfasalazine. Inhibition of lipid peroxidation by sulfasalazine

supports the hypothesis that the prodrug sulfasalazine itself is active and scavenges (OH<sup>-</sup>) radicals and hypochlorous acid. Sulfasalazine and 5-ASA have these properties because they have a phenolic hydroxyl side group that provides scavenging ability but is absent on sulfapyridine. Sulphapyridine inhibited peroxidation at 10<sup>-3</sup> M and this drug has some antioxidant activity. The results in this study are in agreement with the results of previous studies. Fish exposed to sulfamerazine as dependent on time display a tendency toward decreased antioxidant enzyme activity. This study has demonstrated that treatment with sulfamerazine leads to oxidative damage in the form of an increase in MDA and a decrease in CAT activity. CAT activity was decreased by affected sulfamerazine toxication in the fish. Sulfamerazine toxicity led to free radicals and oxidative damage.

CAT, an enzyme mostly localized in peroxisomes is, with the glutathione redox cycle, the primary cellular enzymatic defence system against H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, converting it into H<sub>2</sub>O and O<sub>2</sub>. The lack of antioxidant system and changes in the activity of enzymes involved in oxidative stress observed in our system are likely to affect the capacity of cells to defend themselves and respond to pollutant-induced oxidative stress. Indeed, if detoxification of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> to H<sub>2</sub>O by CAT is impaired, a part of excess H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> may be converted to toxic OH<sup>-</sup> through the Fenton reaction, depending on free transition metal concentrations (Kehrer, 2000). Thus, CAT is critical for the process of scavenging free radicals. Sulphonamides disrupt CAT activity and lead to accumulation of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> increases the phagocytic activity of neutrophils. Sulphonamides lead to accumulation of toxic levels of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> for bacteria by inhibiting their CAT activity. In addition, hydroxyl radical (OH<sup>-</sup>) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kill cells as well as bacteria (Babior, 1978). CAT activities increased in a dose-related manner following exposure to sulfamerazine on day 3<sup>rd</sup>. A significant decrease of CAT activity was observed at high doses of sulfamerazine as dependent on time. In this study, significant decreases in CAT activity, which has an oxidant effect, were determined in sulfamerazine treated fish. This effect may be due to the possible increase in H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> levels of sulfamerazine. If the oxidative species are not rapidly eliminated, the loss of the physiological integrity of the cell can result in a deterioration in the cell's survivability capacity; this is a phenomenon observed at high doses of sulfamerazine at concentrations where CAT activities are greatly reduced. The decrease in CAT activity with sulfamerazine in our study further is supported by many studies that demonstrate a decrease in CAT activity in an oxidative stress situation (Kelly et al., 1998; Radi et al., 1985; Zigman & Rafferty, 1984). While sulfamerazine acts as an antioxidant in low-dose and short-term applications in rainbow trout, it can cause oxidative damage in high-dose and long-term applications. Fish research has demonstrated that mammalian and piscine systems exhibit similar toxicological responses to oxidative stress (Kelly et al., 1998). Hai et al. (1995) demonstrated a decrease in both reduced glutathione (GSH) content and CAT activity in carp (*Cyprinus carpio* L.) and catfish (*Ictalurus nebulosus*) after treatment with dichlorvos, an organophosphate insecticide known to induce oxidative damage. Similarly, the treatment of catfish (*Ameiurus nebulosus*) with menadione led to a decrease in GSH levels and CAT activity (Hasspieler et al., 1994).

The present study demonstrated that sulfamerazine induces alterations in the activity of CAT enzyme mediating the oxidative stress defence. Sulfamerazine stress can change biochemical data including enzyme activities and the amount of lipid peroxidation products. But these changes are also dependent on the type of sulfamerazine used, the fish species, dose and exposure time.

**Conflict of interest:** There is no conflict of interest among the authors.

## REFERENCES

- Abuja, P. M., & Albertini, R. (2001). Methods for monitoring oxidative stress, lipid peroxidation and oxidation resistance of lipoproteins. *Clinica Chimica Acta*, 306, 1-17. [https://doi.org/10.1016/s0009-8981\(01\)00393-x](https://doi.org/10.1016/s0009-8981(01)00393-x)
- Aebi, H. (1984). Catalase *in vitro*. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)
- Anderson, D. P., & Jeney, G. (1992). Immunostimulants added to injected *Aeromonas salmonicida* bacterin enhance the defense mechanisms and protection in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 34, 379-389. [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(92\)90177-R](https://doi.org/10.1016/0165-2427(92)90177-R)
- Anderson, D. P., & Zeeman, M. G. (1995). Immunotoxicology in fish. In G.M. Rand (Ed.), *Fundamentals of Aquatic Toxicology*. Boca Raton: CRC Press.
- Babior, B. M. (1978). Oxygen-dependent microbial killing by phagocytes (second of two parts). *The New England Journal of Medicine*, 298, 721-725. <https://doi.org/10.1056/NEJM197803302981305>
- Dalmo, R. A., Ingebrigtsen, K., & Bogwald, J. (1997). Non-specific defence mechanisms in fish, with particular reference to the reticuloendothelial system (RES). *Journal of Fish Diseases*, 20, 241-273. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2761.1997.00302.x>
- Di Giulio, R. T., Habig, C., & Callagher, E. P. (1993). Effects to black rock harbor sediments on indices of biotransformation, oxidative stress, and DNA integrity in channel catfish. *Aquatic Toxicology*, 26, 1-22. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(93\)90002-I](https://doi.org/10.1016/0166-445X(93)90002-I)
- Draper, H. H., Squires, E. J., Mahmooch, H., Wu, J., Agarwal, S., & Handley, M. (1993). A comparative evaluation of thiobarbituric acid methods for the determination of malondialdehyde in biological materials. *Free Radical Biology and Medicine*, 15, 353-363. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(93\)90035-S](https://doi.org/10.1016/0891-5849(93)90035-S)
- Eksen, T., & Miş̇e Yonar, S. (2021). Effect of ellagic acid on growth and some antioxidant parameters in scaly carp (*Cyprinus carpio*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(3), 337-343. <https://doi.org/10.12714/egejfas.38.3.10>
- Greenfield, S. M., Punched, N. A. & Thompson, R. P. (1991). Inhibition of red cell membrane lipid peroxidation by sulphasalazine and 5-aminosalicylic acid. *Gut*, 32, 1156-1159. <https://doi.org/10.1136/gut.32.10.1156>
- Hai, D. Q., Varga, I. S., & Matkovics, B. (1995). Effects of an organophosphate on the antioxidant system in fish tissues. *Acta Biologica Hungarica*, 46, 39-50.
- Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. C. (2000). *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford: Clarendon Press.
- Hassoun, E. A., & Stohs, S. J. (1996). TCDD, endrin and lindane induced oxidative stress in fetal and placental tissues of C57BL/6J and DBA/2J mice. *Comparative Biochemistry and Physiology (C)*, 115, 11-18. [https://doi.org/10.1016/S0742-8413\(96\)00116-8](https://doi.org/10.1016/S0742-8413(96)00116-8)
- Hasspieler, B. M., Behar, J. V., & Di Giulio, R. T. (1994). Glutathione-dependent defense in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and brown bullhead (*Ameriurius nebulosus*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 28, 82-90. <http://doi:10.1006/eesa.1994.1036>



- Hidalgo, M. C., Expósito, A., Palma, J. M., & De La Higuera, M. (2002). Oxidative stress generated by dietary Zn-deficiency: studies in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 34, 183-193. [https://doi.org/10.1016/s1357-2725\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/s1357-2725(01)00105-4)
- Janero, D. R. (1990). Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. *Free Radical Biology and Medicine*, 9, 515-540. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(90\)90131-2](https://doi.org/10.1016/0891-5849(90)90131-2)
- Kappus, H., & Sies, H. (1981). Toxic drug effects associated with oxygen metabolism, redox cycling and lipid peroxidation. *Experientia*, 37, 1233-1241. <https://doi.org/10.1007/BF01948335>
- Kehrer, J. P. (2000). The Haber-Weiss reaction and mechanisms of toxicity. *Toxicology*, 149, 43-50. [https://doi.org/10.1016/s0300-483x\(00\)00231-6](https://doi.org/10.1016/s0300-483x(00)00231-6)
- Kelly, S. A., Havrilla, C. M., Brady, T. C., Abramo, K. H., & Levin, E. D. (1998). Oxidative stress in toxicology: Established mammalian and emerging piscine model system. *Environmental Health Perspective*, 106, 375-384. <http://doi:10.1289/ehp.98106375>
- Kohen, R., & Nyska, A. (2002). Oxidation of biological systems: oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicological Pathology*, 30, 620-650. <https://doi.org/10.1080/01926230290166724>
- Kolayli, S., & Keha, E. (1999). A comparative study of antioxidant enzyme activities in freshwater and seawater-adapted rainbow trout. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 6, 334-337. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0461\(1999\)13:6<334::AID-JBT7>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0461(1999)13:6<334::AID-JBT7>3.0.CO;2-M)
- Livingstone, D. R. (1998). Organic xenobiotics in aquatic ecosystems: quantitative and qualitative differences in biotransformation by invertebrates and fish. *Comparative Biochemistry and Physiology (A)*, 120, 43-49. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(98\)10008-9](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(98)10008-9)
- Lundén, T., & Bylund, G. (2002). Effect of sulphadiazine and trimethoprim on the immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 85, 99-108. [https://doi.org/10.1016/S0165-2427\(01\)00422-6](https://doi.org/10.1016/S0165-2427(01)00422-6)
- Mişe Yonar, S. (2019). Growth performance, haematological changes, immune response, antioxidant activity and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diet supplemented with ellagic acid. *Fish and Shellfish Immunology*, 95, 391-398. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.056>
- Mişe Yonar, S., Yonar, M. E., & Ural, M. S. (2017). Antioxidant effect of curcumin against exposure to malathion in *Cyprinus carpio*. *Cellular and Molecular Biology*, 63(3), 68-72. <https://doi.org/10.14715/cmb/2017.63.3.1>
- Mişe Yonar, S., Yonar, M. E., Pala, A., Saglam, N., & Sakin, F. (2019). Effect of trichlorfon on some haematological and biochemical changes in *Cyprinus carpio*: The ameliorative effect of lycopene. *Aquaculture Reports*, 16, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100246>
- Pandey, S., Ahmad, I., Parvez, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R., & Raisuddin, S. (2001). Effect of endosulfan on antioxidants of freshwater fish *Channa punctatus* Bloch: 1. Protection against lipid peroxidation in liver by copper preexposure. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41, 345-352. <https://doi.org/10.1007/s002440010258>

- Radi, A. A., Hay, D. Q., Gabrielak, T., & Matkovics, B. (1985). Comparative antioxidant enzyme study in freshwater fishes. I. Distribution of superoxide dismutase, peroxide-decomposing enzymes and lipid peroxidation in herbivorous fishes. *Acta Biologica Hungarica*, 36, 169-174.
- Radice, S., Ferraris, M., Marabini, L., Grande, S., & Chiesara, E. (2001). Effect of iprodione, a dicarboximide fungicide, on primary cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) hepatocytes. *Aquatic Toxicology*, 54, 51-58. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(00\)00175-2](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(00)00175-2)
- Saglam, N., & Yonar, M. E. (2009). Effects of sulfamerazine on selected haematological and immunological parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1972). *Aquaculture Research*, 40, 395-404. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02105.x>
- Satoh, K. (1978). Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*, 90, 37-43. [https://doi.org/10.1016/0009-8981\(78\)90081-5](https://doi.org/10.1016/0009-8981(78)90081-5)
- Sieja, K., & Talerczyk, M. (2004). Selenium as an element in the treatment of ovarian cancer in women receiving chemotherapy. *Gynecologic Oncology*, 93, 320-327. <https://doi.org/10.1016/j.ygyno.2003.12.013>
- Sies, H. (1991). Role of reactive oxygen species in biological processes. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 69, 965-968. <https://doi.org/10.1007/BF01645140>
- Siwicki, A. K., Anderson, D. P., & Dixon, O. W. (1989). Comparisons of nonspecific and specific immunomodulation by oxolinic acid, oxytetracycline and levamisole in salmonids. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 23, 195-200. [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(89\)90122-0](https://doi.org/10.1016/0165-2427(89)90122-0)
- Swann, A. C., Secunda, S. K., Koslow, S. H., Katz, M. M., Bowden, C. L., Maas, J. W. ... Robins, E. (1991). Mania: sympathoadrenal function and clinical state. *Psychiatry Research*, 37, 195-205. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(91\)90075-z](https://doi.org/10.1016/0165-1781(91)90075-z)
- Thomas, P., & Wofford, H. W. (1993). Effect of cadmium and Aroclor 1254 on lipid peroxidation, glutathione peroxidase activity, and selected antioxidants in Atlantic croaker tissues. *Aquatic Toxicology*, 27, 159-178. [https://doi.org/10.1016/0166-445X\(93\)90052-3](https://doi.org/10.1016/0166-445X(93)90052-3)
- Treves-Brown, K. M. (2000). *Applied Fish Pharmacology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.
- Yonar, M. E. (2012). The Effect of lycopene on oxytetracycline-induced oxidative stress and immunosuppression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). *Fish and Shellfish Immunology*, 32(6), 994-1001. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2012.02.012>
- Yonar, M. E., Mişer Yonar, S., Silici, S. (2011). Protective effect of propolis against oxidative stress and immunosuppression induced by oxytetracycline in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). *Fish and Shellfish Immunology*, 31, 318-325. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.05.019>
- Zigman, S. & Rafferty, N. S. (1994). CAT activity in dogfish (*Mustelus canis*) ocular tissues. *The Biological Bulletin*, 187, 247-248.

## Kahramanmaraş İli'ndeki Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliği Yapılan İşletmelerde Çalışanların Sosyo-Demografik Özellikleri

Yüstra KARA<sup>1</sup>  
Serap SALER<sup>2</sup>

**Özet:** Bu çalışma, Kahramanmaraş ilinde mevcut bulunan gökkuşluğu alabalığı yetiştiriciliği yapılan işletmelerdeki personellere ait sosyo-demografik özelliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışma 2022 yılında Kahramanmaraş İl Tarım ve Orman Müdürlüğünde kayıtlı olan, faal olarak çalışan 35 adet alabalık yetiştiriciliği yapılan tesislerde gerçekleştirilmiştir. Alabalık yetiştiriciliği yapılan tesislerde çalışan personellere uygulanan anket çalışmasıyla elde edilen sonuçlara göre çalışanların büyük kısmının erkek ve yaş aralıkları çoğunlukla 40-49 olduğu, tüm çalışanların %40'lık kısmını oluşturdukları belirlenmiştir. Medeni durumlarının ise çoğunlukla evli olduğu tespit edilmiştir. Bekâr olan personeller genellikle aileleri ile birlikte yaşamaktadır. İşletmelerde çalışan personellerin % 47.5'inin 3 çocuğa sahip olduğu saptanmıştır. %32'sinin ilkokul mezunu oldukları görülmekte ve eğitim seviyesinin yüksek olmadığı anlaşılmaktadır. Kişilere uygulanan anket çalışmaları sonucunda, işletmelerdeki personellerin tamamının sosyal güvencesinin var olduğu belirlenmiştir. Çalışan personellerin % 80'inin bu meslekte 10 yıldan az bir süredir çalıştığı, mesleği seçme nedenlerinin ise % 48 ile aile bütçesine katkı olduğu, mesleğe devam etme isteği sorusunu %88 ile evet olarak yanıtladıkları belirlenmiştir. İşletmelerde çalışan personellerin gelir düzeylerinin genellikle 5000-7500 TL arasında olduğu ve ev mülkiyeti kendine ait olan personellerin %84'lük oran ile çoğunlukta olduğu uygulanan anket çalışmasıyla tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** sosyo-demografik analiz, gökkuşluğu alabalığı, su ürünleri, Kahramanmaraş

## Socio-Demographic Properties of Employees Working in Rainbow Trout Facilities in Kahramanmaraş

**Abstract:** This study was carried out to determine the socio-demographic characteristics of the personnel in the rainbow trout farms in Kahramanmaraş province. The study was carried out in 2022 actively working 35 trout farms registered in Kahramanmaraş Provincial Directorate of Agriculture and Forestry. According to the results obtained from the survey study applied to the personnel working in the trout farming facilities, it was determined that the majority of the employees were male and their age range was mostly 40-49, and they constituted 40% of all employees. It was determined that their marital status was mostly married. Single personnel usually live with their families. It has been determined that 47.5% of the personnel working in the enterprises have 3 children. It is seen that 32% of them are primary school graduates and it is understood that their education level is not high. As a result of the surveys applied to the individuals, it was determined that all the personnel in the enterprises have social security. It has been determined that 80% of the working personnel have been working in this profession for less than 10 years, the reason for choosing the profession was yes with 88% when asked whether they wanted to contribute to the family budget and continue their profession with 48%. It has been determined by the survey study that the income level of the personnel working in the enterprises is generally between 5000-7500 TL and the personnel who own the home ownership are in the majority with a rate of 84%.

<sup>1</sup>Tarım İl Müdürlüğü Elazığ, Türkiye, yrsrk23@gmail.com, Orcid: 0000-0002-4632-1606

<sup>2</sup>Corresponding author, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Elazığ Türkiye, serapsaler@gmail.com, Orcid: 0000-0001-5900-491X

**Keywords:** socio-demographic analysis, rainbow trout, aquaculture, Kahramanmaraş

## GİRİŞ

Su ürünleri sektöründe son yıllarda avcılık yolu ile elde edilen ürün miktarı azalırken, yetiştiricilik yolu ile su ürünleri eldesi rakamlarında bariz artışlar kaydedilmiştir. Diğer ülkelerle kıyaslandığında ülkemizde su ürünleri sektörünün tarihsel geçmişi yakın yıllara dayanmaktadır. Buna rağmen bu sektör gıda sektörü içinde yıldızı parlayan sektörlerin başında gelmektedir. Sazan yetiştiriciliği ile başlayan üretim, gökkuşağı alabalığı üretimi ile oldukça canlanmıştır. Levrek ve çipura yetiştiriciliğinin en trend gıda kaynakları arasında olması sektörde hızlı bir gelişmeyi de beraberinde getirmiştir. Denizlerde kafes sistemleri içinde yetiştiriciliğin ekonomik olması bu sistemlerin iç sulara adapte edilmesini sağlamıştır. Böylece özellikle büyük su kütlelerini oluşturan barajlar alabalık üretim merkezi haline gelmiştir. 2018 yılına kadar en fazla yetiştirilen balık çeşidi alabalık olurken ilk kez 2018 yılında levrek 1. sırayı almıştır. Denizel ortamlarda büyük çiftliklerin kurulması ve yeni kurulan barajların alabalık üretimine açılması ile birlikte alabalık yetiştiriciliği 2021 yılında tekrardan birinci sırada yer almıştır. Türkiye’de balık yetiştiricilik faaliyetlerinin başladığı ilk dönemden günümüze kadar alabalık sektör için her zaman en önemli balık türlerinden biri olmuştur (Dikel & Öz, 2022).

Büyüyen su ürünleri sektöründe işletmelerin gelecekteki üretim performansını etkileyecek en önemli etkenlerden biri çalışan personellerin mesleki nitelikleri olacaktır. Bu amaçla Türkiye’deki gökkuşağı alabalığı işletmelerinin biyolojik, ekonomik ve yapısal analizleri konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca yapılan araştırmalarda gökkuşağı alabalığı işletmelerinde çalışan personellerin demografik yapılarına dair bazı veriler çeşitli şekilde sunulmuştur. Su ürünleriyle ilgili sosyo-ekonomik ilk çalışma 1981 yılında yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Ege Bölgesi’ndeki tatlı su ürünleri işletmeleri seçilmiştir (Elbek, 1981).

Kahramanmaraş’ta Alabalık yetiştiriciliği tesislerinde yapılan iki araştırma mevcuttur. Güneş ve Köprücü (2019), ildeki gökkuşağı alabalığı kuluçkahanelerinin yapısal, biyolojik ve teknik yönlerini araştırmıştır. Araştırmada çalışanların meslek niteliği ve tecrübesi, yaş dağılımları, cinsiyetleri ve öğrenim durumlarıyla ilgili sınırlı da olsa bazı sosyo-ekonomik parametrelerin analizi yapılmıştır. Candemir (2021) aynı ilde bulunan alabalık işletmelerinin yapısal özelliklerini ve su ürünleri desteklemelerine ilişkin görüşlerini değerlendirmiştir. Araştırmacı çalışmasında sosyo-ekonomik bir analiz yapmamıştır.

Bu çalışma ile Kahramanmaraş ilinde mevcut bulunan gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapan işletmelerde çalışan personelin demografik, sosyo-ekonomik yapılarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve METOT

Araştırma Kahramanmaraş ilinde mevcut gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapan 35 adet işletmenin yer aldığı Kılavuzlu Barajı ve diğer akarsularda mevcut işletmelerde yapılmıştır. Yıl içinde iki kez tesislere gidilmiştir.

Araştırmanın materyalini, Kahramanmaraş ili sınırları ilçesinde faaliyet gösteren gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) yetiştiriciliği yapan işletmeler (35 adet işletme) oluşturmuştur. Bu çalışmanın amacına uygun olarak, işletmede çalışanların sosyo-demografik özelliklerini belirlemek amacıyla 1 adet anket hazırlanmıştır. Araştırma süresinde iki kez belirlenen işletmeler ziyaret edilmiştir. İşletmelerde çalışan personele anket soruları verilerek kendi iradeleri ile anket sorularını cevaplamaları istenmiştir.

İşletmelerde çalışan personellerin sosyo-demografik özelliklerine ait veriler anket formları yardımıyla,

tam sayım yöntemi uygulanarak analiz edilmiştir. Personelin sosyo-ekonomik ve sosyo-demografik yapılarını ortaya çıkaracak şekilde hazırlanmış sorulara, kişiler kendi iradeleri ile cevap vermişlerdir. Verilerin bilgisayarlara girilmesi ve değerlendirilmesinde MS Excel programı kullanılmıştır.

## BULGULAR

İşletmelerin sosyo-demografik yapısı incelenirken; işletmelerde çalışan personellerin yaşı, cinsiyet durumu, medeni hali, eşinin çalışıp çalışmama durumu, çocuk sayısı, ideal çocuk sayısı, öğrenim düzeyi, eşlerinin öğrenim durumu, çocukların öğrenim durumu, bakmakla yükümlü olduğu nüfus sayısı, günlük çalışma süresi, sosyal güvenlik durumları, mesleki tecrübesi, balıkçılığı seçme nedeni, mesleğe devam etme isteği, idari çalışanlarla ve iş arkadaşları ile ilişkileri, yetiştiricilik dışı uğraşları, gelir düzeyleri, ev ve otomobil sahipliği, bilgisayar ve internet kullanım durumları belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 1 de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kahramanmaraş ili'ndeki gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılan işletmelerde çalışanların sosyo-demografik analizi.

<b>Cinsiyet durumu</b>				
Kadın	Erkek			
%32	%68			
<b>Yaş aralığı</b>				
20-29	30-39	40-49	50-59	
%20	%34	%40	%6	
<b>Medeni durumu</b>				
Evli	Bekâr			
%84	%16			
<b>Eşlerinin çalışma durumu</b>				
Çalışıyor	Çalışmıyor			
%43	%57			
<b>Çocuk sayısı</b>				
1	2	3	4	5+
%10	%25	%47	%10	%8
<b>İdeal çocuk sayısı</b>				
1	2	3	4+	
%2	%26	%44	%28	
<b>Öğrenim durumu</b>				
İlkokul	Ortaokul	Lise	Üniversite	
%32	%22	%30	%16	
<b>Eşlerinin öğrenim durumu</b>				
İlkokul	Ortaokul	Lise	Üniversite	
%50	%31	%12	%7	
<b>Çocuklarının öğrenim durumu</b>				
İlkokul	Ortaokul	Lise	Üniversite	
%25	%25	%35	%15	
<b>Bakmakla yükümlü olduğu nüfus sayısı</b>				
2	3	4	5+	
%15	%20	%50	%15	
<b>Günlük çalışma süresi</b>				
6-8 saat	8-12 saat			
%82	%18			
<b>Sosyal güvenlik durumu</b>				
Var	Yok			
%100				
<b>Meslek tecrübesi</b>				
1-10yıl	11-20 yıl	21-30 yıl		
%80	%18	%2		

**Balıkçılığı seçme nedeni**

Aile bütçesine katkı	Baba mesleği	Su kenarında ikamet	Hobi	İşsizlik	Eğitimi olmak
%48	%2	%8	%12	%24	%6

**Mesleğe devam etme isteği**

Evet	Hayır	Bilmiyor
%88	%4	%8

**İdari çalışanlarla ve iş arkadaşları ile ilişkileri**

İyi	Orta	Kötü
%98	%2	0

**Balıkçılık dışında mesleği**

Yok	Çiftçilik	Serbest	Hayvancılık
%56	%22	%20	%2

**Gelir düzeyi**

1000-5000TL	5000-7500 TL	7500 TL+
%2	%80	%18

**Ücret yeterlilik durumu**

Yeterli	Yetersiz
%36	%64

**İşinden memnuniyeti**

Memnun	Memnun değil
%90	%10

**Maddi sıkıntılarda ilk başvuracağı yer**

Aile	Banka	İşveren	Diğer
%44	%30	%30	%6

**Ev mülkiyeti durumu**

Kiracı	Ev sahibi
%16	%84

**Konut tipi durumu**

Apartman	Tek kat müstakil ev	İki kat müstakil ev
%46	%30	%24

**Otomobil mülkiyet durumu**

Var	Yok
%66	%34

**Bilgisayar ve internet kullanım durumu**

Evet	Hayır
%80	%20

**Güncel gelişmeleri takip etme durumu**

Hayır	Radyo televizyon	İnternet
%12	%26	%62

**Sivil toplum örgütleri veya kooperatif üyeliği durumları**

Üye	Üye değil
%10	%90

İşletmelerdeki personelin büyük bölümünün (%68) erkeklerden oluştuğu görülmüştür. Kadın personel toplam personel sayısının %32'lik kısmını oluşturmaktadır. Çalışanların en yüksek oranını %40 ile 40-49 yaşları arasında olanlar; en düşük oranını ise %6 ile 50-59 yaşında olanlar oluşturmaktadır. İkinci yüksek orana %34 ile 30-39 yaş arasında olanlar sahiptir. 60-69 yaş grubunda, 70 yaş ve üzerinde herhangi bir çalışanın olmadığı görülmektedir. Tesislerde çalışan evli olan işletme personel oranı %84 olup, %16'lık kısmı bekâr personelden oluşmaktadır. Çalışan personellerin çocuk sayılarına bakıldığında %47'lik oranla 3 çocuğa sahip personeller ilk sırayı almaktadır.

Personellerin bakmakla yükümlü olduğu nüfus sayısına göre değerlendirmelerine bakıldığında %50'lik diliminin 4 kişi, %20'lik diliminin 3 kişi son olarak ise %15'lik diliminin 2 kişi ve yine %15'lik diliminin

5 ve üzeri kişi olarak yanıtladıkları görülmektedir.

İşletmelerde çalışan personellerin günlük çalışma sürelerine göre değerlendirmelerinde saat aralıkları 6-8 saat, 8-12 saat, 12-16 saat şeklinde belirlenmiştir. Personellerin günlük çalışma sürelerine bakıldığında %82'lik oranla en fazla 6-8 saat aralığında, %18'lik dilimin ise 8-12 saat aralığında çalıştıkları anket sonucunda tespit edilmiştir. Anket çalışmasına katılan personellerden 12-16 saat aralığında çalışanın olmadığı gözlemlenmiştir.

Alabalık yetiştiriciliği yapan işletmelerde çalışan personellerden % 100 'ünün sosyal güvencesinin var olduğu gözlemlenmiştir. İşletmelerde çalışan personelin büyük oranını sektörde 1-10 yıl arasında çalışmış olanlar oluşturmaktadır (% 80). Sektörde 11-20 yıl arasında çalışanların oranı % 18'dir. Mesleki tecrübeleri 21-30 yıl arasında olanlar toplam personelin % 2'sini oluşturmuştur. Meslekte deneyimi 31-40 yıl, 41 yıl ve üzeri süreyle sektörde çalışmış olanların olmadığı tespit edilmiştir.

Personelin büyük bir oranının aile bütçesine katkıda bulunmak amacıyla işletmelerde çalıştığı, % 24'ünün işsizlik, %12'sinin hobi, %8'inin su kenarında ikamet, %6'sının eğitimini almış olmak olarak cevapladığı görülmektedir. Balıkçılığı seçme nedenlerinden biri olan baba mesleği ise % 2'lik oranla en son sırada yer almaktadır.

Personellerin iş arkadaşları ve idari çalışanlarla ilişkilerinin kötü olmadığı, tamamına yakınının iletişimlerinin iyi olduğu gözlemlenmiştir. Çalışanların % 56'sının balıkçılık dışında mesleği ve maddi gelir kaynağının olmadığı tespit edilmiştir. Bunun dışında % 22'sinin çiftçilikle, %20'sinin serbest meslekle, %2'sinin ise hayvancılık ile ek gelir kaynağı sağladığı belirlenmiştir.

Personelin % 64 ünün ücreti yetersiz, %36'sının ücreti yeterli bulduğu, ayrıca %90 nın işinden memnun olduğu belirlenmiştir. Kişilerin % 84'ünün ev sahibi olduğu ve n fazla apartman dairesinde ikamet ettikleri ifade edilmiştir. Günceli takip etmede internet en fazla kullanılan kaynak olarak ortaya çıkmıştır.

## TARTIŞMA ve SONUÇ

Kahramanmaraş ilinde bulunan gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılan tesislerde çalışan personele ait sosyo-demografik araştırmanın yapıldığı bir araştırma bulunmaması bu araştırmanın ilk olması özelliğini beraberinde getirmektedir. Önceki yıllarda sadece işletmelerin yapısal, teknik ve biyolojik özellikleri ile ilgili araştırmalar mevcuttur. Bu araştırmalarda sosyo-ekonomik analiz yapılacak veri sayısı oldukça kısıtlıdır (Güneş & Köprücü, 2019; Candemir, 2021). Dolayısıyla personele ilişkin sosyo-demografik durum açık bir şekilde ortaya konulmamıştır. Bu nedenle çalışmanın sonuçları Türkiye'de bu konuda yapılmış benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Araştırmamızda çalışanların en yüksek oranını % 40 ile 40-49 yaşları arasında olanlar; en düşük oranını ise % 6 ile 50-59 yaşında olanlar oluşturmaktadır. İkinci yüksek orana % 34 ile 30-39 yaş arasında olanlar sahiptir. 60-69 yaş grubunda, 70 yaş ve üzerinde herhangi bir çalışanın olmadığı görülmektedir. İşletmelerde yaş aralığının 20-59 yaş arasında olduğu belirlenmiştir. Çağlak vd. (2012), Balıkesir'deki işletmelerde çalışan personelin % 71'lik kısmının 30 yaş üzeri olduğunu ifade etmiştir. Birici vd. (2016), aynı ilde yaptıkları araştırmada işletmecilerin 18-65 yaş aralığında olduğunu, Aydoğdu & Özdemir (2019), Elazığ ilinde bulunan alabalık işletmelerindeki personelin yaş aralığının 19-59 arasında değiştiğini ifade etmişlerdir. Bu bulgular mevcut çalışma sonucuyla uyum göstermektedir. Buruç ve Kızak (2018) Bitlis ilindeki tesislerde çalışan personelin 43-61 arasında değiştiğini, Güneş & Köprücü (2019) Kahramanmaraş'taki gökkuşağı alabalığı kuluçkahanelerindeki personellerin yaş dağılımının 17-75 aralığında değiştiğini ve %44,94'ünün 20-29 yaş aralığında olduğunu, Erdem vd. (2022),

Karadeniz'deki su ürünleri işleme tesislerinde çalışan personelin yaş dağılımının 18-60 arasında olduğu, genç çalışan oranının yüksek olduğu, ağırlıklı olarak 18 ila 50 yaş grubunun %90'ı oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Personelin % 68'i erkek, % 32'si ise kadınlardan oluşmaktadır. Çağlak vd. (2012), Balıkesir'deki işletme çalışanlarının % 79'unun kadın, % 21'inin erkek olduğunu, Aydoğdu İmert (2015), Elazığ ilindeki işletmelerde çalışan personelin % 94, 66'sının erkek, % 5,34'ünün kadın olduğunu, Birici vd. (2016) Elazığ ilindeki işletmelerde çalışanların % 95,5'inin erkek, %4, 5'inin kadın olduğunu, Buruç & Kızak (2018) Bitlis ilinde su ürünleri yetiştiriciliği yapan tesis çalışanlarının %86'sının erkek, %14'ünün kadın olduğunu, Güneş & Köprücü (2019) Kahramanmaraş'taki gökkuşuğu alabalığı kuluçkahanelerindeki personellerin %94,38'inin erkek %5,62'sinin kadın olduğunu, Kara & Saler (2021) Malatya ili alabalık işletmelerinde çalışan personellerin %97'sinin erkek, %3'ünün kadın olduğunu, Olgunoğlu vd. (2022) Adıyaman ilindeki işletmelerde çalışan personelin tamamının erkek olduğunu belirtmişlerdir. Bu tesislerde istihdam edilen personelin ezici çoğunluğunu erkek elemanlar oluşturmuştur. Bu bulgular bu sektörün erkek egemen bir sektör olduğunu göstermektedir.

İşletmelerde çalışan personelin medeni durumlarına bakıldığında evli personel oranının % 84 olduğu görülmüştür. Evli olmayan personelin oranı ise % 16'dır. Başka işletmelerde de evli olan personelin daha fazla olduğu gözlenmiştir (Mete & Yüksel, 2014; Aydoğdu İmert 2015; Birici vd. 2016; Doğan & Alıçlı, 2018; Kara & Saler, 2021).

Çocuk sayılarına bakıldığında % 47'lik oranla 3 çocuğa sahip personeller ilk sırayı almaktadır. Başka işletmelerde çalışan personellerin çocuk sayısı 2- 3 arasında değişmektedir (Mete & Yüksel, 2014; Doğan & Alıçlı, 2018; Aydoğdu & Özdemir, 2019; Onay & Sağlam, 2020; Kara & Saler, 2021). Ayrıca ideal çocuk sayısı kaç olmalı sorusuna %44'lük kısmı 3 çocuk olarak cevap vermişlerdir. Elazığ ilinde çalışan personelde ideal çocuk sayısının 3 olması yönünde fikirlerini belirtmişlerdir (Birici, 2016).

Kahramanmaraş ilinde bulunan alabalık işletmelerinde çalışan personellerin %32'sini ilkökul, %30'sini ise lise mezunları oluşturmaktadır. İşletmelerde okur yazar ve okuma yazma bilmeyen personellerin olmadığı tespit edilmiştir. Benzer işletme personelleri eğitim durumlarına bakıldığında en fazla ilkökul ve lise eğitimi gören personel istihdam edilmiş olup, üniversite mezunu personel oldukça az sayıda kaydedilmiştir (Çağlak vd. 2012; Birici vd. 2014; Mete & Yüksel, 2014; Onay & Sağlam, 2020; Kara & Saler, 2021).

Bakmakla yükümlü olunan nüfus sayısı sorusunu personellerin %50'sinin 4 kişi, %20'sinin 3 kişi, %15'inin 2 kişi son olarak %15'inin 5 ve üzeri kişi olarak yanıtladığı tespit edilmiştir. Mete & Yüksel (2014), Seyhan Baraj gölü balıkçılarının hanelerindeki kişi sayısının çocuk sayısı ile paralellik gösterdiğini, Birici (2016), Elazığ ilindeki su ürünleri işletmecilerinin %83,7'sinin hane nüfusunun anne, baba ve çocuklardan oluştuğunu, %5,4'ünün anne, baba, çocuklar, büyükanne ve büyükbaba dan oluştuğunu ifade etmiştir. Buruç & Kızak (2018), Bitlis ilindeki su ürünleri yetiştiricilerinin ezici çoğunluğunun 6 veya 7 kişiye, bir yetiştiricinin ise 5 kişiye bakmakla yükümlü olduğunu tespit etmişlerdir.

İşletmelerde çalışan personellerin günlük çalışma süreleri 6-8 saat, 8-12 saat, 12-16 saat şeklinde 3 grupta değerlendirilmiş ve personellerin %82'sinin günlük çalışma süresi 6-8 saat aralığında, %18'inin günlük çalışma süresi 8-12 saat aralığında olduğu anket sonucunda tespit edilmiştir. Çalışmamıza katılan personellerden 12-16 saat aralığında çalışan kimsenin olmadığı gözlemlenmiştir. Mete & Yüksel (2014), Seyhan Baraj gölü balıkçılarının %66'sının sezon içinde 4 ile 7 gün arasında avlanmakta olduğunu,



Olgunoğlu vd. (2022), Adıyaman ilindeki işletmelerde çalışan personellerin %30'unun günlük çalışma süresinin 12 saatin üzerinde, %70'inin günlük çalışma süresinin ortalama 10-12 saat aralığında olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmamızın yapıldığı Kahramanmaraş ilinde alabalık işletmelerinde çalışan personellerin tamamının sosyal güvencesinin olduğu tespit edilmiştir. Son yıllarda sigortasız personelin çalıştırılmasının yasaklanmasının bu duruma etki ettiği gerçektir.

Balıkçılığı seçme nedeninin en net cevabı % 48 ile aile bütçesine katkı olarak verilmiştir. Aydoğdu & Özdemir (2019), Kara & Saler (2021), Olgunoğlu vd. (2022), araştırmalarında personelin çoğunluğunun ailelerini geçindirmek için bu işte çalıştıklarını ifade ettiklerinin belirlemişlerdir. Ayrıca bu araştırmaların çoğunda Kahramanmaraş ta çalışan personel de olduğu gibi mesleğe devam etme isteklerinin yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Kahramanmaraş su ürünleri işletmelerinde çalışanların %56'sının balıkçılık dışında mesleğinin olmadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışanların %22'sinin çiftçilikle, %20'sinin serbest meslekle, %2'sinin ise hayvancılıkla uğraştığı araştırma sonucunda rapor edilmiştir. Mete & Yüksel (2014), Seyhan baraj gölündeki balıkçıların % 49'unun balıkçılıktan başka çiftçilik ve hayvancılık ile kazanç sağladıkları ve % 2'sinin esnaf olduğunu, Buruç & Kızak (2018), Bitlis ilindeki su ürünleri tesis çalışanlarının büyük çoğunluğunun balıkçılıkla uğraştığı bir kişinin çiftçilik yaptığını, Onay & Sağlam (2020), Keçiören ilçesinde bulunan su ürünleri satış yerleri sahiplerinin büyük kısmının sadece balıkçılıkla uğraştığını, bunun yanında kuyumcu, çiftçi, market işletmecisi olarak çalışanların var olduğunu tespit etmişlerdir.

İşletmelerde çalışan personelin %80'inin gelir düzeyinin 5000-7500 TL aralığında olduğu, %18'inin 7500 TL üstü olduğu, %2'sinin 1000-5000 TL gelir aralığında olduğu, 1000 TL altı gelir aralığında ise hiç kimsenin olmadığı belirlenmiştir. Tesislerde çalışan personele çoğunlukla o dönemin asgari ücreti olan tutarın ödendiği belirlenmiştir.

İşletmelerde çalışanların %90'ının işinden memnun olduklarını, %10'unun ise işinden memnun olmadıklarını belirttikleri tespit edilmiştir. Çağlak vd. (2012), Balıkesir'deki işletme çalışanlarının % 88'inin işinden memnun olduğunu % 12'sinin işini idare eder olarak değerlendirdiğini, Olgunoğlu vd. (2022), çalışanların % 88.89'unun çalıştığı işten memnun olmadığı, memnun olanların %81.82'sinin işyeri sahibi ve çalışanı ya da ortağı olduğunu belirtmiştir.

Personelin %84'ünün ev %66'sının otomobile sahip oldukları belirlenmiştir. Balıkesir, Keçiören, Malatya ve Adıyaman'daki tesislerde çalışan personellerin de ev ve otomobil sahibi olanların oranı oldukça yüksektir (Çağlak vd. 2012; Onay & Sağlam, 2020; Kara & Saler, 2021; Olgunoğlu vd. 2022).

Personellerin %80'inin bilgisayar ve internet kullandıkları %20'sinin ise kullanmadıkları teknolojik süreçlerde aktif düzeyde oldukları araştırma sonucunda belirlenmiştir. Birici vd. (2016) Elazığ ilindeki işletmelerde çalışanların %73,9'unun bilgisayar ve internet kullandıklarını %25,2'sinin bilgisayar ve internet kullanmadığını, Onay & Sağlam (2020,) Keçiören ilçesinde bulunan su ürünleri satış yerleri sahiplerinin %52'sinin işyerinde internet kullandığı, %56'sının iş ortamında bilgisayarının olduğu, %81'inin televizyondan faydalandıklarını ifade etmişlerdir.

Personelin %62'sinin internet, %26'sının radyo ve televizyon üzerinden gelişmeleri takip ettikleri %12'sinin güncel gelişmeleri takip etmedikleri görülmektedir. Çalışmaya katılanlardan görsel ve yazılı basın üzerinden güncel gelişmeleri takip edenlerin ise olmadığı tespit edilmiştir. Aydoğdu & Özdemir (2019), Elazığ ilinde bulunan alabalık işletmelerindeki personelin %56,8'inin telsiz ve mobil telefon

kullandığı % 68,3'ünün radyo dinlediği %2,4'ünün televizyon izlediği, Onay & Sağlam (2020), Keçiören ilçesinde bulunan su ürünleri satış yerleri sahiplerinin güncel gelişmeleri takip etme aracı olarak işyerinde %52'sinin ve evde %78'inin internet kullandığı, işyerinde %56'sının bilgisayarı olduğu, %81'inin televizyondan faydalandıkları saptanmıştır.

## SONUÇ

Bu araştırma ile Kahramanmaraş ili gökkuşuğu alabalığı tesislerinde çalışan personelin cinsiyet durumu, yaşları, eğitim durumları, eşlerinin ve çocuklarının eğitim durumları, ideal çocuk sayısı görüşü, bakmakla sorumlu olduğu nüfus sayısı, aylık gelirleri, medeni durumları, çocuk sayısı ve yaş aralıkları, sosyal güvence durumları, araç ve ev mülkiyet durumları, mesleki tecrübe yılları ve mesleği seçme nedenleri, günlük çalışma süreleri, mesleğe devam etme istekleri, iş arkadaşları ile ilişki durumları, ücret yeterlilik durumu, işlerinden memnuniyet durumu, maddi sıkıntılarında başvuracağı muhataplar, bilgisayar internet kullanma durumları, sivil toplum örgütleri veya kooperatif üyeliği durumlarına ait sorulara verilen cevaplar doğrultusunda analiz yapılmıştır. Araştırma ile alabalık yetiştiriciliği yapılan tesislerde çalışanların sosyo-demografik özellikleri ortaya konulmuş ve bu araştırmanın sonraki yıllarda yapılacak sosyo-demografik çalışmalarına rehberlik edeceğini umut etmekteyiz.

### *Teşekkür*

Bu çalışma, birinci yazarın "Malatya İli'nde Gökkuşuğu Alabalığı Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Sosyo-Demografik Özellikleri" isimli yüksek lisans tezinden türetilmiştir. Desteklerinden dolayı Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na teşekkür ederiz.

### *Etik Standartlar Beyanı*

Araştırmanın yapılabilmesi için Fırat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 09/07/2020 tarihli ve 400773 sayılı karar ile onay alınmıştır.

### *Çıkar Çatışması Beyanı*

Yazarlar bu makale ile ilgili başka kişi veya kurumlar ile çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Aydoğdu İmert, S. (2015). *Elazığ Yöresi'nde gökkuşuğu alabalığı (Oncorhynchus mykiss) yetiştiriciliği yapan farklı kapasitedeki işletmelerin yapısal, teknolojik, verimlilik ve çalışanlarının sosyo-ekonomik analizleri* [Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi].
- Aydoğdu İmert S., & Özdemir, Y., (2019). Elazığ yöresi'nde gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliği yapan farklı kapasitedeki işletme çalışanlarının sosyo-ekonomik yapısı. *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 5(2), 104-115.
- Birici, N., Şeker, T., Balcı, M., Çelik, B., & Karakaya, G. (2016). Elazığ ilinde gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* L.) yetiştiriciliği yapan işletmecilerin sosyo-demografik özellikleri *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 3-18.
- Buruç, O., & Kızak, V. (2018). Bitlis ilinde su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmecilerin sosyo-ekonomik analizi. *Menba Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(2), 1-6.
- Candemir, S. (2021). Alabalık işletmelerinin yapısal özellikleri ve su ürünleri desteklemelerine ilişkin görüşlerinin değerlendirilmesi: Kahramanmaraş, Gaziantep ve Şanlıurfa illeri örneği. *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 7(1), 92-100.

- Çağlak, E., Çağlak, S., & Karşlı, B. (2012). Su ürünleri işleme tesislerinde çalışanların sosyo-ekonomik analizi: Balıkesir ili örneği. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 27(2), 47-67.
- Dikel, S., & Öz, M., (2022, July 18-19). *Alabalık yetiştiriciliğinin Türkiye balıkçılığı açısından önemi* [Conference presentation]. 10th International Conference on Agriculture, Animal Sciences and Rural Development- ISPEC, Sivas, Türkiye.
- Doğan, K., & Alıçlı, Z. T. (2018). Şile (İstanbul) su ürünleri kooperatifi ve ortaklarının sosyo - ekonomik analizi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 11(2), 20-24.
- Elbek, A. G. (1981). *Ege Bölgesi'nde tatlıs ürünleri üreten işletmelerin yapısal ve ekonomik analizi* [Doktora Tezi, Ege Üniversitesi].
- Erdem, M. E, Yücel, Ş., & Çoban, S. (2022). Su ürünleri işleme tesislerinde çalışanların sosyo-ekonomik durumları: Karadeniz bölgesi örneği. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 10(7), 1230-1236.
- Güneş, E., & Köprücü, K. (2019). Kahramanmaraş'taki gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kuluçkahanelerinin yapısal, biyolojik ve teknik yönlerden araştırılması. *Acta Aquatica Turcica*, 15(1), 68-79.
- Kara, F., & Saler, S. (2021). Malatya ilinde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin sosyo-demografik özellikleri. *Ecological Life Sciences*, 16(4), 142-150.
- Mete, S. O., & Yüksek, F. (2014). Seyhan Baraj Gölü'ndeki ticari ve sportif balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(1), 27-42.
- Olgunoğlu, İ. A., Ukav, İ., Artar, E., & Olgunoğlu, M. P. (2022). Perakende balık satış yerlerinde çalışanların demografik ve sosyo-ekonomik durumu: Adıyaman ili örneği. *Kesit Akademi Dergisi*, 8(30), 482-496.
- Onay, M., & Sağlam, N. E., (2020). Keçiören (Ankara) ilçesi balık satış işletmelerinde çalışanların sosyo-ekonomik analizi. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(3), 325-329.

## Karasu Nehri (Türkiye) Zooplanktonu

**Serap SALER<sup>1</sup>**  
**Gökhan KARAKAYA<sup>2</sup>**

**Özet:** Bu araştırmada, Ocak 2019 ile Aralık 2019 tarihleri arasında Karasu Nehri üzerinde belirlenen örnekleme noktalarından aylık olarak yerinde ölçümler (Sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH,) yapılarak ve zooplankton örnekleri alınarak tür teşhisleri yapılmıştır. Çalışmada toplam 49 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Bu türlerden 35 tür Rotifera, 11 tür Cladocera ve 3 tür Copepoda grubundandır. Rotifera'ya ait olan türler toplam zooplanktonun %71,4, Cladocera %22,5 ve Copepoda %6,1'lik kısmını oluşturmuşlardır. Araştırma süresince her ay zooplankton türleri kaydedilmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar aylarının başlarında zooplankton yoğunluğu ve birey sayılarında artışlar gözlenirken kış aylarında zooplankton tür ve birey sayılarında azalmalar kaydedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** zooplankton, rotifera, cladocera, copepoda, Karasu Nehri.

## Zooplankton of Karasu River (Türkiye)

**Abstract:** In this research, species identifications were made by monthly on-site measurements (Temperature, dissolved oxygen, pH,) and taking zooplankton samples from the sampling points determined on the Karasu River between January 2019 and December 2019. A total of 49 zooplankton species were identified in the study. Among these species, 35 species of Rotifera, 11 species of Cladocera and 3 species of Copepoda. Species belonging to Rotifera constituted 71.4% of the total zooplankton, 22.5% of Cladocera and 6.1% of Copepoda. During the research, zooplankton species were recorded every month. While increases were observed in zooplankton density and individual numbers in the spring, summer and early autumn months, decreases were observed in the number of zooplankton species and individuals in winter months.

**Keywords:** zooplankton, rotifera, cladocera, copepoda, Karasu River.

### GİRİŞ

Akarsular ve nehirler gibi akan su ekosistemlerinin yüksek düzeyde biyoçeşitliliğe sahip olduğu iyi bilinmektedir. Zooplankton bolluğu ötrofikasyon ve kirlilik seviyeleri için bir göstergedir çünkü zooplankton bolluğu ve bileşimi su kalitesi ile yakından ilişkilidir ve göllerin trofik seviyelerine bağlı olarak artan ve azalan bir model gösterir. Çeşitli kirleticiler, habitat bozulmasına ve biyoçeşitliliğin kaybına neden olarak ve su ekosistemlerinin işleyişini ve hizmetini büyük ölçüde tehlikeye atarak küresel tatlı su ekosistemlerini etkiler (Vörösmarty vd. 2010; Dudgeon vd. 2006; Woodward vd. 2012).

Akarsular, zooplanktona ayrı, karmaşık bir habitat sunar ve yüksek sayıda mikrozooplanktonu destekleyebilir. Genellikle daha büyük kladoseranlar ve kopepodların hâkim olduğu zooplankton topluluklarının aksine, nehir zooplankton toplulukları nehirlerin yapısına ve işlevine sahip olabilir. Nehirlerdeki plankton bolluğu başlıca iki faktörden etkilenir: organizmaların kaynak alanlardan nehre

<sup>1</sup>Corresponding author, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Elâzığ Türkiye, serapsaler@gmail.com, Orcid: 0000-0001-5900-491X

<sup>2</sup>Su ürünleri Araştırma Enstitüsü, Elâzığ Türkiye, gkarakaya23@gmail.com, Orcid: 0000-0001-6475-2058

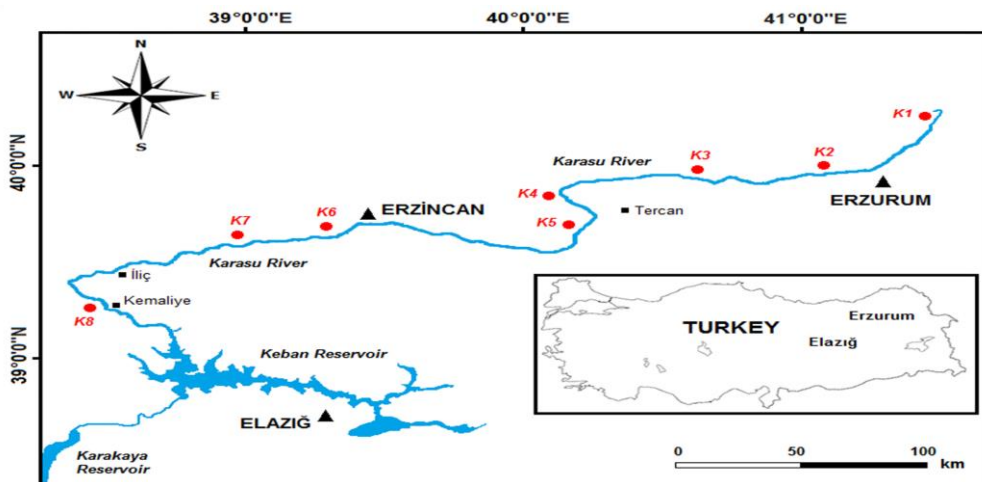
hareketini etkileyenler ve nehirdeki organizmaların büyümesini ve çoğalmasını etkileyenler. Kanalla temas eden durgun sularla plankton nehre ulaşabilir. Nehirlerdeki zooplankton popülasyonlarının büyümesine, nehir tortularında dinlenen yumurtaların kuluçkalanması da yardımcı olabilir (Hynes, 1970; Wetzel, 1975).

Durgun suların zooplanktonu Türkiye'de geniş çapta araştırılmış olmasına rağmen, akarsular ile ilgili çalışmalar nispeten azdır. Bunlardan bazıları Ustaoglu vd. (1996) Gümüldür Deresi, Temel (1996) Riva Deresi, Göksu vd. (1997), Seyhan Nehri, Balık vd. (1999), Kuzey Ege Bölgesi'ndeki akarsular, Akbulut & Yıldız (2005), Fırat Nehri, Bozkurt vd. (2002), Asi Nehri, Bozkurt (2004), Akdeniz Bölgesi'ndeki bazı nehirler, Göksu vd. (2005), Asi Nehri, İpek & Saler (2008), Seli Çayı, Güher (2012) Meriç Nehri, Gaygusuz (2013) Darlık Deresi, Bulut & Saler, (2014, 2019) Murat Nehri, Fırat Nehri, Saler vd. (2011), Peri Çayı, Kürk Çayı, Bekleyen vd. (2011), Dicle Nehri, Saler (2011), Munzur Nehri, Saler ve Haykır (2011), Pülümür Çayı, İpek & Saler (2013) Görgüşan ve Geban Dereleri, Saler vd. (2018), Hoşrük Çayı, Saler vd. (2017), Bulut & Saler (2021), Zıkkım Deresi, Behramaz Deresi, Saler (2022), Sevsak Deresi gibi sucul alanlarda zooplankton ve gruplarına ait araştırmalar yapmışlardır.

Karasu Nehri'nde 2012-2013 tarihleri arasında zooplankton araştırması yapılmıştır (Salur vd., 2015). Aradan geçen yıllar içinde zooplankton dağılımının değişeceği düşünülerek nehir zooplanktonu yeniden incelenmiştir.

#### MATERYAL ve METOT

Karasu Nehri, Erzurum Dumlı Dağı'ndan doğarak, Keban yakınlarında Murat Nehri ile birleşerek, Fırat Nehri'ni oluşturmaktadır (URL, 2023). Keban Barajı'na kadar uzunluğu 460 km'dir. Akarsuda zooplankton örnekleme çalışmaları aylık olarak yapılmıştır. Örnekleme noktalarının belirlenmesinde akarsuyun doğduğu ve insan aktivitelerinin olmadığı veya sınırlı olduğu bölge referans istasyon (K-1) olarak seçilmiştir. İkinci istasyon (İst-2) akarsuyun Erzurum ilini geçtikten sonraki bölge, üçüncü istasyon (İst-3) Aşkale ilçesi ve Ilica şeker fabrikası sonrasını temsil edecek bölge olarak seçilmiştir. Dördüncü istasyon (İst-4) akarsuya karışan farklı derelerden sonra, Beşinci istasyon (İst-5) tuzla çayının karışımından sonra, altıncı istasyon (İst-6) Erzincan il merkezine girmeden önceki nokta, yedinci istasyon (İst-7) istasyon Kemah ilçesi öncesi ve sekizinci istasyon (İst-8) ise Kemaliye İlçesi öncesi olarak belirlenmiştir (Şekil 1).



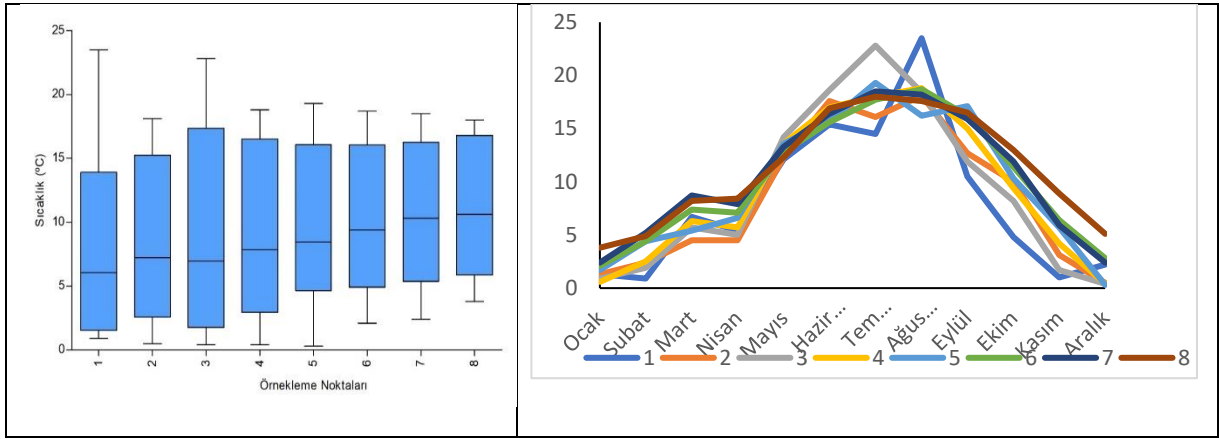
Şekil 1. Karasu Nehri örnekleme noktaları.

Örnekler 55 µm ağ gözü boyutunda, 25 cm ağız çapında ve 1 m uzunluğunda standart Hydrobios marka plankton ağı ile alınmıştır. Plankton ağı sabit tutularak suyun akan kısmından yaklaşık 25-30 dakika örnekleme yapılmıştır. Örnekler 500 cc'lik plastik kaplara konularak %4'lük formaldehitte saklanmıştır.

Zooplankton türleri, ters mikroskop (Leitz) ve binoküler mikroskop (Olympus CH40) kullanılarak incelenmiştir. Türler ilgili literatür (Scourfield & Harding, 1966; Dussart, 1969; Damian & Georgescu,1970; Smirnov (1974), Ruttner-Kolisko (1974), Koste, 1978; Reddy, 1994; Barutsky, 1994; Nogrady & Pourriot, 1995; Segers, 1995; De Smet, 1996; Karaytuğ, 1999) kullanılarak teşhis edilmiştir. Akarsuda sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen YSI 6600V2 model ölçüm cihazı ile arazide ölçülmüştür.

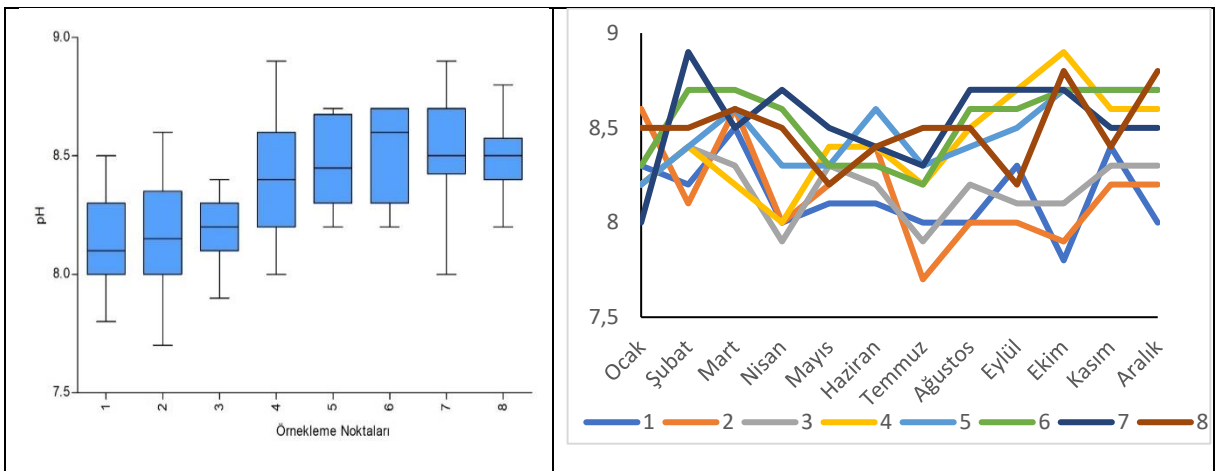
## BULGULAR

Karasu Nehri'nde en düşük su sıcaklığı değeri 0,3 °C olarak aralık ayında 5. örnekleme noktasında ve en yüksek su sıcaklığı değeri 23,5 °C olarak ağustos ayında 1. örnekleme noktasında ölçülmüş, yıl boyu ortalama su sıcaklığı değeri  $9,6\pm 6,4$  °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Karasu Nehri sıcaklık değerlerinin örnekleme noktalarına ve aylara göre değişimi.

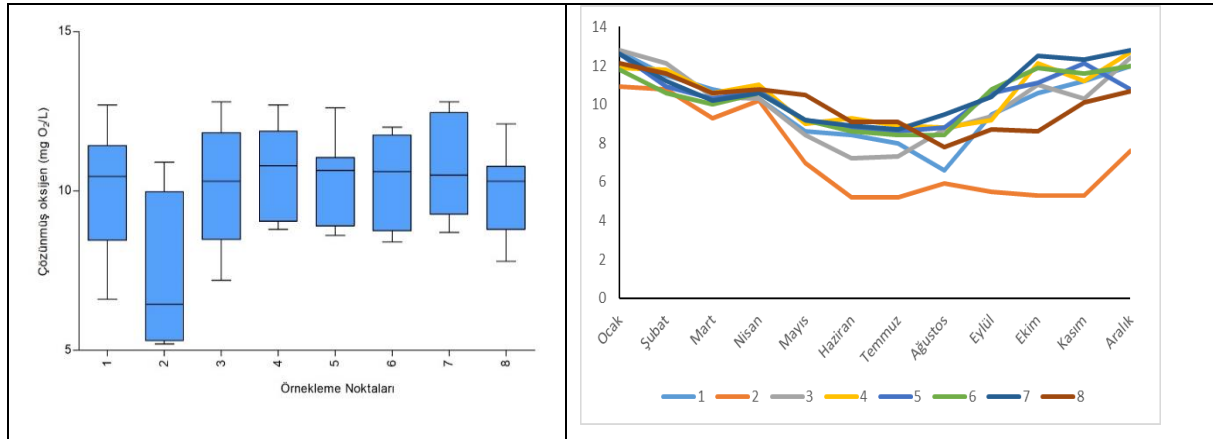
Karasu Nehri'nde en düşük pH değeri 7,7 olarak temmuz ayında 2. örnekleme noktasında ve en yüksek pH değeri 8,9 olarak şubat ayında 7. örnekleme noktasında ölçülmüş, yıl boyu ortalama pH değeri  $8,4\pm 0,3$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Karasu Nehri pH değerlerinin örnekleme noktalarına ve aylara göre değişimi.

Karasu Nehri'nde en düşük çözülmüş oksijen değeri 5,2 mg/L olarak haziran ve temmuz aylarında 2. örnekleme noktasında ve en yüksek çözülmüş oksijen değeri 12,8 mg/L olarak ocak ayında 3.

örnekleme noktasında ölçülmüş, yıl boyu ortalama çözünmüş oksijen değeri  $9,9 \pm 1,9$  mg/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Karasu Nehri çözünmüş oksijen değerlerinin örnekleme noktalarına ve aylara göre değişimi.

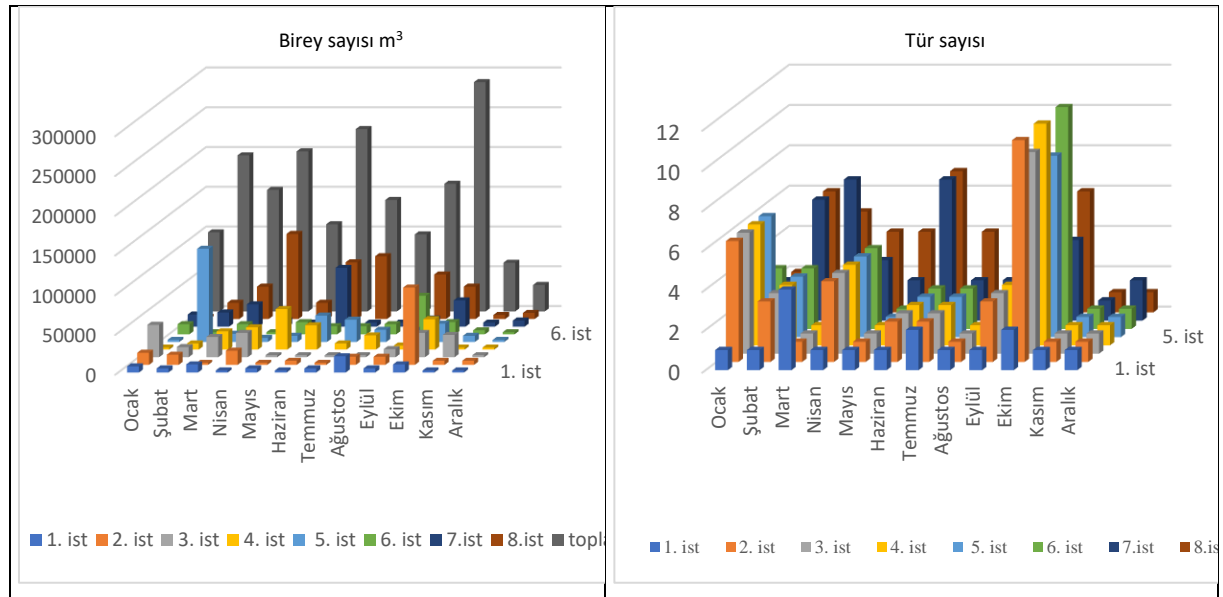
Çalışmada toplam 49 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Bu türlerden 35 tür Rotifera, 11 tür Cladocera ve 3 tür Copepoda grubundandır. Rotifera'ya ait olan türler toplam zooplanktonun %71,4, Cladocera % 22,5 ve Copepoda % 6,1lik kısmını oluşturmuşlardır. Araştırma süresince her ay zooplankton türleri kaydedilmiştir. İlkbahar, yaz ve sonbahar aylarının başlarında zooplankton yoğunluğu ve birey sayılarında artışlar gözlenirken kış aylarında zooplankton tür ve birey sayılarında azalmalar kaydedilmiştir (Tablo 1).

Tablo1. Karasu Nehri'nde tespit edilen zooplankton türleri.

Takım	Aile	Tür
<b>ROTIFERA</b>		
Bdelloida	Philodinidae	<i>Philodina roseola</i> Ehrenberg, 1832
Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851
		<i>Brachionus bidentatus</i> Anderson, 1889
		<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783
		<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)
		<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)
		<i>Keratella edmondsoni</i> Ahlstrom, 1943:
		<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)
		<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)
		<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg, 1832)
		<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)
		<i>Trichotria tetractis</i> (Ehrenberg, 1830)
	Üst aile Colurinae	<i>Colurella colurus</i> (Ehrenberg, 1830)
		<i>Colurella obtusa</i> (Gosse, 1886)
		<i>Lepadella cornuta</i> Koste & Shiel, 1989
		<i>Lepadella ovalis</i> (Müller, 1786)
		<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)
	Euchlanidae	<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg, 1832
	Lecanidae	<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1851)
		<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)
	Notommatidae	<i>Cephalodella catellina</i> (Müller, 1786):
		<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg, 1830)
		<i>Cephalodella gibba</i> Ehrenberg, 1830
	Trichocercidae	<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)
	Gastropidae	<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850
		<i>Ascomrpha saltans</i> Bartsch, 1870
	Dicranophoridae	<i>Dicranophorus grandis</i> (Ehrenberg, 1832)
		<i>Encentrum saundersiae</i> (Hudson, 1885)

	Asplanchnidae	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850 <i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)
	Synchaetidae	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925 <i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1832 <i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832
Flosculariaceae	Testudinellidae	<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) <i>Filinia terminalis</i> (Plate, 1886)
<b>CLADOCERA</b>		
Anomopoda	Bosminidae	<i>Bosmina coregoni</i> Baird, 1857 <i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)
	Daphniidae	<i>Daphnia cuculata</i> Sars, 1862 <i>Daphnia longispina</i> (O.F. Müller, 1776) <i>Daphnia magna</i> Straus, 1820 <i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)
	Chydoridae	<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776) <i>Pleuroxus truncatus</i> (O.F. Müller, 1785). <i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)
Haplopoda	Leptoridae	<i>Leptodora kintii</i> (Focke, 1844)
	Moinidae	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875
<b>COPEPODA</b>		
Calanoida	Diaptomidae	<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> (Wierzejski, 1887)
Cyclopoida	Cyclopidae	<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875
Harpacticoida	Ameiridae	<i>Nitokra hibernica</i> (Brady, 1880)

Araştırma süresince Karasu Nehri'nde teşhisi yapılan zooplankton türlerinin istasyonlara göre tür ve birey sayıları tespit edilerek grafikler halinde verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Karasu Nehri zooplankton türlerinin istasyonlara göre aylık birey ve tür sayılarının değişimi.

Şekil 5 incelendiğinde tüm aylar içinde ekim ayının tüm aylar içinde toplam birey sayısı ve teşhis edilen tür sayısı bakımından diğer aylardan daha yüksek değerler ortaya koyduğu görülmüştür. Bu ayda en fazla 11 tür teşhis edilmiş olup tüm istasyonlarda toplam 288264 birey/m<sup>3</sup> kaydedilmiştir. Zooplankton sayısında ikinci artış haziran ayında 229233 birey/m<sup>3</sup> olarak kaydedilmiştir. En az birey ve tür sayılarının kaydedildiği aralık ayında en fazla tür 2 tür ile 7. istasyonda kaydedilmiş olup bu ayda toplam tür sayısı da minimum değer olan 33220 birey/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Kasım, aralık, ocak tür



ve birey sayılarının en az bulunduğu aylar olarak kaydedilmiştir. Şubat ayından itibaren sayılarda bariz artış kaydedilmiştir.

Nehirde zooplankton dağılım profiline bakıldığında su sıcaklığının düştüğü kış aylarında tür ve birey sayılarında azalma, sıcaklığın artmaya başladığı ilkbahar yaz ve sonbahar aylarında artışların olduğu belirlenmiştir.

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Karasu Nehri'nde Rotifera'dan 35, Cladocera'dan 11 ve Copepoda'dan 3 olmak üzere toplam 49 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Önceki yıllarda yapılan araştırmada nehirde 3 istasyondan mevsimsel olarak alınan örneklerden Rotifera'dan 32, Cladocera'dan 5 ve Copepoda'dan 2 olmak üzere toplam 39 zooplankton türü teşhis edilmiştir (Saler vd., 2015). Mevcut araştırma aylık yapılmış olup 8 istasyondan örnek alınarak daha kapsamlı bir araştırma yapılması planlanmıştır. Her iki araştırmada da Rotifera grubuna ait olan türler tür sayısı ve birey sayısı bakımından baskın olmuşlardır. Rotifera grubuna ait olan *A. ecaudis*, *A. saltans*, *A. priodonta*, *B. quadridentatus*, *C. catellina*, *C. colurus*, *C. obtusa*, *D. grandis*, *K. edmondsoni*, *L. bulla*, *L. cornuta*; Cladocera grubundan *B. coregoni*, *C. reticulata*, *C. sphaericus*, *D. magna*, *C. testudinaria*, *L. kindtii*, *P. truncatus*, Copepoda dan *N. hibernica* bu araştırmada mevcut türler olup önceki araştırmada bu türler kaydedilmemiştir (Saler vd. 2015). Söz konusu araştırmada (Saler vd., 2015) kaydedilen, *C. ventripes*, *E. senta*, *H. fennica*, *L. clostercerca*, *M. mucronata*, *P. roseola*, *P. sulcata*, *T. patina*, *T. similis*, *T. pocilium* mevcut araştırmada bulunamayan türlerdir (Saler vd, 2015) Rotifera'dan *K. cochlearis* ve *P.dolichoptera* tüm mevsimlerde teşhis etmişlerdir. Bu türler bu araştırmada da en fazla kaydedilen türlerden olmuşlardır. Bulut & Saler (2021), Zikkım Deresi, Saler & Şen (2000), Fırat Nehri'nde, Saler vd. (2011)'nin Peri Çayı'nda *K. cochlearis*, *K. quadrata* ve *P. dolichoptera* türlerini bu araştırma ile benzer olarak en fazla rastlanan türler olarak belirlemişlerdir.

Çalışma süresince Rotifera türlerinin sayısı, kısa jenerasyon süreleri ve farklı ekolojik koşullara yüksek adaptasyonları nedeniyle (Ruttner-Kolisko, 1974) diğer zooplanktonlardan daha fazla olmuştur. Akarsularda yapılan zooplankton araştırmalarına bakıldığında Özbay ve Altındağ (2009) Kars Nehri, İpek & Saler (2013), Ohi Çayı, Güher (2012), Meriç Nehri, Delice Nehri ve kollarında, Saler & İpek Alış (2016) Tohma Çayı, Gürleyen & Ustaoglu (2017) Gönen Çayı durgun sularında, Can & Bozkurt (2022) Arsuz bölgesi akarsularında zooplanktonun genel olarak Rotifera grubuna ait türlerden oluştuğu ve ilkbahar, yaz aylarında tür ve birey sayılarının fazla kaydedilmesine rağmen kış aylarında sayılarında azalmalar kaydedildiğini bildirmişlerdir.

Tanımlanan taksonların çoğu kozmopolittir, Keratella, Brachionus ve Trichocerca cinslerine ait bazı türler genellikle lotik alanların baskın zooplankton taksonları olarak rapor edilmiştir (Ruttner-Kolisko, 1974). Yıl boyunca rotiferler arasında Brachionus (*B. angularis*, *B. bidentatus*, *B. quadridentatus*) Lecane (*L. bulla*, *L. luna*) ve Cephalodella (*C. catellina*, *C. forcicula*, *C. gibba*), Keratella (*K. cochlearis*, *K. edmondsoni*, *K.tecta*, *K. quadrata*) gibi bazı kozmopolit cinsler Karasu Nehri'nde gözlenmiştir.

Acharya vd. (2005), Bosmina gibi daha küçük gövdeli kladoceranların genel olarak nehirlerde bol miktarda bulunduğu gözlemlenmiştir. Çalışma alanında *Bosmina longirostris* bol miktarda bulunurken, *B. coregoni* de kaydedilen türlerdendir. Ayrıca *D. longispina* bol kaydedilen Cladocera türlerinden olmuştur.

Güher (2000), Trakya Bölgesi'nde 18 farklı lokalitede 21 Cladocera türü tespit etmiş; Bozkurt vd. (2002), Asi Nehri'nde 36 Rotifera gözlemlenmişler ve Brachionus (8 tür) baskın türler olmuştur. Bozkurt (2004), Akdeniz'de 6 farklı nehirde 46 tür rotifer, 14 tür Cladocera ve 8 tür Copepoda tanımlamıştır. Bunlar

arasında Lecane (9 tür), Brachionus (5 tür), Trichocerca (4 tür) ve Keratella (4 tür) ile *B. longirostris* yaygın tür ve cinslerdir. Akbulut & Yıldız (2005), Fırat Havzası'ndan 5 farklı lokalitede 40 rotifera türü gözlemlemişler ve çalışma sonuçlarımızla benzer cins ve türler Brachionus (3 tür) Lecane (2 tür) bol miktarda bulunmuştur.

Çalışmamızda olduğu gibi, göl ekosistemlerinin aksine, lotik tatlı su sistemleri tipik olarak daha az kladoceran ve kopepod içerir ve daha çok rotiferler tarafından kontrol edilir (Shiel vd., 1982). Lotik sistemlerin fiziksel ortamı, lentik sulara kıyasla zooplankton büyümesi için elverişsizdir, bu nedenle bireysel zooplanktonlar konumlarını korumak için mücadele eder ve akıntıya karşı taşınır (Richardson 1992; Walks, 2004; Chang vd. 2008). Çalışma alanında tespit edilen zooplankton türlerinden: *B. angularis*, *E. dilatata*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. tecta*, *L. bulla*, *L. luna*, *T. tetractis*, *B. longirostris*, *C. sphaericus* (Cladocera) ve *C. vicinus* (Copepoda) ötrofik sulara yaygın indikatör türler olarak bildirilmektedir (Ruttner-Kolisko, 1974; Baloch vd. 2005; Geng vd. 2005; Imoobe & Adeyinka 2009; Ejsmont-Karabin, 2012).

Trofik durumun belirlenmesinde indikatör olarak rotifer türleri kullanılmakta olup, bu indeks (QB/T = Brachionus tür sayısı / Trichocerca tür sayısı) formülü ile bildirilmiştir.  $Q = 1,0 <$  oligotrof,  $Q = 1,0-2,0$  mesotrof,  $Q = 2,0 >$  ötrof olarak değerlendirilmektedir (Sladeck 1983). Karasu Nehri'nde 3 Brachionus türü 1 adet Trichocerca türü bulunmuştur. QB/T oranı 3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer bize nehrin ötrof karakterde olduğunu göstermektedir.

Zooplankton, ötrofikasyon derecesinin ve su kirliliğinin belirlenmesinde gösterge rolü oynar (Sladeck, 1983; Saksena, 1987). Bu çalışmada ötrofik sulara da görülen ve ötrofikasyonun göstergesi olan Brachionus ve Keratella cinsine ait türler bol miktarlarda (Ruttner-Kolisko, 1974) bulunmuştur. Rotiferler, su ortamlarındaki çevresel değişikliklere Cladocera ve Copepoda türlerinden çok daha hızlı tepki verirler ve su kalitesindeki değişikliklere karşı daha duyarlı indikatör organizmalardır. Rotifera türleri genellikle ötrofik sulara daha fazla bulunurken, Copepoda türleri oligotrofik sulara daha yoğundur (Herzig, 1987). Buna göre çalışma alanında tespit edilen *B. angularis*, *K. quadrata*, *L. luna*, *D. magna*, *M. micrura*'nın ötrofik karaktere sahip olduğu bildirilmiştir (Voigt & Koste, 1978; Petrusek, 2002).

Sıcaklık, sucul ekosistemlerdeki zooplanktonun tür çeşitliliğini ve yoğunluğunu etkiler. Sudaki biyolojik aktiviteyi arttırmakta ve biyokimyasal reaksiyonları hızlandırarak sucul canlıların üreme, beslenme ve metabolik aktivitelerini etkilemektedir (Herzig, 1987; Taş vd. 2010). Sonuç olarak ilkbaharda sıcaklığın aniden artmasıyla fitoplankton patlamaları ve buna bağlı olarak zooplankton yoğunluğu artar ve ekosistem verimliliği artar. Bu çalışmada su sıcaklığının 0,3 °C ile 23,5 °C arasında değiştiği belirlenmiştir. Sıcaklık değerinin nisan ayından başlayarak ağustos ayına kadar arttığı gözlenmiştir. Bu dönemde zooplankton tür ve birey sayılarında da artışlar kaydedilmiştir. Zooplankton bolluğu, mevsimsel sıcaklık değişikliklerinden etkilenmiştir. Sıcaklık ile zooplankton arasında pozitif yönde ilişki gözlenmiştir. Gaygusuz & Dorak (2013), özellikle su sıcaklığı ve besinler olmak üzere çevresel özelliklerin zooplankton bileşimi ve bolluğu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve yüksek zooplankton bolluğunun yüksek su sıcaklığı ile ilişkili olduğunu kaydetmişlerdir.

Çözünmüş oksijen miktarı en önemli parametrelerden biridir. Çözünürlük, suyun sıcaklığına, atmosferin kısmi basıncına, biyolojik olaylara ve suda çözünmüş tuz konsantrasyonuna bağlıdır (Wetzel, 1975). Çalışmamızda çözünmüş oksijen miktarı normal 5,2-12,8 mg L<sup>-1</sup> aralığındadır.

Suyun asitliliğini veya alkaliliğini temsil eden pH, sudaki yaşamı etkileyen önemli bir faktördür. Her canlı organizmanın belirli bir pH aralığına toleransı vardır. Berzins & Pejler (1987), zooplankton

yoğunluğunun pH'ı önemli ölçüde etkilediğini ve alkali sınırının (pH) 8,5 olduğunu bildirmiştir. Çalışmada tüm numune alma kuyularında pH değerleri 7,7-8,9 aralığında hafif alkali olarak belirlenmiştir. EPA (1979) verilerine göre tatlı su için optimum pH değeri 6,5 ile 9,0 arasındadır. Belirlediğimiz değerler EPA değerleri ile uyumludur.

Akarsularda zooplanktonun birey sayısı ve tür çeşitliliği, deşarj rejimi, bulanıklık, su kalitesi ve nehrin yukarı ve aşağı akışına bağlı olarak değiştiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Wetzel, 1975, Shiel, 1982, Walks, 2004). Yoğun tarımsal üretim alanlarının etkisinde kalan ve yerleşim yerlerinden içinden geçen Karasu Nehri'nin bölgenin çeşitli kirlilik faktörlerinin baskısı altında olduğu söylenebilir. Bu çalışmada tespit edilen türlerin Türkiye iç sularında yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir (Ustaoglu vd. 2012; Ustaoglu, 2015). Toplam 49 türün tespit edildiği Karasu Nehri'nin zooplankton tür çeşitliliği açısından zengin sayılabilecek bir karaktere sahip olduğu söylenebilir.

#### **Teşekkür**

Bu araştırma 'Karasu Nehri Fiziko-kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi' isimli TAGEM/HAYSÜD/B/19/A6/P4/918 künyeli projeden türetilmiştir. Proje Gıda, Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ile Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından desteklenmiştir. Bakanlığa ve enstitüye desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan etmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- Acharya, K. Jack, J. D., & Bucaveckas, P. A. (2005). Dietary effects on life history traits of riverine bosmina. *Freshwater Biology*, 50, 965.
- Akbulut, N., & Yıldız, K., (2005). The Rotifera fauna of Euphrates River Basin (Turkey). *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 34, 93-105.
- Balık, S., Ustaoglu, M. R., & Sarı, H. M. (1999). Kuzey Ege Bölgesi'ndeki akarsuların faunası üzerine ilk gözlemler. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 16(3-4), 289-299.
- Baloch, W. A., Jafri, S. I. H., & Soomro, A. N. (2005). Spring zooplankton composition of Rawal Lake, Islamabad. *Sindh University Research Journal (Science Series)*, 37, 41-36.
- Bekleyen, A., Gokot, B., & Varol, M. (2011). Thirty-four new records and the diversity of the Rotifera in the Turkish part of the Tigris River watershed, with remarks on biogeographically interesting taxa. *Sci Res Essays*, 6(30), 6270-6284. <https://doi.org/10.5897/SRE11.355>
- Berzins, B., & Pejler, B. (1987). Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147, 107-116. <https://doi.org/10.1007/bf0002573>
- Borutsky, E. V. (1964). Fauna of U.S.S.R: Crustacea. freshwater harpacticoida. Israel Program for Scientific Translations Limited.
- Bozkurt, A. (2004). Akdeniz Bölgesindeki bazı akarsuların zooplankton (rotifer, kladoser ve kopepod) faunası üzerine ilk gözlemler. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 2(3), 65-70.
- Bozkurt, A., Göksu, M.Z.L., Sarıhan, E., & Taşdemir, M. (2002). Asi Nehri rotifer faunası (Hatay-Türkiye). *E.U. Su Ürünleri Dergisi*, 19(1-2), 63-67

- Bulut, H., & Saler, S. (2014). Zooplankton variation of Murat River (Elazığ-within the borders Palu district). *Turk J Agriculture and Food Sci Tech*, 2(1), 13-17.
- Bulut, H., & Saler, S. (2021, December 15-16). *Zooplankton of Zikkım Stream (Elazığ)* [Conference presentation]. 6th Asia Pacific International Modern Sciences Congress, Delhi, India.
- Bulut, H., & Saler, S. (2019). Effect of physicochemical parameters on zooplankton at a freshwater body of Euphrates Basin (Elazığ-Turkey). *Cellular and Molecular Biology*, 65(1), 8-13
- Can, F., & Bozkurt, A. (2022). Determination of zooplankton fauna in the running waters of Arsuz District of Hatay province. *Marine and Life Sciences*, 4(2), 123-136.
- Chang, K. H., Doi, H., Imai, H., Gunji, F., & Nakano, S. (2008). Longitudinal changes in zooplankton distribution below a reservoir outfall with reference to river planktivory. *Limnology*, 9, 125-133.
- Damian-Georgescu, A. (1970). *Fauna republicii socialiste Romania, Crustacea, IV. 11 Copepoda. Harpacticoida. Bucharest. Romania: Academiei Republicii socialiste Romania (in Romanian)*.
- De Smet, W. H. (1996). *The Proalidae (Monogononta)*. SPB Academic Publishing, Vol. 4. Amsterdam.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z. I., Knowler, D. J. & Leveque, C. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163-182.
- Dussart, B. (1969). *Les Copépodes des eaux Continentales d'Europe Occidentale*. Tome II, Cyclopoïdes et Biologie. N. Boubee et cie, Paris.
- Ejsmont-Karabin, J. (2012). The usefulness of zooplankton as lake ecosystem indicators: rotifer trophic state index. *Polish Journal of Ecology*, 60, 339-350.
- EPA (1979). *EPA Establishes Hazardous Waste Enforcement and Emergency Response System*. Washington, DC, USA: Environmental Protection Agency.
- Gaygusuz, Ö., & Dorak, Z. (2013). Species composition and diversity of the zooplankton fauna of Darlık Stream (İstanbul-Turkey) and its tributaries. *J Fisheries Sciences.com*. 7(4), 329-343. <https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2013037>
- Geng, H., Xie, P., Deng, D., & Zhou, Q. (2005). The rotifer assemblage in a shallow, eutrophic Chinese lake and its relationships with cyanobacterial blooms and crustacean zooplankton. *Journal of Freshwater Ecology*, 20, 93-100.
- Göksu, M. Z. L., Bozkurt, A., Taşdemir, M., & Sarihan, E. (2005). Asi Nehri (Hatay, Türkiye) cladocera ve copepoda (crustacea) faunası. *E.U., Su Ürünleri Dergisi*, 22(1-2), 17-19.
- Göksu, M. Z. L., Çevik, F., Bozkurt, A. & Sarihan, E. (1997). Seyhan Nehri'nin (Adana il mer-kezi sinirlari içindeki bölümünde) rotifera ve cladocera faunası, *Turkish Journal of Zoology*, 21, 439-444.
- Güher, H. (2012). The investigation of zooplanktonic organisms (rotifera, copepoda, cladocera) of Meriç River (Turkey). *J Anim Vet Adv*, 11(24), 4673-4677.
- Gürleyen, N., & Ustaoglu, M. R. (2017). Gönen Çayı (Balıkesir - Türkiye) durgun sularının zooplankton faunası ve mevsimsel değişimleri. *LimnoFish*, 3(2), 79-89. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish.292663>

- Güher, H. (2000). A faunistic study on the freshwater cladocera (crustacea) species in Turkish Thrace (Edirne, Tekirdağ, Kırklareli). *Türk J. Zool*, 24, 237-244.
- Herzig, A. (1987). The analysis of planktonic rotifer population: a plea for long-term investigations. *Hydrobiologia*, 147, 163-180. <https://doi.org/10.1007/BF00025739>
- Hynes, H. B. N. (1970). *The Ecology of Running Waters*. Liverpool Univ. Press, Liverpool.
- Imoobe, T. O. T., & Adeyinka, M. L. (2009). Zooplankton-based assessment of the trophic state of a tropical forest river in Nigeria. *The Archives of Biological Sciences*, 61, 733-740.
- İpek, N., Saler, S. (2008). Seli Çayı (Elazığ-Türkiye) rotifer faunası ve bazı biyoçeşitlilik indeksleri ile analizi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25(3), 211-215.
- İpek, N., & Saler, S. (2012). Görgüşan Çayı and ve Geban Deresi (Elazığ-Turkey) zooplanktonu. *J FisheriesSciences.com*, 6(2), 155-163.
- İpek, N., & Saler, S. (2013). Zooplankton community structure of Ohi Stream (Elazığ-Turkey). *J FisheriesSciences.com*, 7(1), 83-88.
- Karaytug, S. (1999). *Copepoda: cyclopodia, genera paracyclops, ochridacyclops, and key to the eurocyclopinae. in: Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the World* (Ed. H.J.F. Dumont). SPB Academic Publishing.
- Koste, W. (1978). *Rotatoria. Überardnung Monogonant*. Gebrüder Borntraeger Verlag.
- Nogrady, T., & Pourriot, R. (1995). *The Notommatidae*. Queen's Universty, Kingston, Ont. Canada and Université 6, Paris.
- Özbay, H., & Altındağ, A. (2009). Zooplankton abundance in the River Kars, Northeast Turkey: Impact of environmental variables. *Afr. J. Biotechnol*, 8(21), 5814-5818.
- Petrusek, A. (2002). Moina (crustacea: anomopoda, moinidae) in the Czech Republic: a review. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 66, 213-220.
- Reddy, Y. R. (1994). *Copepoda: Calanoida: Diaptomidae. Key to the genera Heliodiaptomus, Allodiaptomus, Neodiaptomus, Phyllodiaptomus, Eodiaptomus, Arctodiaptomus and Sinodiaptomus. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*. Coordinating Ed. HJF Dumont. SPB Academic Publishing. The Netherlands.
- Richardson, W. B. (1992). Microcrustacea in flowing water-experimental-analysis of washout times and a field-test. *Freshwater Biology*, 28, 217-230.
- Ruttner-Kolisko, A. (1974). *Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy*. Die Binnengenwasser, Supplement, Stuttgart.
- Saksena N. D. (1987). Rotifers as indicator of water quality. *Hydrobiology*, 15(5), 481-485. <https://doi.org/10.1002/aheh.19870150507>
- Saler (Emiroglu), S., Şen, B., & Şen, D. (2000, Eylül 20-22). *Fırat Nehri rotiferleri ve mevsimsel değişimleri* [Conference presentation]. Su Ürünleri Sempozyumu, Sinop, Türkiye.
- Saler, S., & Haykır, H. (2011). Zooplankton composition of Pülümür Stream (Tunceli-Turkey). *J Anim Vet Adv*, 10(11), 1401-1403.

- Saler, S., & İpek Alış, N. (2016). Zooplankton composition of Tohma Stream (Malatya - Turkey). *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 2(1), 30- 35.
- Saler, S., Yüce, S., Çelik, B., & Bulut, H. (2018). Hoşrük Çayı(Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(5), 607-612.
- Saler, S. (2011). Zooplankton of Munzur River (Tunceli-Turkey). *J Anim Vet Adv*, 10(2), 192-194.
- Saler, S., İpek, N., & Aslan S. (2011). Kürk Çayı (Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. *Journal of FisheriesSciences.com*, 5(3), 219-225. <https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2011026>
- Saler, S. (2022). Zooplankton diversity of Sevsak Stream (Elazığ-Turkiye). *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 18(6), 15-21.
- Saler, S., Bulut, H., Birici, N., Tepe, R., & Alpaslan, K. (2015). Karasu Nehri (Erzincan)'nin zooplanktonu. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(1), 10-16.
- Saler, S., Çelik, B., & Yüce, S. (2022). Zooplankton of Behramaz Stream (Elazığ- Türkiye). *Ecological Life Sciences*, 17(4), 212-219, <https://doi.org/10.12739/NWSA.2022.17.4.5A0180>
- Saler, S., Eroğlu, M., & Haykır, H. (2011). Peri Çayı (Tunceli-Türkiye) zooplanktonu. *e-Journal of New World Sciences Academy, Ecological Science*, 6(2), 14-20.
- Scourfield, D. J., & Harding, J. P. (1966). *A Key to The British Freshwater Cladocera*. Freshwater Biological Association Scientific Publications. No. 5. Dorset. UK: Freshwater Biological Association.
- Segers, H. (1995). *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the World, the Lecanidae*, No: 6, SPB Academic Publishing, Amsterdam.
- Shiel, R. J., Walker, K. F., & Williams, W. D. (1982). Plankton of the lower River Murray, South Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 33, 210-227.
- Sladeck, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100, 169-201.
- Smirnov, N. N. (1974). *Fauna of U.S.S.R. Crustacea. Vol I, No: 2, Chydoridae*. I.P.S.T. Jerusalem.
- Taş, S., Okuş, E., Ünlü, S., & Altıok, H. (2010). A study on phytoplankton following 'Volgoneft-248' oil spill on the north-eastern coast of the Sea of Marmara. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91: 715-725. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000330>
- Temel, M. (1996). Riva Deresi zooplanktonu üzerine taksonomik bir çalışma. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 9, 1-2.
- URL, 2023. [https://tr.wikipedia.org/wiki/Karasu\\_Nehri](https://tr.wikipedia.org/wiki/Karasu_Nehri)
- Ustaoğlu, M. R. (2015). An updated zooplankton biodiversity of Turkish inland waters. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(3), 151-159.
- Ustaoğlu, M. R., Altındağ, A., Kaya, M., Akbulut, N., Bozkurt, A., Özdemir Mis, D. ... Okgerman, H.C. (2012). A checklist of Turkish rotifers. *Turkish Journal of Zoology*, 36(5), 607-622.
- Ustaoğlu, M. R., Balık, S., Aygen, C., & Özdemir, D. (1996). Gümüldür Deresi'nin (İzmir) rotifer faunası. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(1-2), 163-169.
- Voigt, M., & Koste, W. (1978). *Rotatoria. Überardnung Monogonanta*. Gebrüder Borntraeger Verlag.

- Vörösmarty, C., McIntyre, P. B., Gessner, M. O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P. ... Davies, P. M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467, 555-561.
- Walks, D. J., & Cyr, H. (2004). Movement of plankton through lake–stream systems. *Freshwater Biology*, 49, 745-759.
- Wetzel, G. R. (1975). *Limnology*. W.B. Saunders Company. Philadelphia.
- Woodward, R., Wojnicka, E., & Pander, W. (2012). *Innovation systems and knowledgeintensive entrepreneurship: a country case study of Poland*. CASE Network Studies & Analyses, Warsaw: Center for Social and Economic Research.