



E-ISSN 2618-6365 Vol. 7 Issue 2 **2024**

AQUATIC RESEARCH

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>



Chief Editor:

Prof.Dr. Nuray ERKAN, Istanbul-Türkiye
nurerkan@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0002-0752-8495
Institution: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences

Co-Editor in Chief:

Prof.Dr. Özkan ÖZDEN, Istanbul-Turkey
ozden@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8780-480X
Institution: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences

Cover Photo:

Prof.Dr. Özkan ÖZDEN, Istanbul-Turkey
ozden@istanbul.edu.tr

Editorial Board:

Prof.Dr. Miguel Vazquez ARCHDALE, Kagoshima-Japan
miguel@fish.kagoshima-u.ac.jp
ORCID: 0000-0003-2640-6992
Institution: Kagoshima University, Faculty of Fisheries, Fisheries Resource Sciences Department

Prof.Dr. Mazlan Abd. GHAFAR, Terengganu-Malaysia
mag@umt.edu.my
ORCID: 0000-0001-9248-5284
Subjects: Fisheries
Institution: University of Malaysia Terengganu, Institute of Oceanography and Environmental

Prof.Dr. Adrian GROZEA, Timișoara-Romania
grozea@animalsci-tm.ro
ORCID: 0000-0002-7978-5247
Institution: Banat's University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, Faculty of Animal Science and Biotechnologies

Prof. Emeritus Dr. Saleem MUSTAFA, Sabah-Malaysia
saleem@ums.edu.my
ORCID: 0000-0003-0533-4029
Institution: University of Malaysia Sabah

Prof.Dr. Murat Yiğit, Çanakkale-Türkiye
muratyigit@comu.edu.tr
ORCID: 0000-0001-8086-9125
Institution: Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Science and Technology

Prof.Dr. Béla URBÁNYI, Hungary-Gödöllő
Urbanyi.Bela@uni-mate.hu
ORCID: 0000-0001-9496-0990
Institution: Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Aquaculture and Environmental Safety

Assoc.Prof.Dr. Athanasios EXADACTYLOS, Nea Ionia Magnesia-Greece
exadact@uth.gr
ORCID: 0000-0003-3858-1958
Subjects: Fisheries
Institution: University of Thessaly (UTH), Department of Ichthyology and Aquatic Environment (DIAE)

Assoc.Prof.Dr. Matthew TAN, Douglas QLD-Australia
matthew.tan@jcu.edu.au
ORCID: 0000-0003-3606-3356
Institution: James Cook University, Centre for Sustainable Tropical Fisheries and Aquaculture (CSTFA) - College of Science & Engineering

Assoc.Prof.Dr. E. Gözde BAYRAM, Istanbul-Türkiye
gozde.ozbayram@istanbul.edu.tr
ORCID: 0000-0002-5416-0611
Institution: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences



Publisher Nuray Erkan Özden

Copyright © 2024 ScientificWebJournals Web Portal

Address: Abdi Bey Sok. KentPlus Kadıköy Sitesi B Blok No: 24B D. 435 Kadıköy/İstanbul, Türkiye

E-mail: swj@scientificwebjournals.com

for submission instructions, subscription, and all other information visits

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>



Aims and Scope

AQUATIC RESEARCH

Abbreviation: **Aquat Res**

e-ISSN: **2618-6365**

Journal published in one volume of four issues per year by

<http://aquatres.scientificwebjournals.com> web page

“**Aquatic Research**” journal aims to contribute to the literature by publishing manuscripts at the highest scientific level in all marine and aquatic sciences fields. The journal publishes original research and reviews articles prepared by ethical guidelines. The publication language of the journal is English or Turkish, and continued publication since 2018.

Aquatic Biology, Aquatic Ecology, Aquatic Environment and Pollutants, Aquaculture, Conservation and Management of Aquatic Source, Economics and Management of Fisheries, Fish Diseases and Health, Fisheries Resources and Management, Genetics of Aquatic Organisms, Limnology, Maritime Sciences, Marine Accidents, Marine Navigation, and Safety, Marine and Coastal Ecology, Oceanography, Seafood Processing, and Quality Control, Seafood Safety Systems, Sustainability in Marine and Freshwater Systems The target audience of the journal includes specialists and professionals working and interested in all disciplines of marine and aquatic sciences.

Manuscripts submitted to the “**Aquatic Research**” journal will go through a double-masked peer-review process. Each submission will be reviewed by at least two external, independent peer reviewers who are experts in their fields to ensure an unbiased evaluation process. The editorial board will invite an external and independent editor to manage the evaluation processes of manuscripts submitted by editors or by the editorial board members of the journal. Our journal will be published quarterly in English or Turkish language.

The journal’s target audience includes specialists and professionals working and interested in all disciplines of marine and aquatic Sciences.

The editorial and publication processes of the journal are shaped by the guidelines of the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE), World Association of Medical Editors (WAME), Council of Science Editors (CSE), Committee on Publication Ethics (COPE), European Association of Science Editors (EASE), and National Information Standards Organization (NISO). The journal conforms to the principles of

Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing (doaj.org/bestpractice).

“**Aquatic Research**” journal is indexed in TR Dizin, Clarivate Zoological Record, FAO/AGRIS, SciLit, and Bielefeld Academic Search Engine (BASE).

Processing and publication are free of charge with the journal. No fees are requested from the authors at any point throughout the evaluation and publication process. All manuscripts must be submitted via the online submission system, which is available at

<http://dergipark.gov.tr/journal/2277/submission/start>

The journal guidelines, technical information, and the required forms are available on the journal’s web page.

Statements or opinions expressed in the manuscripts published in the journal reflect the views of the author(s) and not the opinions of the publisher, ScientificWebJournals Web Portal, editors, editorial board, and/or publisher; the editors, editorial board, and publisher disclaim any responsibility or liability for such materials.

All published content is available online, free of charge, at <http://aquatres.scientificwebjournals.com>.



Editor in Chief:

Prof. Dr. Nuray ERKAN

Address: Istanbul University, Faculty of Aquatic Sciences, Department of Food Safety, Kalenderhane Mah. 16 Mart Şehitleri Cad. No: 2, 34134 Fatih/Istanbul, Türkiye

E-mail: nurerkan@istanbul.edu.tr



Vol. 7 Issue 2 Page 51-120 (2024)

Content

Research Articles

- 1. Yeşilirmak deltası Terme sulak alanlarında etnobotanik ve tıbbi potansiyele sahip yaygın makrofitler** 51-73
Halim Topaldemir Beyhan Taş
- 2. Impact of cooking processes on the toxic metals, macro, and trace elements composition of *Rapana venosa* meat** 74-82
Barış Bayraklı
- 3. Length-weight relationship and condition factor for five common fish species in a recently constructed reservoir (Tugwi-Mukosi Dam) - Zimbabwe** 83-92
Nyasha Mabika Terence Magqina Tendai Makoni
- 4. The effects of dietary cadmium on growth, antioxidant defence system and feed evaluation performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)** 93-104
Ayşe Gündoğdu Fatma Burcu Harmantepe
- 5. Marmara Ereğlisi'nin (Tekirdağ) balıkçılık potansiyeli ve küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde kullanılan av araçları** 105-120
Tuğrul Zahit Alıçlı



Yeşilirmak deltası Terme sulak alanlarında etnobotanik ve tıbbi potansiyele sahip yaygın makrofitler

Halim TOPALDEMİR, Beyhan TAŞ

Cite this article as:

Topaldemir, H., Taş, B. (2024). Yeşilirmak Deltası Terme sulak alanlarında etnobotanik ve tıbbi potansiyele sahip yaygın makrofitler. *Aquatic Research*, 7(2), 51-73. <https://doi.org/10.3153/AR24006>

Ordu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi,
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü,
Ordu, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

H.T. 0000-0002-4494-9715

B.T. 0000-0001-6421-2561

Submitted: 17.10.2023

Revision requested: 17.11.2023

Last revision received: 21.11.2023

Accepted: 07.12.2023

Published online: 16.02.2024

Correspondence:

Halim TOPALDEMİR

E-mail: biologhalim@hotmail.com



© 2024 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Mevcut araştırma, Türkiye'nin kuzeyinde Yeşilirmak Deltası'ndaki Terme sulak alanlarında yaygın bulunan etnobotanik ve tıbbi açıdan önemli sucul/yarı-sucul makrofitlerin belgelenmesi için gerçekleştirilmiştir. Sucul bitkilerin etno-medical potansiyelini belirlemek için yöre halkının etnobotanik bilgisi kullanılmamış, konuyla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar değerlendirilmiştir. Yeşilirmak Deltası'nda farklı özellik, derinlik ve büyüklüklerde zengin lentik ve lotik sistemler bulunmaktadır. Çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan ve literatürlerde biyoaktif özellikleri belirtilen makrofitler beş yıl süren (2017-2022) saha araştırmaları ile toplanmış ve tanımlanmıştır. Yapılan incelemelerde Terme sulak alanlarının makrofit çeşitliliği bakımından oldukça zengin olduğu belirlenmiştir. Alanda etno-tıbbi potansiyeli olan 14 familyaya bağlı 18 cins ve 22 makrofit taksonu tespit edilmiştir. Bitkiler sucul/yarı-sucul habitatlarda emers, submers, yüzen yapraklı ve serbest yüzen yapraklı türlerden oluşmaktadır. Farklı mevsimlerde bazı makrofitlerin (*Azolla filiculoides* Lam., *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm., *Salvinia natans* (L.) All., *Ceratophyllum demersum* L., *Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche, *R. trichophyllus* Chaix) aşırı çoğaldıkları gözlenmiştir. Literatür araştırmalarında, mevcut su bitkilerinin biyoaktif bileşenlerce zengin olduğu, antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar vb. etkilerinin yanı sıra endüstrinin farklı alanlarında kullanım potansiyelinin de olduğu ortaya konulmuştur. Çalışma bulguları Yeşilirmak Deltası'nın etnobotanik sucul bitki zenginliği bakımından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Türkiye'de tıbbi bitki olarak su bitkileri göz ardı edilmiştir. Oysa yapılan araştırmalarda sulak alanlarda yaygın bulunan bu bitkilerin doğal, ticari, farmakolojik olarak kullanım potansiyelleri yüksektir. Sulak alanların sucul bitki çeşitliliğinin ve potansiyellerinin belirlenmesi etnobotanik araştırmaları destekleyebilir. Yenilebilir ve biyoaktif bileşenlerce zengin makrofitler bölgenin ekonomik, ekolojik ve sosyokültürel faaliyetlerine katkı sağlayabilir. Aynı zamanda, son yıllarda artan antropojenik faaliyetlerin baskısı altında olan sulak alanların korunmasını da sağlayabilir. Birçok fonksiyonel özelliklere sahip olan sulak alanların korunması, gelecekte etkisini artırması beklenen küresel iklim değişikliğinden en az oranda etkilenmesi, doğal dengenin ve biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından oldukça önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Antropojenik baskı, Etnobotanik, Etnomedikal, Makrofit, Sulak alan tıbbi bitkileri

ABSTRACT

Common macrophytes with potential for ethnobotany and medicinal in the Terme wetlands of the Yeşilirmak Delta

The current research aimed to document the ethnobotany and medical important aquatic/semi-aquatic macrophytes common in the Terme wetlands in the Yeşilirmak Delta in northern Türkiye. To determine the ethno-medical potential of aquatic plants, the ethnobotanical knowledge of the local people was not used, and scientific studies on the subject were evaluated. There are rich lentik and lotic systems with different features, depths and sizes in the Yeşilirmak Delta. Macrophytes, used in the treatment of various ailments and whose bioactive properties are mentioned in the literature, were collected and identified through field research lasting five years (2017-2022). In the examinations, it was determined that Terme wetlands are very rich in terms of macrophyte diversity. A total of 22 water plant species with ethno-medical characteristics, belonging to 18 genera and 14 families, were documented from Terme wetlands. Plants consist of emerged, submersed, floating, and free-floating leaf species in aquatic/semi-aquatic habitats. It has been determined that some macrophytes (*Azolla filiculoides* Lam., *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm., *Salvinia natans* (L.) All., *Ceratophyllum demersum* L., *Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche, *R. trichophyllus* Chaix ex Vill.) overgrew in different seasons. Literature research shows that existing aquatic plants are rich in bioactive compounds, antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, etc. In addition to its effects, it has also been shown that it has the potential to be used in different areas of industry. Study findings show that Yeşilirmak Delta has significant potential in ethnobotanical aquatic plant richness. Aquatic plants have been ignored as medicinal plants in Türkiye. However, research shows that these plants, common in wetlands, have high potential for natural, commercial and pharmacological use. Determining the aquatic plant diversity and potential of wetlands can support ethnobotanical research. Macrophytes rich in edible and bioactive components can contribute to the region's economic, ecological and sociocultural activities. It can also ensure the protection of wetlands, which have been under increasing pressure from anthropogenic activities in recent years. Preserving wetlands, which have many functional features, is very important in terms of being least affected by global climate change, which is expected to increase its impact in the future and ensure the sustainability of natural balance and biodiversity.

Keywords: Anthropogenic pressure, Ethnobotany, Ethnomedical, Macrophyte, Wetland medicinal plants

Giriş

İnsanlar geçmişten günümüze ihtiyaçları doğrultusunda bitkilerin kök, gövde, yaprak, tohum, meyve ve çiçek gibi organlarından veya bütün bitkiden yararlanmışlardır (Verma, 2017). Günümüzde kullanılan modern ilaçların %25'inden fazlası doğrudan ya da dolaylı olarak bitkisel kaynaklardan oluşmaktadır (Topcu ve Çölgeçen, 2015). Şifalı bitkiler, kırsal kesimde yaşamlarını sürdüren insanların sağlığını koruyabilme ve hafif düzeydeki bazı hastalıkları tedavi etmede fayda sağlamaktadır (Deka ve ark., 2019). Geleneksel halk hekimliği alanında bilgi birikimleri kullanılarak şifalı bitkilerden hastalıkların tedavisinde yararlanılmıştır. Ancak bu bilgiler bazen sonraki kuşaklara aktarılmış olmakla birlikte bazı durumlarda belirli lokal alanlarda kalmıştır (Kar ve ark., 2022). Günümüzde artan sanayileşme ve insanların hayat tarzlarının değişmesiyle etnobotanik alana ilgi azalmış ve bu sebeple bilgilerin kayıt altına alınması çalışmaları yürütülmüştür (Acharya ve ark., 2021). Etnobotanik bilgilerden yeni ilaçların yapılmasında veya mevcut ilaçların geliştirilmesi çalışmalarında faydalanılması amaçlanmıştır (Erbay ve ark., 2018).

İlk defa 1895 yılında John W. Harshberger tarafından kullanılmaya başlanan etnobotanik, “etno” insan ve “botanik” bitki terimlerinden oluşmakta, insanlarla bitkilerin çeşitli alanlardaki ilişkilerini kapsamakta (Wong ve ark., 2001), ekonomik botanik ve geleneksel tıp kavramlarıyla da eş anlamlı olarak kullanılmaktadır (Raha ve ark., 2022). Yeryüzünde 35.000-70.000 bitki türü halk sağlığı alanında değerlendirilmektedir (Amjad ve ark., 2020). Şifalı bitkiler, sağlık alanında çok eski çağlardan beri kullanılmaktadır. Sucul bitkiler (makrofit) de bu alanda dikkat çekmiş, hastalıkların tedavisinde kullanım potansiyeli bulunmaktadır (Verma, 2017). Sucul bitkilerden elde edilen ürünler güvenlidir ve uygun maliyetlidir. Bitkilerin yapısındaki karotenoidler, alkaloidler, terpenoidler, flavonoidler, mineraller, steroidler ve protein gibi fitokimyasallar sağlık alanında tercih edilmektedir (Raha ve ark., 2022). Ekolojik olarak da makrofitlerin çok önemli fonksiyonları vardır. Sucul ekosistemin birincil üreticileri olarak besin ve çözünmüş oksijen üretir, bazı makrofitler yapısında kireç tutarak suyun alkali olmasını sağlar, asidik olmayan sucul ortamda sucul patojen mikroorganizmaların oluşmasını önler, tatlı su ekosistemlerinde suyun tutulması sağlar, kıyı erozyonunu ve sedimentin karışmasını engeller, sucul canlılar için besin, üreme ve korunma habitatları oluşturur, biyoremediasyon yoluyla suyu temizler (Taş ve Topaldemir, 2021; Yılmaz ve Taş, 2021; Lind ve ark., 2022; Topaldemir ve ark., 2023).

Makrofitlerin geniş yayılış alanına sahip olduğu sulak alanlar flora, fauna ve mikroorganizmalar bakımından oldukça

zengindir. Sulak alanlar tropikal ormanlardan sonra en zengin biyolojik çeşitliliğe sahip ekosistemler olup (İlgar, 2021) acı su, tuzlu su ve tatlı su özelliklerine sahip çeşitli tipleri vardır (Butt ve ark., 2021). Ayrıca, sulak alanlar yöre insanına günlük yaşamında ekonomik ve sağlık alanlarında biyokaynak olarak hizmet etmektedir (Deka ve ark., 2019). İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltmanın yanında kirli suyun filtrelenmesine de yardımcı olur (Fois ve ark., 2021). Sulak alan bitkilerinin etnobotanik alanda kullanılması ile yöre insanların sosyo-kültürel yaşamına da önemli katkısı bulunmaktadır (Bhusal ve ark., 2021).

Doğal kaynaklı etkilerin yanında özellikle antropojenik faaliyetler sonucu yeryüzü hızla kirlenmektedir (Taş ve ark., 2019). Küresel ısınma ile yeryüzünde ekosistemlerin dengesinin bozulması, tarımsal faaliyetlerde kimyasal gübre ve pestisitlerin kullanılması, sentetik besinlerin tüketilmesi ve artan dünya nüfusu sonucu açlık sorunu gibi nedenlerle doğal ürünlerin tüketimine yönelmek önemlidir. Makrofitlerin uygun maliyetli, güvenli, bulunduğu ortama bağlı olarak yaygın bulunması ve çabuk çoğalabilmesi gibi özellikleriyle etnobotanik araştırmalarda önem kazanmıştır. Bu konuda yapılan bir araştırmada, Nepal'in Morang bölgesi sulak alanlarında insanlar tarafından kullanılan toplam 54 makrofit türü tespit edilmiş olup, bunlardan 25 türün ilaç yapımında kullanım potansiyelinin bulunduğu bildirilmiştir (Koirala ve Jha, 2011). Batı Bengal sulak alanlarında yapılan bir araştırmada etnobotanik özelliğe sahip 19 sucul makrofit türü tespit edilmiştir. Ayrıca bu türlerin etnobotanik özellikleri de belirtilmiştir (Chakraborty ve ark., 2016). Aynı konuda yapılan başka bir araştırmada, Kuzey Bihar'ın Darbhanga bölgesinde yayılış gösteren ve tıbbi öneme sahip toplam 13 makrofit türü (Verma, 2017), Kuzeydoğu Hindistan'ın Batı Assam bölgesi sulak alanlarında ilaç yapımında kullanılan toplam 31 sucul makrofit türü tespit edilmiştir (Deka ve ark., 2019). Himalaya'nın bazı sulak alanlarında yapılan bir araştırmada tıbbi özelliği olan toplam 30 makrofit türü belirlenmiş (Butt ve ark., 2021), toplam 22 makrofit türünün ise etnobotanik özellikleri açıklanmıştır (Raha ve ark., 2022). Türkiye'de tıbbi bitki olarak su bitkileri göz ardı edilirken, Güney Asya'da oldukça yaygın kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalarda sulak alanlarda yaygın bulunan makrofitlerin doğal, ticari, farmakolojik olarak kullanım potansiyelleri oldukça yüksektir. Antimikrobiyal, antioksidan, hepatoprotective (karaciğer rahatsızlıklarında), antidiyabetik, sitotoksik, antiviral, ağrıları azaltıcı ve yatıştırıcı gibi etkileri nedeniyle hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Arya ve ark., 2022). *Juncus decipiens* (Buchenau) Nakai türünün etnomedikal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Çin'de yapılan bir araştırmada, bitkinin vücut ve kalp rahatsızlıklarının tedavisinde

inde kullanıldığı bildirilmiştir. Çalışmada, bu makrofitin antimikrobiyal, antibakteriyal, antialgal özellikler taşıdığı belirtilmiştir (Ullah ve ark., 2023). Pakistan'ın Pencap eyaletinde yapılan bir araştırmada, toplam 42 makrofit türünün yöre halkı tarafından etnomedikal amaçlı; astım, ülser, bel soğukluğu, mide ağrısı, basur ve cilt hastalılarının tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Ali ve ark., 2020). Makrofitler, ilaç yapımında, tarımsal faaliyetlerde kullanılmasının yanında canlılar tarafından besin kaynağı olarak da tercih edilmektedir (Verma ve ark., 2023). Su bitkileri görsel özelliklerinden dolayı su bahçeleri, süs havuzları, yağmur suyu toplama bahçeleri gibi peyzaj uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Taş ve Topaldemir, 2021). Sulak alan bitkilerinin hem peyzaj tasarım çalışmalarını zenginleştireceği hem de farklı bir bakış açısı ve yorum getirerek peyzaj planlama çalışmalarında geniş bir çeşitlilik sunacağı ifade edilmiştir (Turgut ve Yılmaz, 2020). Hatta, Erzurum ve yakın çevresinde 1750-3176 m rakımlarda bazı alpin bitkilerin incelendiği araştırmada, peyzaj planlama çalışmalarında değerlendirilebilecek, nemli ve taban suyu yüksek alanlarda kullanılmaya uygun bitkilerin de belirlendiği görülmektedir (Karahana ve Yılmaz, 2001).

Türkiye'nin ikinci, Karadeniz kıyısının en büyük deltası olan Yeşilirmak Deltası'nda ve sulak alanlarında bazı floristik ve ekolojik çalışmalar yapılmıştır. Deltadaki yerli ve yabancı bitki türlerinin etnobotanik kullanımlarının literatüre dayalı olarak araştırıldığı çalışmada, alanda tıbbi amaçlı kullanılacak 61 familya ve 141 cinse ait 160 tür ve alt tür taksonu belirlenmiştir (Mumcu ve Korkmaz, 2018). Bu bitkilerin genelini karasal, çok az bir kısmının nemli ortam bitkileri olduğu görülmektedir. Yeşilirmak Deltası sulak alanlarında zaman zaman aşırı çoğalan ve su yüzeyini kaplayan kıvılcık eğreltinin (*Azolla filiculoides* Lam.) ekolojik ve ekonomik özelliği, yayılışı ve bu türün aşırı yayılmasının önlenmesi için yapılacak mücadele çalışmalarına değinilmiştir (Taş ve ark., 2019). Yeşilirmak Deltası'nda yaygın bulunan sulak alan bitkisi *Ranunculus sphaerospermus* (Boiss. & Blanche) türünün su ve etanol özütlerinin antioksidan ve antifungal etkilerinin incelendiği çalışmada, bitkinin etanol özütlerinin antibakteriyal özellik gösterdiği tespit edilmiştir (Ertürk ve ark., 2019). Deltadan toplanan submers su bitkisi *Myriophyllum spicatum* L. ile Ulugöl (Ordu)'den toplanan aynı bitkinin antimikrobiyal etkilerinin incelendiği in vitro araştırmalar sonucunda, bitkinin etanol özütlerinin test organizmaları üzerinde etki gösterdiği, hatta Miliç'ten (Terme) toplanan örneklerin antimikrobiyal etkisinin Ulugöl örneğinden daha etkili olduğu bildirilmiştir (Ertürk ve ark., 2020). Terme sulak alanlarından toplanan su bitkilerinin (*Lemna trisulca* L., *Salvinia natans* (L.) All., *Spridela polyrhiza* (L.) Schleiden) biyoaktivitelerinin incelendiği çalışmada, bu bitkilerin tıbbi

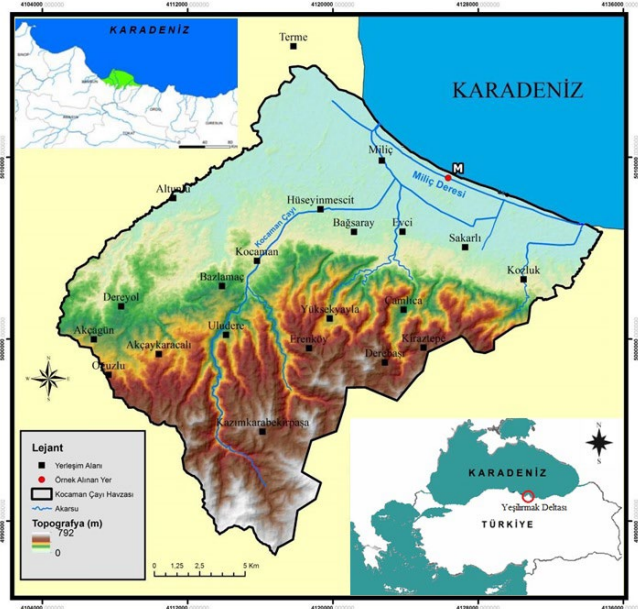
değer taşıdığı ve etnobotanik alanda kullanım potansiyelinin bulunduğu belirtilmiştir (Şahin, 2020). Mevcut literatürlere göre, Türkiye'de sadece Yeşilirmak Deltası'ndan bildirilen, dünyanın en küçük çiçekli bitkisi köksüz su mercimeği *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm. (Taş ve Topaldemir, 2021), deltadaki durgun sulak alandan toplanıp Ordu Üniversitesi Hidrobiyoloji Laboratuvarında kontrollü koşullarda çoğaltılmış ve çeşitli biyodenylerde model organizma olarak kullanılmıştır. *W. arrhiza*'nın gri su arıtımında kullanılabileceği, uzay araştırmalarında astronotlara besin ve su kaynağı olabileceği belirtilmiştir (Arslan Günel ve Taş, 2022). Evsel atık sulardan nütrient gideriminde *W. arrhiza*'nın diğer su merciklerine göre daha hızlı çoğalması nedeniyle önemli bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Arslan Günel, 2023). Kontrollü koşullarda floresan ışık, kırmızı, mavi ve mor LED ışıklar altında *W. arrhiza*'nın yetiştirilebildiği ve farklı LED'lerin bitkinin element içeriğini (C, H, N, S) değiştirdiği (Taş ve Şengüllendi, 2022), doğal ortamda %10 ham protein içeriğine sahip olan bu türün kırmızı LED ortamında yetiştirildiğinde protein miktarının oldukça yükseldiği (yaklaşık %42) tespit edilmiştir (Taş ve Şengüllendi, 2023). Deltadaki akarsularda yaygın bulunan bazı su bitkilerinin (*Myriophyllum spicatum*, *Ceratophyllum demersum*) ağır metal biriktirme özelliklerinden dolayı su kalitesinin belirlenmesinde biyoindikatör ve biyomonitör olarak kullanılabilen güncel araştırmalarda bildirilmiştir (Ustaoglu ve ark., 2022; Topaldemir ve ark., 2023).

Bu çalışmada, Yeşilirmak Deltası'nın doğusunda yer alan Terme sınırları içerisinde bulunan bazı lentik ve lotik ekosistemlerde etnobotanik ve tıbbi potansiyele sahip olan makrofitlerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan literatür araştırmalarında da görüldüğü üzere, Yeşilirmak Deltasındaki sucul ekosistemlerde konusu etnobotanik-tıbbi makrofitlerin tespitine yönelik bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Delta sulak alanlarında yapılan bu incelemedeki temel hedefimiz, alanda doğal yayılış gösteren ve literatür bilgileri doğrultusunda etno-tıbbi özelliğe sahip olan sucul makrofitlerin belirlenerek ilgili konuda oluşturulacak veri tabanına katkı sağlamaktır.

Materyal ve Metot

Samsun iline bağlı Terme ilçesi sınırları içerisinde yer alan, Yeşilirmak Havzası'nın doğusundaki alt havza sulak alanlarında 5 yıl boyunca (2017-2022) incelemeler yapılmıştır (Şekil 1). Gözlemler sırasında sulak alanda doğal yayılış gösteren, yaygın bulunan ve etnobotanik-tıbbi özelliğe sahip makrofitler toplanmış, fotoğraflanmış ve sulak alan özellikleri kaydedilmiştir. Sulak alanlarda TS EN-14184'e uygun olarak standart örnekleme metotları uygulanmıştır. Araştırma alanında beş yıllık süre içerisinde her mevsim gözlem

yapılmıştır. Çünkü makrofitlerin farklı dönemlerde farklı gelişim dönemlerinin olduğu gözlemlenmiştir. Gözlemler sırasında makrofitlerin vejetatif ve generatif organlarını üzerinde birlikte taşıdığı dönemde toplanmasına dikkat edilmiştir (Şekil 2). Makrofitlerin toplandığı alandaki göreceli yoğunlukları arazide kayıt altına alınmıştır. Göreceli yoğunluklar daha sonra TS EN-18184’te belirtilen standartlara göre sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Ayrıca toplanan makrofitlerin fotoğraflaması da yapılmıştır (Şekil 4). Çalışma alanında bulunan sulak alanların sığ olması dolayısıyla herhangi bir alet ihtiyacı olmadan el yardımıyla toplanmıştır. Sulak alanların dar ve kısa özelliklerinde dolayı araştırma yapılan her sulak alan içerisinde makrofitlerin kapladığı alan ve bolluğunun tespiti sırasında kesit belirlenmemiş, sulak alan bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Toplanan makrofitler önce alandaki su ile üzerindeki yabancı maddelerden temizlenmiş ve ardından %70’lik etanol içerisinde bulundurulmuş laboratuvar ortamına taşınmışlardır. Laboratuvara taşınan makrofitlerin türlerinin tayinlerine yardımcı olmak amacıyla binoküler ve stereo mikroskoplar kullanılmıştır. Türlerin tayininde ilgili kaynaklar kullanılmıştır (Seçmen ve Leblebici, 2008; DSİ, 2009; Güner ve ark., 2018). Latince adları tespit edilen makrofit türlerinin Türkçe adları ise “Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)” kaynağından yararlanılarak yazılmıştır (Güner ve ark., 2012).



Şekil 1. Araştırma alanı, Samsun, Yeşilirmak Deltası, Terme sulak alanları

Figure 1. Research area, Samsun, Yeşilirmak Delta, Terme wetlands

Tablo 1. Makrofitlerin Göreceli Kapladıkları Alan (%) ve Bolluk Durumu (TS EN 14184’e Göre)

Table 1. Relative Area Covered (%) and Abundance of Macrophytes (According to TS EN 14184)

| | Bolluk | Kaplama Alanı (%) |
|--------------|--------------------|--------------------------|
| Ölçek | Tanımlayıcı | Sınıf |
| 1 | Çok Nadir | <0.1 |
| 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 3 | Yaygın | 1-5 |
| 4 | Bol | 5-10 |
| 5 | Dominant | >10 |

Bulgular ve Tartışma

Antropojenik ve iklimatik baskılara rağmen, Yeşilirmak Deltası Terme sulak alanlarında yayılış gösteren makrofitleri incelediğimiz mevcut araştırmada, etnobotanik ve tıbbi kullanım potansiyeline sahip toplam 14 familyaya bağlı 18 cins ve 22 makrofit taksonu tespit edilmiştir. Tablo 2’de sucul makrofitlerin bolluk durumları TS EN-18184’e göre sınıflandırılmıştır. Yetiştikleri ortama göre makrofitler; su üstü (emers, emerged), su altı (submers, submersed), bağımsız yüzen (unattached floating) ve bağımlı yüzen (attached floating) bitkiler (Wetzel, 2001) olarak tanımlanmıştır.

Terme Sulak Alanında Tespit Edilen Etnobotanik-Tıbbi Potansiyeli Olan Sucul/Yarı Sucul Makrofitler

Sulak alanlarda tespit edilen makrofitlerin bazı ekolojik ve etno-medikal özellikleri fotoğrafları verilerek (Şekil 2, Şekil 3), alfabetik şekilde bilimsel adı, Türkçe adı ve familyası belirtilerek aşağıda açıklanmıştır.

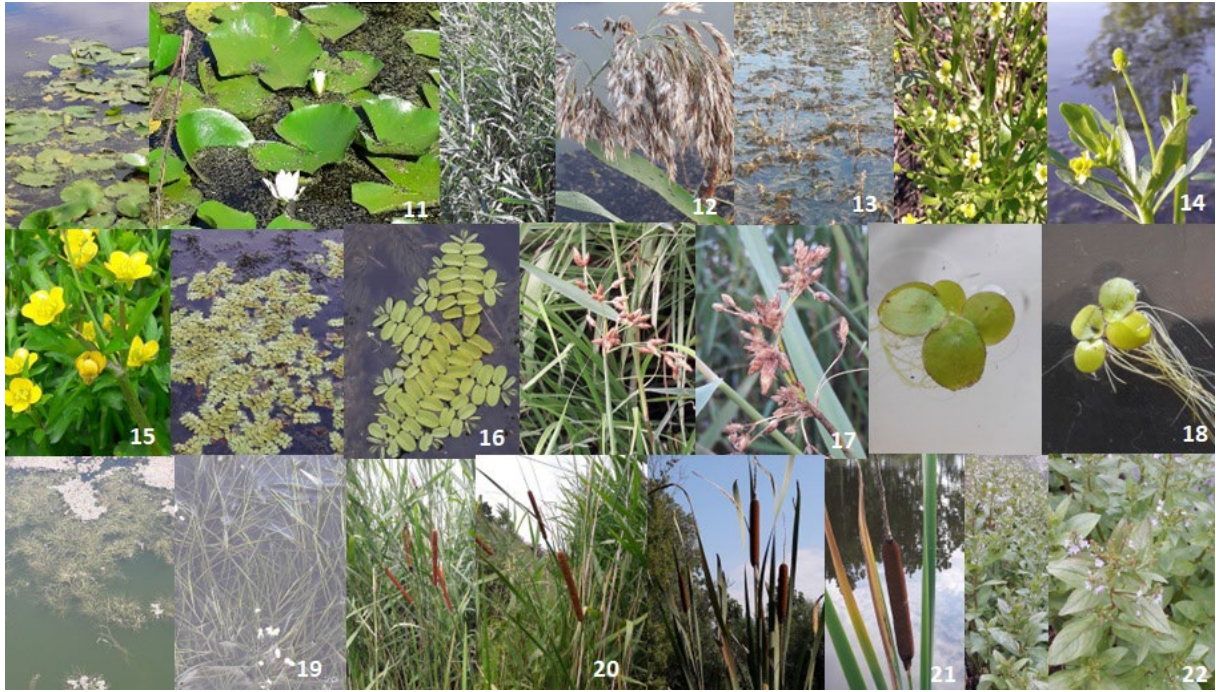
1. Acorus calamus L., Eğirotu (Acoraceae, Eğirgiller)

Göl kenarlarında yayılış gösterir ve emers tip makrofitir (TÜBİVES, 2023). Bitkinin rizom, kök ve yapraklarından glikozit, oksalik asit ve uçucu yağ elde edilir (Ahmed ve ark., 2007). Rizom antispazmotik, terletici, tüberküloz, akciğer ve kalp tümörlerini iyileştirici (Harikrishnan ve Hariharan, 1999), kronik ishal tedavisinde, dizanteri, antidiyabet ve sinirsel rahatsızlıklarda (Balakumbahan ve ark., 2010), iştah kaybını gidermede, çocuklarda boğmaca rahatsızlığını iyileştirmede (Das ve ark., 2013), öksürük, balgam ve idrar söktürücü, tonik spazmlar vb. insan sağlığını koruma ve iyileştirmede kullanılır (Tayjanov ve ark., 2021).

Table 2. Terme sulak alanlarındaki bazı makrofitlerin bolluk durumları (TS EN 18184'e göre)**Table 2.** Abundance status of some macrophytes in Terme wetlands (according to TS EN 18184)

| | Ölçek | Bolluk | Kaplama Alanı (%) |
|--|-------|-------------|-------------------|
| | | Tanımlayıcı | Sınıf |
| 1. <i>Acorus calamus</i> | 1 | Çok Nadir | <0.1 |
| 2. <i>Alisma plantago-aquatica</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 3. <i>Ceratophyllum demersum</i> | 3 | Yaygın | 1-5 |
| 4. <i>Ceratophyllum submersum</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 5. <i>Cynodon dactylon</i> | 3 | Yaygın | 1-5 |
| 6. <i>Cyperus difformis</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 7. <i>Cyperus rotundus</i> | 1 | Çok Nadir | <0.1 |
| 8. <i>Lemna minor</i> | 3 | Yaygın | 1-5 |
| 9. <i>Mentha aquatica</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 10. <i>Nasturtium officinale</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 11. <i>Nymphaea alba</i> | 1 | Çok Nadir | <0.1 |
| 12. <i>Phragmites australis</i> | 4 | Bol | 5-10 |
| 13. <i>Potamogeton crispus</i> | 3 | Yaygın | 1-5 |
| 14. <i>Ranunculus repens</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 15. <i>Ranunculus sceleratus</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 16. <i>Salvinia natans</i> | 4 | Bol | 5-10 |
| 17. <i>Schoenoplectus lacustris</i> | 1 | Çok Nadir | <0.1 |
| 18. <i>Spirodela polyrhiza</i> | 3 | Yaygın | 1-5 |
| 19. <i>Stuckenia pectinata</i> | 4 | Bol | 5-10 |
| 20. <i>Typha angustifolia</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 21. <i>Typha latifolia</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |
| 22. <i>Veronica anagallis-aquatica</i> | 2 | Nadir | 0.1-1 |

(1. *Acorus calamus*, 2. *Alisma plantago-aquatica*, 3. *Ceratophyllum demersum*, 4. *C. submersum*, 5. *Cynodon dactylon*, 6. *Cyperus difformis*, 7. *C. rotundus*, 8. *Lemna minor*, 9. *Mentha aquatica*, 10. *Nasturtium officinale*)**Şekil 2.** Tıbbi özelliklere sahip sulak alan makrofitleri**Figure 2.** Wetland macrophytes with medicinal properties



(11. *Nymphaea alba*, 12. *Phragmites australis*, 13. *Potamogeton crispus*, 14. *Ranunculus repens*, 15. *R. sceleratus*, 16. *Salvinia natans*, 17. *Schoenoplectus lacustris*, 18. *Spirodela polyrrhiza*, 19. *Stuckenia pectinata*, 20. *Typha angustifolia*, 21. *T. latifolia*, 22. *Veronica anagallis-aquatica*)

Şekil 3. Tıbbi özelliklere sahip sulak alan makrofitleri

Figure 3. Wetland macrophytes with medicinal properties



Şekil 4. Bazı sulak alanların genel görünüşü

Figure 4. General view of some wetlands

2. *Alisma plantago-aquatica L., Çobandüdüğü* (*Alismataceae, Kurbağakaşığıgiller*)

Hendekler, göl veya nehir kıyıları, bataklıklar, ıslak topraklar veya yüzey sularında yayılış gösteren emers makrofit türüdür (TÜBİVES, 2023). Rizomlarında triterpenoid, seskiterpenler ve diterpenler gibi sekonder metabolitler bulunmaktadır (Tian ve ark., 2014). Bitkinin bu sekonder bileşikleri antitümör, antibakteriyel ve antiinflamatuvar özelliğe sahiptir (Huang ve ark., 2017). Kanseri iyileştirici (Li ve Qu, 2012), idrar söktürücü, şeker hastalığı, dizanteri, cüzzam tedavisinde, böbrek ve sindirim rahatsızlıklarının giderilmesinde (Ahmad ve ark., 2011), büzücü, antihepatotoksik ve antihiperkolesterol özelliği bulunur (Arenas ve ark., 2013).

3. *Ceratophyllum demersum L., Kınalı suboynuzu* (*Ceratophyllaceae, Suboynuzugiller*)

Orta ile yüksek nütrient seviyesine sahip göl, gölet, hendek ve sakin sularda yayılış gösteren submers tip sucul makrofitir (Keskinan ve ark., 2004). pH değeri 7.6-8.8 aralığına sahip durgun, gölgeli ve hafif akan sularda gelişir, ancak bulanık ve tuzlu suları tercih etmezler. Bitkinin kimyasal içeriğinde glikozitler, terpenoidler, şekerler, amino asitler, peptitler, proteinler, uçucu yağ, fenolik bileşikler ve alkaloidler bulunur (Syed ve ark., 2018). Bitki geleneksel olarak kullanılmaktadır; renksiz ciltlerin tedavisi için susam yağı ile *C. demersum* suyu tavsiye edilir. Safra ve ülser tedavisi için 7 ila 10 gün boyunca günde iki kez 10 ila 15 mL sulu bitki özütü verilir (Vaidyaratnam, 1997). Bitki safra salımını ve kardiyotoniği kontrol etmek için ateş düşürücü, akrep sokmalarına karşı soğutucu olarak (Singh ve ark., 2013; Chakraborty ve ark., 2016); ateş düşürücü, iyileştirici, anti-toksik, büzücü, ağrı kesici, iltihap önleyici, hepatoprotektif, ishal önleyici ve solunum yolu enfeksiyonlarında kullanılır (Khare, 2004).

4. *Ceratophyllum submersum L., Suboynuzu* (*Ceratophyllaceae, Suboynuzugiller*)

Tarım arazilerinin etrafındaki ötrofik suları tercih eden submers tip sucul bitki türüdür (Nagengast ve Gabka, 2017). Bitkinin yapısında fenolik sekonder bileşikler üretilir (Şen, 2021). Bu bileşiklerin antitümör, antibakteriyel, antidiyabetik etkisi bulunmaktadır (Amudha ve ark., 2018). İshal ve mide ağrısının tedavisinde kullanılır (Hamel ve ark., 2018).

5. *Cynodon dactylon (L.) Pers., Köpekdişi (Poaceae, Buğdaygiller)*

Kuru veya taşlık yamaçlar, akarsu kenarları, tatlısu bataklıkları ve deniz kıyı kumullarında yayılış gösteren yarı sucul emers bitki türüdür (TÜBİVES, 2023). Uçucu ve sabit

yağlar, flavonoidler, alkaloid, terpenler, saponin, tanen, reçine, karbonhidrat ve protein içermektedir. Bu sekonder bileşiklerin antioksidan, antidiyabetik, antikanserojen, anti alerjik etkileri vardır (Al-Snafi, 2016a). Hayvanlar için yem ve gıda zehirlenmelerinde ilaç olarak kullanılmasının yanı sıra yara, dizanteri, basur ve öksürük için iyileştirici olarak (Hussain ve ark., 2010; Yadav ve ark., 2022), idrar ve safra yolları iltihabında, eklem ve romatizma rahatsızlıklarında kullanılır (Hamel ve ark., 2018). Sudaki yumuşakçalar için iyi bir besin kaynağıdır, cildi iyileştirmek ve tanrıya ibadet etmek için de kullanılır (Shendye ve Gurav, 2014).

6. *Cyperus difformis L., Göcelebüken (Cyperaceae, Hasırotugiller)*

Kumullar arasındaki nemli çöküntü alanlarda ve pirinç tarlalarında yayılış gösteren yarı sucul emers bitki türüdür (TÜBİVES, 2023). Kimyasal bileşenlerdeki zenginliği nedeniyle, *Cyperus* bitkileri halk tıbbında çoklu etkiler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Soumaya ve ark., 2013; Al-Snafi, 2016). Yetmiş cinse ait 4000'den fazla türe sahip olan Cyperaceae familyası, yapılarındaki çok sayıda biyoaktif bileşik nedeniyle (örneğin karyofillen oksit, siperotundon, germakren D, α -siperon, α -korimbolol, α -pinen, mustakone ve zierone) çoğunlukla geleneksel ilaç olarak kullanılmaktadır. *Cyperus* türünün ham özleri antidepresif, antiartrit, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antioksidan, antikanser, nöroprotektif, antiobezite, vazodilatör, spazmolitik, bronkodilatör ve östrojenik özellikler sergiler (Ahmad ve ark., 2022). *C. difformis*'in içerdiği fitokimyasalların çeşitli farmakolojik (antimikrobiyal, antioksidan, anti-inflamasyon, anti-kanser, hepato-koruyucu, diüretik, antiastım vb. gibi) etkileri vardır (Ahmad ve ark., 2022). Bu türün yapraklarının ham özünde glikozitler, ligninler, kinonlar, tanenler ve terpenoidlerin varlığı bildirilmiştir (Babu ve Savithramma, 2014). Glikozitler, içerdikleri özellikler nedeniyle tıpta önemlidir. Kalbe etki eder ve kalp yetmezliğinde kullanılır (Balch ve Balch, 2000). Tanenler, ishal ve dizanteri gibi bağırsak bozukluklarının tedavisinde kullanılan büzücü maddenin ana bileşenidir. Tanenler ve tannik asit, sindirim sisteminin astarı üzerinde pıhtılaşmış bir protein tabakası oluşturur. Terpenoidler, analjezik ve antiinflamatuvar aktiviteleri vardır (Ahmad ve ark., 2022). Ligninler, küresel karbon döngüsünde önemli bileşenlerdir; ligninin mikrobiyal bozunmaya karşı direnci, topraktaki kalıcılığını artırır (Cambell ve Sederoff, 1996). Kinonların, fotosentetik ve solunum elektron taşıma zincirlerinde zarın lipid fazı içinde mobil elektron taşıyıcıları olarak hareket ettiği bilinmektedir (Fato ve ark., 1996). Saz otunun tıbbi değere sahip olduğunu gösteren yukarıda belirtilen etnofarmakolojik çalışmalar, birçok hastalığın tedavisinde kullanılabilen, tıp alanında iyileştirici olarak kullanılabilen, stabil, farmakolojik olarak aktif sekonder metabolitler

patojenik bozukluklar dahil, ilaç endüstrileri için yeni kaynaklar oluşturabilir (Ahmad ve ark., 2022). *Cyperus* türleri, tedavi edici bitki, gıda ve ilaç yapımında kullanılmamasının yanı sıra gen kaynağı olarak da kullanılır (Yadav ve ark., 2022).

7. *Cyperus rotundus* L., *Topalak* (Cyperaceae, *Hasırotugiller*)

Nehir yatağı, nemli topraklar, ekili alanlar ve yol kenarlarında yayılış gösteren yarı sucul emers makrofit türüdür (TÜBİVES, 2023). *C. rotundus*'tan monoterpenoidler, seskiterpenoidler, flavonoidler, fenilpropanoidler, fenolikler ve fenolik glikozitler, triterpenoidler ve steroidler, diterpenoidler, kinonoidler, alkaloidler, sakkaritler vb. 552 bileşik tanımlanmıştır ve çok sayıda fitokimya araştırmasıyla fazlasıyla kanıtlanmıştır (Sivapalan, 2013; Soumaya ve ark., 2013; Abbasi ve Kabir, 2018). Dünya çapında geleneksel tıp sistemlerinde sinir, gastrointestinal sistem hastalıkları ve iltihaplanma gibi çok sayıda hastalığın tedavisinde ve önlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Geleneksel Çin tıbbında, rizomları sıklıkla karaciğer hastalığı, mide ağrısı, meme hassasiyeti, dismenore ve adet düzensizliklerini tedavi etmek için kullanılır (Xue ve ark., 2023). Antiparazitik, antioksidan, antibakteriyel, antikanser ve antiinflamator gibi etkileri bulunmaktadır (All-Snafi, 2016b). Hayvan yemi ve gıda zehirlenmelerinde ilaç olarak ateş, dizanteri ve karın ağrısını iyileştirmede kullanılır, gen kaynağı işlevinin yanında toprağı erozyona karşı korumakta, idrar söktürücü, antelmintikler etkilere karşı ateş, bronşiyal astım ve öksürük giderici (Yadav ve ark., 2022), diyabet hastalığının tedavisinde, vitamin ve mineral ihtiyacını karşılanmasında (Verma, 2017), kusma sorununun tedavisinde (Seethapathy ve ark., 2014), sindirim sistemi sorunlarını gidermede, beyin ve kalbin çalışmasını düzenlemede kullanılır (Ali ve ark., 2020).

8. *Lemna minor* L., *Sumercimeği* (Lemnaceae, *Sumercimeğigiller*)

Göller, nehirler, havuzlar, hendekler, bataklıklar ve pirinç tarlalarında yayılış gösteren suda serbest yüzen makrofit türüdür (TÜBİVES, 2023). Karbonhidrat, protein, yağ, flavonoid ve eser elementler gibi maddeleri içerir. Antimikrobiyal, antioksidan, sitotoksik ve immünomodülatör (All-Snafi, 2019); kaşıntı önleyici, skorbüt önleyici, büzücü, ateş düşürücü, kızamık, ödem önleyici özellikleri vardır. Astım hastalığının tedavisinde, karaciğer rahatsızlığı sonucu oluşan cilt rahatsızlığını tedavide, sivrisinekleri kovmada ve besin maddesi olarak tüketilir (Butt ve ark., 2021). İdrar yolları sorunlarında ve kızamık gibi cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılır (Ikram ve ark., 2014; Ali ve ark., 2020).

9. *Mentha aquatica* L., *Su nanesi* (Lamiaceae, *Ballıbabagiller*)

Dere ve göl kenarları, kıyıları ve bataklıklarda yayılış gösteren emers bitki türüdür (TÜBİVES, 2023). Bitki yapısında fenolik bileşikler, flavonoid ve sterol bileşikleri üretilir. Antienflamatör ve antioksidan etkileri vardır (Conforti ve ark., 2008). Yapraklarında bulunan uçucu yağ, antiseptik yaraların iyileştirilmesinde, bitkinin yaprakları ayrıca anodin, büzücü ve antispazmodik, kolagog, gaz giderici, kusturucu, terletici, uyarıcı, soğutucu, tonik ve mide ağrısında (Mulas, 2006), idrar söktürücü (Hamel ve ark., 2018), bağırsak paraziti, ishal, mide ve karaciğer rahatsızlıklarının tedavisinde kullanılmıştır (Asadollah-Pour ve ark., 2021).

10. *Nasturtium officinale* R.Br., *Suteresi* (Brassicaceae, *Turpgiller*)

Dere, gölet ve hendeklerde yayılış gösteren sucul ve yarı sucul emers tip makrofittir (TÜBİVES, 2023). *N. officinale* bitkisi, Almanya'da fitoterapide kullanılmak üzere resmi olarak listelenmiştir ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından güvenli yenilebilir bir bitki olarak kabul edilmektedir (Klimek-Szczykutowicz ve ark., 2018). Bitkinin farmakolojik potansiyeli, zengin kimyasal bileşimidir. Bitkideki sekonder metabolitlerin en önemli grubu, izotiyosiyanatlar, polifenoller, vitaminler ve karotenoidler gibi diğer bileşiklere ek olarak glukozinolatlardır. Bu değerli kimyasal bileşenler, *N. officinale*'nin gıda ve kozmetik endüstrilerindeki önemli konumunun nedenidir (Boligon ve ark., 2013; Jeon ve ark., 2017). *N. officinale*, besinsel özellikleri bilinen ancak keşfedilmemiş ve yaygın olarak bilinmeyen değerli biyolojik özelliklere sahip bir bitkidir. Geleneksel tıpta, bu bitki hiperglisemi, hipertansiyon, astım ve öksürük için bilinen bir ilaçtır (Teixidor-Toneu ve ark., 2016). Mevcut yayımlanmış çalışmalar *N. officinale* bitki özlerinin farmakolojik etkilerini (antikanser, antioksidan, antibakteriyel, antienflamatuar, antipsoriatik ve kalp koruyucu etkileri) kanıtlamıştır (Bahramikia ve Yazdanparast, 2008; Yehuda ve ark., 2012, Chai ve ark., 2015; Zeb, 2015; Shahani ve ark., 2017; Zafar ve ark., 2017). Yine, başka bir çalışmada bitkinin içerdiği sekonder bileşiklerin antiviral, antienflamatuar, balgam söktürücü, diüretik, antihiperlipidemik, antidiyabetik ve antikanser etkileri olduğu bildirilmiştir (Yalçınkaya ve ark., 2019). Mevcut farmakolojik çalışmalar, özellikle antikanser ve antioksidan aktivite olmak üzere sağlığı geliştirici etkilerini doğrulamıştır. Bu tür ayrıca kozmetik ve gıda üretiminde artan uygulamalara sahiptir (Klimek-Szczykutowicz ve ark., 2018). *N. officinale* sebze olarak tüketilen bir su bitkisidir (Bhusal ve ark.,

2021), ancak çalışma alanı olan bölgede değerlendirilmemektedir. Antialerjik ve baharat amaçlı kullanıldığı da bildirilmiştir (Ikram ve ark., 2014).

11. *Nymphaea alba* L., Nilüfer (*Nymphaeaceae*, Nilüfergiller)

Sığ sularda yayılış gösteren, bağımlı yüzen yapraklı bir su bitkisidir (TÜBİVES, 2023). Nymphaeaceae üyeleri geleneksel tıpta yüzlerce yıldır kullanılmaktadır. *N. alba* türleri antioksidan polifenoller, flavonoidler ve kafeik asit, kinik asit, p-kumarik asit, gallik asit, kuersetin, luteolin, orientin, kateşin, epikateşin, naringin, naringenin ve rutin fitokimyasallar gibi türev asitler içerir. Yapılan çalışmalarda bu fitokimyasallar hücre döngüsünün farklı fazları üzerinde inhibe edici etkiler göstermiştir ve ayrıca farklı apoptotik sinyal yollarının ekspresyonunu düzenleyerek apoptozu indüklemekten sorumludurlar (Cudalbeanu ve ark., 2018; Iqbal ve ark., 2018, Gupta ve ark., 2019). *Nymphaea* cinsinin çiçek özlerinin lösemi, akciğer kanseri, kolon kanseri ve prostat kanseri dahil olmak üzere farklı kanser türlerinde antineoplastik etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Nazir ve ark., 2015). Bitki kökleri dizanteri tedavisinde (Deka ve ark., 2019), anksiyete bozukluğunda kullanılır, antikanserojen ajan bulundurur (Al-Maliki ve ark., 2017). Tohumları kahve yerine tüketilir, kalp ve akciğer rahatsızlıklarında, sakinleştirici amaçlı, ishal tedavisinde ve vajinal rahatsızlıklarda tedavi amaçlı kullanılır (Butt ve ark., 2021). *N. alba* yaprak ve köklerinin metanolik ekstraktlarının antifungal, antitümör ve antioksidan aktivitelerinin değerlendirildiği çalışmada, bitki ekstraktının antioksidan aktivitesinin yüksek olduğu kanıtlanmış ve antioksidan flavonoid olan quercetin varlığı doğrulanmıştır. Antifungal aktivite deneyleri, her iki ekstraktın da *C. glabrata* CBS 138 suşuna karşı yüksek antifungal aktiviteye sahip olduğunu ve bir fungistatik ajan olarak hareket ettiğini göstermiştir. Aynı ekstraktlar yumurtalık A2780 ve meme MCF7 hücrelerine karşı umut verici bir sitotoksik etki göstermiştir ve kanserli olmayan V79 hücrelerine karşı daha az sitotoksik olduğu bildirilmiştir; bu da kanser hücreleri için daha seçici bir profil olduğunu göstermektedir (Cudalbeanu ve ark., 2019).

12. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., Kamış (*Poaceae*, Buğdaygiller)

Göller, nehirler, çukurlar, bataklıklar, kanal kıyıları ve deniz kıyılarında yayılış gösteren emers bitki türüdür (TÜBİVES, 2023). Bitkinin köklerinde Alkaloidler üretilir. Üretilen sekonder bileşikler sitotoksik ve antioksidan etki gösterir (Chen ve ark., 2013). *P. australis*'in kökü pnömoni, gastrit, diyabet, böbrek taşları ve diğer hastalıkların tedavisi için geleneksel Çin tıbbında kullanılmıştır (Chen ve ark., 2003; Luo ve ark., 2009; Novello ve ark., 2016; Qian ve ark., 2019).

Bitkinin kökü şeker içerdiği için pişirilerek tüketilir. Bitki sapları protein, karbonhidrat ve lif içerir. Kökleri antiemetiktir, panzehirdir, soğutucu ve ateş düşürücüdür. Tohumları son derece besleyici ve metabolizmayı artırıcı olduğu için un haline getirilerek tüketilir (Rao ve ark., 2007).

13. *Potamogeton crispus* L., Susümbülü (*Potamogetonaceae*, Susümbülügiller)

Göller, kanallar ve nehirlerde yayılış gösteren submers makrofittir (TÜBİVES, 2023). Bitkide diterpenoidler, alkaloidler, flavonoidler, glikozitler, karotenoidler ve bazı yağ asitleri üretilir. *Potamogeton* cinsi üyeleri anti bakteriyel, anti virüs, anti alg ve sitotoksitite özelliği gösterir (Du ve ark., 2014). *P. crispus*, polifenoller ve flavonoidlerin hayvan yemi ve biyolojik katkı maddesi olarak kullanılabilir (Lupoae ve ark., 2015), yeni karotenoid kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması için bir fırsat sağlayan karotenoidler açısından zengindir (örneğin; neoksantin, violaksantin, lutein, rhodoksantin ve β -karoten içeren karotenler ve ksantofiller), aynı zamanda anti-oksidasyon, anti-tümör ve bağışıklık düzenleme gibi fizyolojik fonksiyonlara da sahiptir (Ren ve Zhang, 2008). Karotenoid, anti-tümör, anti-oksidasyon, anti-kanser, bağışıklık geliştirme ve diğer sağlık bakım yönlerinde büyük öneme sahip önemli bir doğal pigmenttir (Sato ve ark., 2002). Biyolojik aktiviteye ve sağlık işlevine sahip bir tür doğal pigment olarak, karotenoidler, gıda katkı maddeleri, fonksiyonel gıda ve ilaç endüstrisinin önemli bir gelişme yönüdür (Fu ve ark., 2023). Astaksantin antioksidan kapasitesi, in vitro serbest radikal aktiviteyi süpürme aktivitesi, yağ sistemindeki lipid oksidatif bozunmasını inhibe etme ve oksidaz aktivitesini inhibe etme gibi etkileri yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Fu ve ark., 2023). Bu tür idrar söktürücü ve idrar yolu rahatsızlıklarının tedavisinde de kullanılır (Ali ve ark., 2020).

14. *Ranunculus repens* L., Tiktakdana (*Ranunculaceae*, Dügünççeğigiller)

Nemli yerlerde yayılış gösteren emers bitki türüdür (TÜBİVES, 2023). *Ranunculus* cinsine ait türlerde Alkaloid, flavonoid, fenolik asitler ve saponinler bulunur (Dochev ve Zhalnov, 2015). Yapraklarının ezilmesiyle yaraların iyileştirilmesinde, kas ağrıları ve romatizmal hastalıkların tedavisinde kullanılır (Hussain ve ark., 2011). Antihemorajik etkisi vardır (Mantle ve ark., 2000).

15. *Ranunculus sceleratus* L., Batak düğünççeği (*Ranunculaceae*, Dügünççeğigiller)

Sığ su, hendek içleri ve çamurlu alanlarda yayılış gösteren emers makrofittir (TÜBİVES, 2023). Bitkide glikozitler, flavonoidler ve steroidler üretilir (Prieto ve ark., 2003). Bitkinin

rizomları dizanteri, saçkıran, ishal rahatsızlıklarında, tohumları ise cildi temizlemede ve böbrek tedavisinde (Mei ve ark., 2012), uyuz ve diğer cilt hastalıklarının tedavisinde (Verma, 2017), ağrıları azaltmak için kullanılır (Ikram ve ark., 2014). Geleneksel Çin tıbbında, *R. sceleratus* bitkisinin tamamı ilkbaharın sonlarında veya yazın başlarında toplanır (Gang ve ark., 1999), mükemmel terapötik etkilere sahip yaygın bir geleneksel Çin şifalı bitkisidir (Mei ve ark., 2012). Taze veya kuru bitki, yemek borusu ve meme kanserini tedavi etmek için kullanılabilir (Li, 1999). Bu şifalı bitki acı bir tada, iyi bir doğaya ve spesifik toksisiteye sahiptir. Kan stazını gidererek, soğuğu dışarı atarak, şişliği gidererek ve karaciğer ve safra kesesinden aşırı ısıyı uzaklaştırarak kan dolaşımını teşvik etme yeteneğine sahiptir. Ayrıca iç apse, sıtma, sıraca, yılan veya akrep zehiri ve akut ikterik hepatiti de tedavi edebilir (Mei ve ark., 2012). Tıbbi değerine ek olarak, *R. sceleratus*'un başka potansiyel uygulamaları da vardır; organik atık suları ve bol miktarda ağır metal içeren endüstriyel atık suları arıtma yeteneğine sahip olduğunu gösterilmiştir. Ayrıca su habitatlarında ötrofikasyonun potansiyel bir biyo-göstergesi olarak kabul edilmiştir (Xu ve ark., 2004).

16. *Salvinia natans* (L.) All., *Su eğreltisi* (*Salviniaceae*, *Sueğreltisigiller*)

S. natans, sucul ortamlarda yayılış gösteren, suda serbest yüzen bir su eğreltisi türüdür (TÜBİVES, 2023). Bitkide Alkaloid, flavonoid, fenol, glikozid, saponin, tanen ve triterpen bileşikler üretilir. Kimyasallarla ilgili daha önce yapılmış birkaç çalışmada, *Salvinia* cinsinin bileşiminde fenolikler, triterpenoidler, kumarinler ve fenantrenlerin varlığı bildirilmiştir. Pham ve ark. (2022), *S. natans* bitkisinden dört steroid, üç megastigman, iki lignan, bir fenantren ve bir nepetolakton türeviden oluşan on bir bileşiği ilk kez izole etmişlerdir. Megastigmanlar doğada önemli bir fitokimyasal gruptur. *S. natans* ekstraktının ve bileşenlerinin antioksidan, antimikrobiyal, antipiretik, antienflamatuar ve analjezik aktiviteler gösterdiği bildirilmiştir (Narasimhulu ve ark., 2010; Bolotova, 2015; Al Knani ve ark., 2023). Başka bir çalışmada, *S. natans*'tan izole edilen dibenzoil glikozit olan natansinin, sıçan karaciğerinde endüstriyel bir çözücü olan karbon tetra klorür (CCl₄) kaynaklı oksidatif strese ve hücrel dejenerasyona karşı koruyucu etkisi olduğu gösterilmiştir (Srilaxmi ve ark., 2010). Bu su eğreltisi hayvan yemi olarak da kullanılabilir (Al-Maliki ve ark., 2017). Bunun dışında, *S. natans*'ın atık sudan ağır metalleri uzaklaştırmak için büyük bir potansiyele sahip olduğu (Co, Cu, Fe, Cr, Ni ve Zn birikimi, kuru ağırlığın %0.5'inin üzerinde), dolayısıyla bitkinin hiperakümülatör kriterlerine uygun olduğu bildirilmiştir (Dhir ve Srivastava, 2011).

17. *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, *Semerotu* (*Cyperaceae*, *Hasırotugiller*)

Bataklık sazı olarak bilinen bu tür, durgun ve sığ sularda, drenaj kanallarında, bataklıklarda *Phragmites australis* ile beraber bulunur. Killi, sert, yumuşak kıyı kireç taşları, alüvyonlu topraklarda yayılış gösteren emers tip makrofittir (TÜBİVES, 2023). Bitki polifenoller, isoprenoidler, flavonoidler, sinamik asit bileşiklerini üretir (D'abrosca ve ark., 2006). Bitkinin köklerinin su ile kaynatılmasıyla elde edilen madde kabızlık ve idrar tıkanıklığını çözer, ayrıca bu madde kanser tedavisinde (Ajaib ve ark., 2014), zengin nişasta içeriğinden dolayı besin olarak tüketilir, kurutulmuş tohumu unlu mamullerde kullanılır (Butt ve ark., 2021).

18. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Telli sumercimeği* (*Lemnaceae*, *Sumercimeğigiller*)

Nehirler, göller ve havuzlarda yayılış gösteren, suda serbest yüzen su mercimeği türüdür (TÜBİVES, 2023). Dünya çapında yaygın olan bu tür, gıda, yem, biyoyakıt ve yeşil gübre üretimi ve atık su arıtımı için biyoremediasyon potansiyel bir biyolojik kaynaktır (Yao ve ark., 2017, Sharma ve ark., 2019). *S. polyrhiza* özü, kalsiyum iyon kanallarını, enflamatuar mediatör salınımını ve mast hücre degranülasyonunu inhibe ederek kaşıntı, egzama ve atopik dermatit gibi enflamatuar ve cilt hastalıklarını hafifletebilir; bu nedenle *S. polyrhiza*, kozmetik ve ilaç endüstrilerinde kullanılmaya potansiyeline sahiptir (Seo ve ark., 2012; Nam ve ark., 2017). Bitki fenolik bileşikler (Toyama ve ark., 2009), flavonoidler (Kim ve ark., 2010) üretir, antimikrobiyal, antioksidan, antitirozinaz etkileri bulunur (Şahin, 2020). Organik gübre (%6-7 azot) ve içeriğindeki zengin proteinden dolayı hayvan yemi olarak kullanılır. Ayrıca sucul canlılar için de besin kaynağıdır. Suların arıtılmasında kullanılır. Bitkinin sıvı özütünden fidelerin gelişimde ve tohum veriminin artırılması faaliyetlerinde değerlendirilir (Bolotova, 2015). Kanın pıhtılaşmasına yardım eden fibrin ve fibrinojeni hidroliz eden fibrinolitik proteaz içerir (Cho ve Choi, 2003). Son zamanlarda, *S. polyrhiza*, biyofarmasötik bitki araştırmaları alanında protein antijenlerinin üretimi için etkili bir bitki ekspresyon sistemi olarak kullanılmıştır (Thu ve ark., 2015).

19. *Stuckenia pectinata* (L.) Börner, *Sutarağı* (*Potamogetonaceae*, *Susümbülügiller*)

Hafif tuzlu lagünler ve havuzlar, tatlı sığ göller, kanallar ve nehirlerde yayılış gösteren submers makrofit türüdür (TÜBİVES, 2023). *S. pectinata*, cinsin en yaygın türüdür ve dünyanın tüm kıtalarında görülür (Du ve Wang, 2016). Bitki fenolik bileşikler içerir. Sekonder bileşiklerin antioksidan ve antibakteriyel etkileri vardır (Lupoae ve ark., 2015). Üretilen sekonder bileşikler karaciğer iltihabı tedavisinde kullanılır

(Ali ve ark., 2020). Türler, ağır kirli sularda besinlerin ve ağır metallerin uzaklaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Sidhu ve ark., 2018).

20. *Typha angustifolia* L., Saz (*Typhaceae*, Sazgiller)

Göller, sazlıklar ve ıslak yerlerde yayılış gösteren emers tip makrofittir (TÜBİVES, 2023). *Typha*'nın dünyanın tropikal ve ılıman bölgelerinde, çeşitli derinlikteki bataklıklarda ve sulak alanlarda yayılış gösteren yaklaşık 12 türü vardır. Sulak alanların yaygın bir bitkisi, iyi bir besin, ilaç ve lif kaynağı olarak kullanılabilen, henüz keşfedilmemiş bir taksondur (Londonkar ve ark., 2013). *T. angustifolia*, büyük bir allelokimyasal kaynağı olan tek çenekli bir bitkidir. Apse, dizanteri, böbrek taşı, ishal, olağandışı rahim kanaması gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılan polenleri de dahil olmak üzere bitkinin tüm kısımları biyoaktiftir. *T. angustifolia*, çeşitli gram-pozitif ve gram-negatif bakterilere karşı oldukça aktiftir (Jamshaid ve ark., 2022). *T. angustifolia* antioksidan özelliğe de sahiptir (Chen ve ark., 2017). Yaraları iyileştirir, vücut savunmasına yardım eder, keratinitlerin bölünmesini teşvik eder (Jamshaid ve ark., 2022). *T. angustifolia* polen tanelerinin sulu ve %70 metanol ekstraktlarının anti-inflamatuar aktivite sergilediğini ortaya konulmuştur (Varpe ve ark., 2012). Londonkar ve ark. (2013)'ü yaptığı bir çalışmada, *T. angustifolia* yaprağının metanol ve sulu ekstraktlarının gram negatif organizmalara karşı önemli antibakteriyel aktivite sergilediğini bildirilmiştir. Bunun nedeni bu ekstraktlarda farklı sekonder metabolitlerin bulunmasıdır. Yaprığın metanolik ekstraktı, minimum MİK değerleri ile test edilen organizmalar için maksimum inhibisyon bölgesi sergilemiştir. Bu nedenle *T. angustifolia*'nın etnomedikalde ve yeni güçlü antimikrobiyal ajan için kullanılabilirliği ifade edilmiştir. Narakornwit ve Charoent-eeraboon (2022), *T. angustifolia*'nın meyvesi, yaprağı, meyve sapı ve rizomunun antimikrobiyal aktivitelerini araştırmışlar, elde edilen sonuçlar, meyve etanolik ekstraktının *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus subtilis*'e karşı, meyve sapı ve rizom ekstraktlarına benzer şekilde yüksek aktiviteye sahip olduğunu, en düşük antibakteriyel aktivitenin ise yaprak ekstraktında bulunduğunu göstermişlerdir. *Candida albicans*'a karşı sadece rizom özütü antifungal aktivite göstermiştir. Bitkinin rizomları yenilebilir, sapları ve yaprakları halatlar, paspaslar ve sepet yapımında kullanılır. Sulak alanda yaşayan memeliler tarafından besin olarak tüketilir, kuşlar bitkinin tohum kullarını yuva astarı olarak kullanırlar (Yadav ve ark., 2022), bitkinin polenlerinden elde edilen sıvı böbrek tedavisinde kullanılır (Kumar ve ark., 2013).

21. *Typha latifolia* L., Cıl (*Typhaceae*, Sazgiller)

Su kenarları, göller ve kanallarda yayılış gösteren emers tip makrofittir (TÜBİVES, 2023). Bitki tanen, saponin, steroid, Alkaloid, glikozid sekonder bileşikler üretir. Bitkide üretilen sekonder bileşikler antimikrobiyal etkiye sahiptir (Wangila, 2017). *T. latifolia*'nın saponinler ve fenol içeriğinin maksimum konsantrasyonda olduğu, minimum düzeyde alkaloidler içerdiği bildirilmiştir (Shinwari ve ark., 2019). Saponinler, kalp kaslarında Na ve Ca iyonlarının dengesinin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Mungole ve ark., 2010). Yine, saponinlerin kanseri önleyici olarak kullanıldığı bildirilmektedir (Miller, 1996). Bu nedenle bitki çeşitli hastalıkların tedavisinde farmakolojik olarak kullanılır (Shinwari ve ark., 2019). *T. latifolia*'nın kök, gövde, yaprak ve polenlerinde yapılan araştırmada, karbonhidrat proteini, fenolik bileşik, tanen, flavanoidler gibi fitokimyasallar ve antioksidan aktivitesi de incelenmiştir. Çalışma sonucunda, bu bitkinin yeterli miktarda makromolekül ve mikromolekül içerdiği, tüm bitki kısımlarının antioksidan aktivite gösterdiği, içerdiği ağır metaller ve iz minerallerin Dünya Sağlık Örgütü'nün izin verdiği sınırlar içinde olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, *Typha*'nın hem besleyici hem de tedavi edici özellikleri olan güvenli bir bitki olduğu bildirilirken, aynı zamanda *T. latifolia*'nın köklerinin metal birikimi için uygun olduğu, Zn, Ni, Cu, Pb, Mn, Co ve Cd gibi çeşitli metaller için biyoizlemede kullanılabilirliği belirtilmiştir (Channa ve ark., 2019). Bitkinin yaprak ve polenleri yatıştırıcı, diüretik ve böbrek ve ağırlı kanamaların tedavisinde (Hussain ve ark., 2010), kanı pıhtılaştırmada kullanılır (Ikram ve ark., 2014; Ali ve ark., 2020).

22. *Veronica anagallis-aquatica* L., Susedemesi (*Plantaginaceae*, Sinirotugiller)

V. anagallis-aquatica dereler, hendekler, pınarlar, kıyıları, ıslak çayırlar ve sazlıklarda yayılış gösteren emers tip makrofittir (TÜBİVES, 2023). 200'den fazla türü bulunan *Veronica* cinsi, Kuzey ve Güney Yarımküre'nin birçok yerine dağılmıştır. Bu bitkiler geleneksel olarak tıpta yara iyileşmesinde, romatizma tedavisinde ve farklı insan hastalıklarında kullanılmaktadır (Salehi ve ark., 2019). Türkiye florasında 26'sı endemik olmak üzere yaklaşık 79 *Veronica* türü bulunmaktadır. *Veronica* türünün farklı kısımları Türk halk hekimliğinde idrar söktürücü, yara iyileştirme ve romatizmal ağrılara karşı kullanılmaktadır (Harput-Hudaverdi ve ark., 2008). Yine, bitkinin toprak üstü kısımlarının sütte kaynatılıp lapa elde edildikten sonra karın ağrısı için karına sürüldüğü veya kaynatılan otlar çıkarılmadan ılık sulu özünü Kuzeybatı Anadolu'da romatizmal ağrıları hafifletmek için banyo ilacı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Fujita ve ark., 1995; Küpeli ve ark., 2005). *Veronica* türleri değerli bir biyoaktif bileşik

kaynağıdır. Bitkilerinin özleri, antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, antiinflamatuvar, skolisidal ve anti-kanser aktivitelerinin yanı sıra asetilkolinesteraz, tirozinaz, lipoksijenaz ve ksantin oksidaz üzerinde inhibe edici potansiyel gösterir (Sharifi-Rad ve ark., 2018). Geleneksel Çin tıbbında, *V. anagallis-aquatica* grip, hemoptizi, laringofarenjit ve fitiğin tedavisinde kullanılır (Su ve ark., 1999). Bitki tanen, reçine ve glikozit içerir (Dini ve Babakhanlou, 2003). Yapılan bir çalışmada bu bitkinin güçlü antienflamatuvar aktiviteye sahip olduğu ve antinositif etki gösterdiği bildirilmiştir (Küpeli ve ark., 2005). Bitki, karaciğer bozuklukları ve safra yolu tedavilerinde, farenjit, gırtlak sorunu ve grip tedavisinde (Duke, 2002), kanser tedavisinde, bel, sırt ve bacak ağrılarında (De Beer ve Van, 2011) kullanılırken, büzücü özelliği de vardır (Ikram ve ark., 2014). Bu makrofit, sebze olarak da tüketilir (Li ve ark., 2015). *Veronica* bitkilerinin gıda uygulamaları raporlarına bakıldığında, süt ürünleri gibi çeşitli gıdalara dahil edilmesinin, antimikrobiyal ve antioksidan etkiler uygulayarak raf ömrünün iyileştirilmesine yol açtığı gösterilmiştir. Bu nedenle, bu bitkiler etkili doğal gıda koruyucuları olarak değerlendirilebilir (Küpeli ve ark., 2005).

Canlıların büyüme, gelişme ve üreme faaliyetlerinde doğrudan görev almayan sekonder metabolitler organizmanın savunmasında, çevresine adaptasyonda ve ortamı paylaştığı diğer türlere karşı rekabette önemi vardır (Tiring ve ark., 2021). Sekonder metabolitler genellikle özelleşmiş hücrelerde, bitkilerin gelişimlerinin belli dönemlerinde veya stres koşulları altında üretilirler. Suda (hidrofilik) veya organik çözücüde çözünen (lipofilik) sekonder metabolitlerden suda çözünenler genellikle hücrede vakoulede depolanırken, lipofilik bileşikler ise latikiferlerde, reçine kanallarında, glandüler kıllarda, tilakoid membranda, trikomlarda ya da kütikulada depolanırlar (Bakır, 2020). Sekonder metabolitler genel olarak terpenler, alkaloidler ve fenolik bileşikler olarak üç grupta toplanmıştır.

Fenolik bileşiklerin yapısında bir veya birden fazla hidroksil gurubu bileşiği bulundurlar (Bakır, 2020). Fenolik bileşikler; fenolik asitler, basit fenolikler, kumarinler, sinamik asitler, ligninler, flavonoidler, tanenler, biflavoniller ve beta-siyaninlerden oluşmaktadır (Karataş ve ark., 2019). Fenoller bitkide genellikle pigmentlerle temsil edilmekte olup hücre duvarında, tozlaşmada, tohum gelişiminde, düşmanlarına karşı savunmada ve bitkide yapısal fonksiyonlarda etkili olabilen bileşiklerdir (Topcu ve Çölgeçen, 2015). Sucul bitkilerden *Ceratophyllum demersum* bitkisinde uygulanan kimyasallara (benzenler) karşı bitkiyi koruyan antioksidanların (glutatyon izomerleri) oluşturulduğu tespit edilmiştir. Yine aynı türün bazı mikrobiyolojik canlılara karşı antimikrobiyal aktiviteyle allelopatik etki gösterdiği de tespit edilmiştir (Abu, 2017).

Terpenler sekonder metabolitlerin en geniş gurubunu oluşturur. Yapısındaki izopren birimlerin sayısı dikkate alınarak isimlendirilirler. Monoterpen, seskiterpen, diterpen ve politerpen olarak sınıflandırılır. Terpenler herbisid etkisi bulunmakta, tohum ve tomurcuk dinlenmesini uyarır, bitkiyi su stresine karşı hazırlar, bitki dokularını korur (Bakır, 2020). Kahve bitkisindeki kafein ve tütün bitkisindeki nikotin güçlü birer böcek kovucu kimyasallardır (Kircher ve Lieberman, 1967). *Mentha aquatica* türüne gelişimlerinin erken ve olgun dönemlerinde Mn verilmiş ve bitkinin uygulanan mangana karşı uçucu yağ biyosentezinin etkilendiği tespit edilmiştir (Nazari ve ark., 2018).

Alkaloidler bitkilerde herbivora ve düşmalara karşı bitkiyi korur. Yapılarında azot içeren bazik bileşiklerdir. Genel olarak suda az organik çözücülerde ise fazla çözünürler. Sitrisinin, atropin, konin, morfin, efetrin örnekleri vardır (Alaca ve Arslan, 2012). *Acorus calamus* yarı sucul makrofitin rizomlarında mikroskobik canlılara karşı Alkaloidler oluşturarak antimikrobiyel etki göstermiştir (Kumar ve ark., 2010).

Dünyanın biyolojik çeşitliliğinin çok önemli bir parçası olan bitkiler insan refahının temininde başvurulan temel kaynaklardır. Türkiye ılıman iklim kuşağının en zengin bitki alanlarından biridir (Demircan ve ark., 2006; Karahan ve ark., 2006). Fakat ulusal bitki değerlendirme politikası geliştiremediğimiz için Türkiye’de bitki potansiyelinden yeterince yararlanılmamaktadır. Oysa Türkiye doğal bitkileri, bitki gen kaynakları ve biyolojik çeşitlilik açısından Avrupa’nın açık bir doğal müzesidir (Yılmaz ve Karahan, 1999). Son çeyrek asırda artış hızı belirgin hale gelen küresel iklim değişikliği sonucu kuraklık, su kaynaklarının azalması, çölleşme, ekosistemlerde bozulmalar, tür ve genetik çeşitlilik kayıpları gibi sorunlar ortaya çıkmıştır (Topaldemir ve Taş, 2022). İklim değişikliği, yaşama ortamı su olan makrofit türlerinin yayılışlarını, ekolojik fonksiyonlarını ve habitatlarını etkilemektedir. Değişen ortam koşulları sonucu yerel türlerin sayısının ve yayılış alanlarının azalması, bunların yerini ise istilacı türlerin alması muhtemeldir (Lind ve ark., 2022). Yeşilirmak Deltası’ndaki sulak alanlarda yapılan incelemelerde, bazı serbest yüzen yapraklı makrofitlerden su eğreltileri (*Azolla filiculoides* LAM., *Salvinia natans* (L.) All.) ve su mercimekleri (*Lemna minor* L., *Wolffia arrhiza* (L.) Horkel ex Wimm.) ile istilacı balık (*Carassius gibelio* Bloch) türlerinin aşırı çoğalması dikkat çekmiştir. Yapılan gözlemlerde, Terme sulak alanlarının özellikle antropojenik baskılara maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bunlar arasında noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen evsel, tarımsal ve hayvancılık faaliyeti sonucu oluşan atık/atıksu gibi kirletici unsurlar, sulak alan suyunun sondaj faaliyetleri ve küresel

ısınma sonucu azalması, sulak alanların tarım arazilerine dönüştürülmesi, sulak alan çevresinde konut, ahır ve işyeri gibi yapılaşmaların artması, aşırı hayvan otlatma, erozyon ve selden kaynaklı toprak kayıpları ve su kalitesinin bozulması, Miliç Irmağı boyunca kurulan yakıt istasyonları, çeşitli işletmeler, kıyı kumulları üzerindeki yerleşim alanları ve Karadeniz sahil yolundan kaynaklanan atıklar, kanalları temizleme ve kazıma sırasında ortamda bulunan türlerin zarar görmesi ve sedimentte bulunan atıkların suya karışarak suların doğal özelliğini bozması, bölgedeki çeşitli sanayi fabrikalarından kaynaklı hava kirliliği, kanalizasyon ve arıtma altyapısının yetersiz olması sonucu atık maddelerin sulak alanlara ulaşması, özellikle yaz mevsiminde ötrofik yapıdaki sulak alanlarda ayrışmanın artması nedeniyle suyun fiziko-kimyasal yapısının değişmesi sonucu gerçekleşen balık ölümleri, kontrolsüz ve aşırı avlanma gibi sorunlardır. Şekil 4'te sucul ekosistemlerin doğal yapısının bozulması sonucu makrofitlerin aşırı çoğaldığı bazı sulak alanlar görülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmada Anadolu'nun kuzeyinde ılıman bir iklim yapısına sahip ve her mevsim yağış alan Terme sulak alanlarında yaygın bulunan makrofitlerden 22 taksonun etnobotanik-tıbbi potansiyelleri değerlendirilmiştir. İleride yapılacak araştırmalarla bu bitkilerin ve sulak alanda mevcut olan diğer tıbbi sucul bitkilerin incelenmesine devam edilecektir. Çünkü sucul flora bakımından oldukça zengin olan bölgenin biyokaynak bakımından önemli bir potansiyeli vardır. Dünya genelinde ulaşım ve seyahat imkânlarının artmasıyla toplumlar arasında hastalıkların yayılması da kolay olmaktadır. Yakın tarihte tüm dünyayı etkileyen COVID-19 salgını bunun açık bir örneğidir. Tarih öncesi çağlardan beri insanlar tarafından kullanılan şifalı bitkilerle ilgili bilgilerin bir kısmı kullanıldığı yörede kalmış veya unutulmuştur. Gelecekte bitkilerden ilaç yapımında daha etkili ve kısa sürede faydalanabilmek için karasal tıbbi bitkiler gibi sucul bitkilerin de değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Bu bilgilerin hem toplum içinde kullanımı konusunda bilgiler derlenmeli hem de bilimsel araştırmalarla içeriği ve etkileri belirlenerek etnobotanik ve farmakolojik çalışmalarda araştırmalar yapılmalıdır. Elde edilen bilgilerin laboratuvar ortamında bilimsel deneylerle test edilmesi ve etkilerinin ispatlanması halk sağlığı için faydalı olacaktır.

Karasal bitkilere nazaran sucul bitkilerin etnobotanik değeri ülkemizde göz ardı edilmiştir. Yapılan bilimsel araştırmalar göstermektedir ki su bitkilerinin içerdiği biyoaktif bileşenler nedeniyle çok çeşitli hastalıkların tedavisinde ve halk hekimliğinde kullanılabilir potansiyelleri vardır. Doğal bitkiler, yaşamın korunmasında temel bir kaynaktır ve farklı reçeteler

oluşturularak günümüzde giderek artan bir önem kazanmaktadır. Geleneksel ilaçlar veya halk ilaçları, kemoterapötik ajanların geliştirilmesi için potansiyel olarak faydalı yeni bileşiklerin önemli bir kaynağıdır. Bu nedenle, zengin sucul ekosistemlere sahip Türkiye'deki sucul bitkilerin kullanımalarının araştırılmasına ve tıbbi özelliklerinin keşfedilmesi için geniş spektrumlu ve kapsamlı çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Aynı zamanda, doğal bitki kaynakları, kuraklık veya kaynak kıtlığından kaynaklanan gıda arzındaki boşlukları doldurmak için de kullanılabilir. Özellikle gıda kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde yaşayan insanların diyetlerinin besin değerini dengelemede önemli bir rol oynayabilir. Türkiye'de yenilebilir su bitkileri, özellikle gıda olarak kullanım geleneğine sahip olan türler, insanlar için gelecekte önemli bir tamamlayıcı gıda kaynağı haline gelecektir. Bu nedenle mevcut sucul ekosistemlerimizin korunması ve yönetimi çok önemli bir konudur.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Çalışma etik izin gerektirmemektedir.

Veri erişilebilirliği: Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: -

Kaynaklar

Abbasi, H., Kabir, H. (2018). Unani perspective and new researches of Sa'ad ku'fi (*Cyperus rotundus*): A review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 8(6), 378-381.

<https://doi.org/10.22270/jddt.v8i6.2059>

Abu, T. (2017). A Review: Aquatic macrophyte *Ceratophyllum demersum* L. (Ceratophyllaceae): Plant profile, phytochemistry and medicinal properties. *International Journal of Science and Research*, 6(7), 394-399.

<https://doi.org/10.21275/ART20174667>

Acharya, C., Madhu, N.R., Khan, N.S., Guha, P. (2021). Improved reproductive efficacy of *Phyllanthus emblica* L. (Gaertn.) on testis of male swiss mice and a pilot study of its potential values. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 10(4), 7-14.

Ahmad, I., Ibrar, M., Ali, N. (2011). Ethnobotanical study of Tehsil Kabal, Swat district, KPK, Pakistan. *Journal of Botany*, 2011, 368572.

<https://doi.org/10.1155/2011/368572>

Ahmad, S.Z., Khan, Z., Mirza, S.A. (2022). Assessment of ethnopharmacological potential of *Cyperus difformis* L. in terms of its' phytochemistry, antibacterial, antioxidant and anticancer attributes. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(4), 12918-12918.

<https://doi.org/10.15835/nbha50312918>

Ahmed, M.B., Ahmed, S., Salahin, M., Sultana, R., Khatun, M., Razvy, M.A.,... Hossain, M.M. (2007). Standardization of a suitable protocol for in vitro clonal propagation of *Acorus calamus* L. an important medicinal plant in Bangladesh. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 2(2), 136-140.

Ajaib, M., Haider, S.K., Zikrea, A. (2014). Ethnobotanical studies of shrubs and trees of Agra valley Parachinar, upper Kurram agency, Pakistan. *FUUAST Journal of Biology*, 4(1), 73-81.

Al Knani, Z.M.I., Al Ashoor, A.S., Hussein, A.N. (2023). Antioxidant activity of some *Salvinia natans* L. extracts and a study of their efficacy against isolated bacteria from diabetic foot ulcers. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 10(1), 1954-1968.

Alaca, F., Arslan, N. (2012). Sekonder metabolitlerin bitkiler açısından önemi. *Ziraat Mühendisliği*, (358), 48-55.

Ali, M., Iqbal, I.M., Shabbir, A., Khan, Z.U.D., Khan, M.T.A. (2020). Ethnomedicinal studies on aquatic plants of tehsil Shakargarh, Punjab, Pakistan. *Journal of Medicinal Plants*, 8(1), 15-19.

Al-Maliki, G. M., Al-Khafaji, K. K., Karim, R. M. (2017). Antibacterial activity of two water plants *Nymphaea alba* and *Salvinia natans* leaves against pathogenic bacteria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(5), 353-355.

Al-Snafi, A.E. (2016a). Chemical constituents and pharmacological effects of *Cynodon dactylon*—A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(7), 17-31.

<https://doi.org/10.9790/3013-06721731>

Al-Snafi, A.E. (2016b). A review on *Cyperus rotundus*: A potential medicinal plant. *IOSR Journal of Pharmacy*, 6(7), 32-48.

<https://doi.org/10.9790/3013-06723248>

Al-Snafi, A.E. (2019). *Lemna minor*: Traditional uses, chemical constituents and pharmacological effects—A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 9(8), 6-11.

Amjad, M.S., Zahoor, U., Bussmann, R.W., Altaf, M., Gardazi, S.M.H., Abbasi, A.M. (2020). Ethnobotanical survey of the medicinal flora of Harighal, Azad Jammu & Kashmir, Pakistan. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16, 1-28.

<https://doi.org/10.1186/s13002-020-00417-w>

Amudha, P., Jayalakshmi, M., Pushpabharathi, N., Vanitha, V. (2018). Identification of bioactive components in enhalus acoroides seagrass extract by gas chromatography–mass spectrometry. *Asian Journal Pharmaceutical Clinical Research*, 11(10), 313-317.

<https://doi.org/10.22159/ajpcr.2018.v11i10.25577>

Arenas, P.M., Molares, S., Aguilar Contreras, A., Doumeci, B., Gabrielli, F. (2013). Ethnobotanical, micrographic and pharmacological features of plant-based weight-loss products sold in naturist stores in Mexico City: the need for better quality control. *Acta Botanica Brasilica*, 27, 560-579.

<https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000300014>

Arslan Günel, S., Taş, B. (2022). Uzay çalışmalarında biyorejeneratif yaşam destek sistemleri için potansiyel bir tür: Dünyanın en küçük spermatofiti, köksüz su mercimeği (*Wolffia arrhiza*). International Scientific Research Congress Dedicated to the 30th Anniversary of Baku Eurasia University, Proceedings Book, 305-316. ISBN-978-625-7464-88-8

Arslan Günel, S. (2023). *Wolffia arrhiza* (lemnaceae) kullanılarak belediye atık sularından nütrient elementlerin uzaklaştırılması (Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). <http://earsiv.odu.edu.tr:8080/xmlui/handle/11489/3941>

Arya, A.K., Durgapal, M., Bachheti, A., Joshi, K.K., Gonfa, Y.H., Bachheti, R.K., Husen, A. (2022). Ethnomedicinal use, phytochemistry, and other potential application of aquatic and semiaquatic medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022.

<https://doi.org/10.1155/2022/4931556>

- Asadollah-Pour, F., Jokar, A., Nasiri, E., Azadbakht, M., Bari, Z., Ahmadi, A. (2021).** A comprehensive review on the ethnobotany, phytochemistry, pharmacology, and toxicology of *Mentha aquatica* L. (water mint) as a wild shallow vegetable. *Current Pharmaceutical Design*, 27(22), 2615-2627. <https://doi.org/10.2174/1381612827666210219154751>
- Babu, R.H., Savithramma, D.N. (2014).** Screening of secondary metabolites of underutilized species of Cyperaceae. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 24(2), 182-187.
- Bahramikia, S., Yazdanparast, R. (2008).** Effect of hydroalcoholic extracts of *Nasturtium officinale* leaves on lipid profile in high-fat diet rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 115(1), 116-121. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.09.015>
- Bakır, Ö. (2020).** Sekonder metabolitler ve rolleri. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2(4), 39-45.
- Balakumbahan, R., Rajamani, K., Kumanan, K. (2010).** *Acorus calamus*: An overview. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(25), 2740-2745.
- Balch JF, Balch PA (2000).** Prescription for Nutritional Healing. Penguin Putnam Inc., New York, pp: 267-270.
- Bhusal, C., Dhakal, S., Kunwar, P., Gautam, A., Pradhan, N. (2021).** Documentation of wetland flora and their ethnobotanical uses in Rupa Lake and Adjoining Areas in Kaski District, Central Nepal. In *The National Workshop on Livestock and Fisheries Research in Nepal*, Vol. 3, p. 307.
- Boligon, A.A., Janovik, V., Boligon, A.A., Pivetta, C.R., Pereira, R.P., Rocha, J.B.T.D., Athayde, M.L. (2013).** HPLC analysis of polyphenolic compounds and antioxidant activity in *Nasturtium officinale*. *International Journal of Food Properties*, 16(1), 61-69. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.528111>
- Bolotova, Y.V. (2015).** Aquatic plants of the Far East of Russia: a review on their use in medicine, pharmacological activity. *Bangladesh Journal of Medical Science*, 14(1), 9-13. <https://doi.org/10.3329/bjms.v14i1.21554>
- Butt, M.A., Zafar, M., Ahmed, M., Shaheen, S., Sultana, S. (2021).** *Wetland Plants: A Source of Nutrition and Ethnomedicines*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69258-2>
- Cambell, M.M., Sederoff, R.R. (1996).** Variation in lignin content and composition (mechanisms of control and implications for the genetic improvement of plants). *Plant Physiology*, 110(1), 3-13. <https://doi.org/10.1104/pp.110.1.3>
- Chai, T.T., Ooh, K.F., Quah, Y., Wong, F.C. (2015).** Edible freshwater macrophytes: a source of anticancer and antioxidative natural products—a mini-review. *Phytochemistry Reviews*, 14, 443-457. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9399-z>
- Chakraborty, R., Mondal, M.S., Mukherjee, S.K. (2016).** Ethnobotanical information on some aquatic plants of South 24 Parganas, West Bengal. *Plant Science Today*, 3(2), 109-114. <https://doi.org/10.14719/pst.2016.3.2.224>
- Channa, U., Ghanghro, A.B., Channa, M.J., Ghanghro, I.H. (2019).** Phytochemical and biochemical analysis, assessment of metals, anti-oxidant contents and antimicrobial activity of *Typha latifolia*. *Rawal Medical Journal*, 44(2), 402-402.
- Chen, K.M., Gong, H.J., Chen, G.C., Wang, S.M., Zhang, C. L. (2003).** Up-regulation of glutathione metabolism and changes in redox status involved in adaptation of reed (*Phragmites communis*) ecotypes to drought-prone and saline habitats. *Journal of Plant Physiology*, 160(3), 293-301. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00927>
- Chen, P., Cao, Y., Bao, B., Zhang, L., Ding, A. (2017).** Antioxidant capacity of *Typha angustifolia* extracts and two active flavonoids. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1283-1288. <https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1300818>
- Chen, S., Ju, M., Luo, Y., Chen, Z., Zhao, C., Zhou, Y., Fu, J. (2013).** Hepatoprotective and antioxidant activities of the aqueous extract from the rhizome of *Phragmites australis*. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 68(11-12), 439-444. <https://doi.org/10.5560/ZNC.2013.68c0439>
- Cho, H.R., Choi, H.S. (2003).** Effects of anticoagulant from *Spirodela polyrhiza* in rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 67(4), 881-883. <https://doi.org/10.1271/bbb.67.881>
- Conforti, F., Sosa, S., Marrelli, M., Menichini, F., Statti, G.A., Uzunov, D., Della Loggia, R. (2008).** In vivo anti-in-

flamatory and in vitro antioxidant activities of Mediterranean dietary plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(1), 144-151.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.015>

Cudalbeanu, M., Furdui, B., Cârâc, G., Barbu, V., Iancu, A.V., Marques, F., Dinica, R.M. (2019). Antifungal, anti-tumoral and antioxidant potential of the danube delta *Nymphaea alba* extracts. *Antibiotics*, 9(1), 7.

<https://doi.org/10.3390/antibiotics9010007>

Cudalbeanu, M., Ghinea, I.O., Furdui, B., Dah-Nouvlesounon, D., Raclea, R., Costache, T., Dinica, R.M. (2018). Exploring new antioxidant and mineral compounds from *Nymphaea alba* wild-grown in danube delta biosphere. *Molecules*, 23(6), 1247.

<https://doi.org/10.3390/molecules23061247>

D'abrosca, B., Dellagrecia, M., Fiorentino, A., Isidori, M., Monaco, P., Pacifico, S. (2006). Chemical constituents of the aquatic plant *Schoenoplectus lacustris*: evaluation of phytotoxic effects on the green alga *Selenastrum capricornutum*. *Journal of Chemical Ecology*, 32, 81-96.

<https://doi.org/10.1007/s10886-006-9354-y>

Das, A. J., Kumar, R., Athar, M., Rawat, D.S., Kumar, M., Khan, M. A., Prakash, J. (2013). Ethno medicinal study of threatened plants of Sonitpur district in Assam, North East India. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(1), 146-149.

<https://doi.org/10.7897/2230-8407.04741>

De Beer, J.J., Van Wyk, B.E. (2011). An ethnobotanical survey of the Agter-Hantam, Northern Cape Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 77(3), 741-754.

<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2011.03.013>

Deka, U., Dutta, T., Talukdar, S. (2019). Aquatic/semi-aquatic macrophytes used in herbal remedies from the wetlands of western Assam, north-east India. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 12(8).

Demircan, N., Öz, I., Stephenson, R., Karahan, F. (2006). Ekoturizm ve botanik turizmi: Türkiye'nin sukkulent bitki çeşitliliğinin turizm potansiyeli. *GAP V. Mühendislik Kongresi*, Şanlıurfa, Türkiye, 26-28 Nisan 2006, cilt 2, 1594-1601.

Dhir, B., Srivastava, S. (2011). Heavy metal removal from a multi-metal solution and wastewater by *Salvinia natans*. *Ecological Engineering*, 37(6), 893-896.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.01.007>

Dini, M., Babakhanlou, P. (2003). The checklist of useful plants. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 16(1), 41-99.

Dochev, G., Zhalnov, I. (2015). Phytochemical analysis of *Ranunculus arvensis* L. and *Ranunculus repens* L. (Ranunculaceae Juss). *Agraren Universitet Plovdiv-Nauchni Trudove/Scientific Works of the Agrarian University-Plovdiv*, 59(2), 191-198.

DSİ, (2009). *Su Yabancıotları, Yayılış Alanları, Yaşamları, Çevresel İlişkileri, Sorunları ve Savaşım Yöntemleri*. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, DSİ İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü, Ankara.

Du, Y., Wang, R., Feng, J., Zhang, H., Liu, J. (2014). Screening anti-tumor constituents from *Potamogeton crispus* for potential utilisation of constructed wetland plant resources. In *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy*, 114(2), 79-87.

<https://doi.org/10.3318/bioe.2014.19>

Du, Z.Y., Wang, Q.F. (2016). Allopatric divergence of *Stuckenia filiformis* (Potamogetonaceae) on the Qinghai-Tibet Plateau and its comparative phylogeography with *S. pectinata* in China. *Scientific Reports*, 6:20883.

<https://doi.org/10.1038/srep20883>

Duke, J.A. (2002). *Handbook of medicinal herbs*. CRC Press, Boca Raton.

<https://doi.org/10.1201/9781420040463>

Erbay, M.Ş., Anıl, S., Melikoğlu, G. (2018). Plants used as painkiller in folk medicine in Turkey—III: Rheumatic pain. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 22(2), 133-141.

<https://doi.org/10.12991/mpj.2018.50>

Ertürk, Ö., Taş, B., Şen, Ş. (2019). Su çiçeğinin (*Ranunculus sphaerospermus* Boiss. & Blanche) antimikrobiyal ve antioksidan aktivitesinin incelenmesi. 3. Uluslararası UNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu, "Sürdürülebilir Tarım ve Çevre", 21-23 Haziran 2019, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Sempozyum Kitabı, 411-418. ISBN 978-605-80568-0-0

- Ertürk, Ö., Taş, B., Şahin, H. (2020). Antibacterial and antifungal activity of Eurasian water-milfoil collected from lentic and lotic water body in Central Black Sea Region, Turkey. *Acta Biologica Turcica*, 33(1), 12-19.
- Fato, R., Estornell, E., Di Bernardo, S., Pallotti, F., Castell, GP., Lenaz, G. (1996). Steady-state kinetics of the reduction of coenzyme Q analogs by complex I (NADH: ubiquinone oxidoreductase) in bovine heart mitochondria and submitochondrial particles. *Biochemistry*, 35, 2705-2715. <https://doi.org/10.1021/bi9516034>
- Fois, M., Cuenca-Lombraña, A., Bacchetta, G. (2021). Knowledge gaps and challenges for conservation of Mediterranean wetlands: Evidence from a comprehensive inventory and literature analysis for Sardinia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(9), 2621-2631. <https://doi.org/10.1002/aqc.3659>
- Fu, C., Dong, H., Wang, X., Wang, H., Zheng, Y., Ren, D., Wang, Q. (2023). Antioxidant effects of rhodoxanthin from *Potamogeton crispus* L. on H₂O₂-induced RAW264.7 macrophages cells. *Chemistry & Biodiversity*, 20, e20220039. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200393>
- Fujita, T., Sezik, E., Tabata, M., Yeşilada, E., Honda, G., Takeda, Y., Takaishi, Y. (1995). Traditional medicine in Turkey VII. Folk medicine in middle and west Black Sea regions. *Economic Botany*, 49(4), 406-422. <https://doi.org/10.1007/BF02863092>
- Gang, W., Dan, Y., Manghui, T., Shenglin, X., Yunxiao, C., Hui, K. (1999). Growth and Population Ecology of *Ranunculus sceleratus* in Donghu Lake, Wuhan. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 23(3), 211-216.
- Gupta, A., Singh, A.K., Kumar, R., Ganguly, R., Rana, H. K., Pandey, P.K., Pandey, A.K. (2019). Corilagin in cancer: a critical evaluation of anticancer activities and molecular mechanisms. *Molecules*, 24(18), 3399. <https://doi.org/10.3390/molecules24183399>
- Güner, A., Kandemir, A., Menemen, Y., Yıldırım, H., Aslan, S., Ekşi, G., Güner, I., Çimen, A.Ö. (edlr). (2018). Resimli Türkiye Florası, Cilt 2. ANG Vakfı Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları, İstanbul.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M.T. (edlr). (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Hamel, T., Zaafour, M., Boumendjel, M. (2018). Ethnomedical knowledge and traditional uses of aromatic and medicinal plants of the wetlands complex of the Guerbes-Sanhadja Plain (Wilaya of Skikda in Northeastern Algeria). *Herbal Medicine: Open Access*, 4(1), 3. <https://doi.org/10.21767/2472-0151.100035>
- Harikrishnan, K.N., Hariharan, M. (1999). In vitro clonal propagation of sweet flag (*Acorus calamus* L.)-A medicinal plant. In *Plant Tissue Culture and Biotechnology: Emerging Trends*. Proceedings of a Symposium Held at Hyderabad, India, pp. 220-222.
- Harpur-Hudaverdi, U.S., Oztunca, F.H., Saracoglu, I. (2008). Comparative phytochemical and biological studies on *Veronica cuneifolia* subsp. *cuneifolia* and *V. cymbalaria*. *Planta Medica*, 74(09), PC88. <https://doi.org/10.1055/s-0028-1084606>
- Huang, Y. S., Yu, Q.Q., Chen, Y., Cheng, M.J., Xie, L.P. (2017). Phenolic constituents from *Alisma plantago-aquatica* Linnaeus and their anti-chronic prostatitis activity. *Chemistry Central Journal*, 11(1), 1-5. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0350-9>
- Hussain, I., Khattak, M.U.R., Muhammad, Z., Khan, N., Khan, F.A., Ullah, Z., Haider, S. (2011). Phytochemicals screening and antimicrobial activities of selected medicinal plants of Khyberpaktunkhwa Pakistan. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(6), 746-750. <https://doi.org/10.5897/AJPP11.175>
- Hussain, K., Nisar, M.F., Majeed, A., Nawaz, K., Bhatti, K.H. (2010). Ethnomedicinal survey for important plants of Jalalpur Jattan, district Gujrat, Punjab, Pakistan. *Ethnobotanical Leaflets*, 2010(7), 11.
- Ikram, S., Bhatti, K.H., Parvaiz, M. (2014). Ethnobotanical studies of aquatic plants of district Sialkot, Punjab (Pakistan). *Journal of Medicinal Plants Studies*, 2(1), 58-63.
- İlgar, R. (2021). Çanakkale İlinin Sulak Alanları. *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 613-629. <https://doi.org/10.30692/sisad.937951>
- Iqbal, J., Abbasi, B.A., Batool, R., Mahmood, T., Ali, B., Khalil, A.T., Ahmad, R. (2018). Potential phytocompounds for developing breast cancer therapeutics: nature's healing touch. *European Journal of Pharmacology*, 827, 125-148. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2018.03.007>

Jamshaid, M., Rashid, U., Butt, Z.A., Munazir, M., Qureshi, R. (2022). Phytochemical analysis of methanolic extracts of *Elymus repens*, *Typha angustifolia* and *Caralluma edulis*. *Open Access Research Journal of Biology and Pharmacy*, 6(01), 081-088.

<https://doi.org/10.53022/oarjbp.2022.6.1.0073>

Jeon, J., Bong, S.J., Park, J.S., Park, Y.K., Arasu, M.V., Al-Dhabi, N.A., Park, S.U. (2017). De novo transcriptome analysis and glucosinolate profiling in watercress (*Nasturtium officinale* R. Br.). *BMC Genomics*, 18, 401.

<https://doi.org/10.1186/s12864-017-3792-5>

Kar, D., Ghosh, P., Suresh, P., Chandra, S., Paul, D. (2022). Review on Phyto-chemistry & pharmacological activity of *Melia azedarach*. *International Journal of Experimental Research and Review*, 28, 38-46.

<https://doi.org/10.52756/ijerr.2022.v28.006>

Karahan, F., Yılmaz, H. (2001). Determination of some alpine plants suitable for landscape planning in Erzurum and surroundings. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(4), 225-233.

Karahan, F., Öz, I., Demircan, N., Stephenson, R. (2006). Succulent plant diversity in Turkey I. *Stonecrops* (Crassulaceae). *Haseltonia*, 2006(12), 41-54.

[https://doi.org/10.2985/1070-0048\(2006\)12\[41:SPDITI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2985/1070-0048(2006)12[41:SPDITI]2.0.CO;2)

Karataş, İ., Karataş, R., Elmastaş, M. (2019). Yaygın olarak kullanılan bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin sıcak su infüzyonlarının sekonder metabolit içeriği ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 8(2), 49-57.

Keskinkan, O., Goksu, M.Z.L., Basibuyuk, M., Forster, C.F. (2004). Heavy metal adsorption properties of a submerged aquatic plant (*Ceratophyllum demersum*). *Biore-source Technology*, 92(2), 197-200.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2003.07.011>

Khare, C.P. (2004). Indian herbal remedies: rational Western therapy, ayurvedic, and other traditional usage, Botany. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, 140-141.

Kim, J., Lee, I., Seo, J., Jung, M., Kim, Y., Yim, N., Bae, K. (2010). Vitexin, orientin and other flavonoids from *Spirodela polyrhiza* inhibit adipogenesis in 3T3-L1 cells. *Phytotherapy Research*, 24(10), 1543-1548.

<https://doi.org/10.1002/ptr.3186>

Kircher, H.W., Lieberman, F.V. (1967). Toxicity of tobacco smoke to the spotted alfalfa aphid *Therioaphis maculata* (Buckton). *Nature*, 215, 97-98.

<https://doi.org/10.1038/215097a0>

Klimek-Szczykutowicz, M., Szopa, A., Ekiert, H. (2018). Chemical composition, traditional and professional use in medicine, application in environmental protection, position in food and cosmetics industries, and biotechnological studies of *Nasturtium officinale* (watercress)—a review. *Fitoterapia*, 129, 283-292.

<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.05.031>

Koirala, U., Jha, S. (2011). Macrophytes of the lowland wetlands in Morang district, Nepal. *Nepalese Journal of Biosciences*, 1, 131-139.

<https://doi.org/10.3126/njbs.v1i0.7480>

Kumar, K.S., Kumar, D.S., Teja, V.A., Venkateswarlu, V., Kumar, M.S., Nadendla, R.R. (2013). A review on *Typha angustata*. *International Journal of Phytopharmacology*, 4, 277-281.

Kumar, S.S., Akram, A.S., Ahmed, T.F., Jaabir, M.M. (2010). Phytochemical analysis and antimicrobial activity of the ethanolic extract of *Acorus calamus* rhizome. *Oriental Journal of Chemistry*, 26(1), 223-227.

Küpeli, E., Harput, U. S., Varel, M., Yesilada, E., Saracoglu, I. (2005). Bioassay-guided isolation of iridoid glucosides with antinociceptive and anti-inflammatory activities from *Veronica anagallis-aquatica* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 102(2), 170-176.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2005.05.042>

Li, Q., Qu, H. (2012). Study on the hypoglycemic activities and metabolism of alcohol extract of *Alismatis rhizoma*. *Fitoterapia*, 83(6), 1046-1053.

<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2012.05.009>

Li, F., Zhuo, J., Liu, B., Jarvis, D., Long, C. (2015). Ethnobotanical study on wild plants used by Lhoba people in Milin County, Tibet. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 11, 1-11.

<https://doi.org/10.1186/s13002-015-0009-3>

Lind, L., Eckstein, R.L., Relyea, R.A. (2022). Direct and indirect effects of climate change on distribution and community composition of macrophytes in lentic systems. *Biological Reviews*, 97(4), 1677-1690.

<https://doi.org/10.1111/brv.12858>

Londonkar, R.L., Kattagouga, U.M., Shivsharanappa, K., Hanchinalmath, J.V. (2013). Phytochemical screening and in vitro antimicrobial activity of *Typha angustifolia* Linn leaves extract against pathogenic gram negative micro organisms. *Journal of Pharmacy Research*, 6(2), 280-283.

<https://doi.org/10.1016/j.jopr.2013.02.010>

Luo, F., Li, N., Cao, G. D. (2009). Isolation and identification of liposoluble components from the *Rhizoma phragmitis*. *Journal of Shenyang Pharmaceutical University*, 26, 441-443.

Lupoae, P., Cristea, V., Borda, D., Lupoae, M., Gurau, G., Dinica, R. M. (2015). Phytochemical screening: Antioxidant and antibacterial properties of Potamogeton species in order to obtain valuable feed additives. *Journal of Oleo Science*, 64(10), 1111-1123.

<https://doi.org/10.5650/jos.ess15023>

Mantle, D., Eddeb, F., Pickering, A. T. (2000). Comparison of relative antioxidant activities of British medicinal plant species in vitro. *Journal of Ethnopharmacology*, 72(1-2), 47-51.

[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00199-9](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00199-9)

Mei, H., Zuo, S., Ye, L., Wang, J., Ma, S. (2012). Review of the application of the traditional Chinese medicinal herb, *Ranunculus sceleratus* Linn. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(10), 1821-1826.

<https://doi.org/10.5897/JMPR11.1726>

Miller, A.L. (1996). Antioxidant flavonoids: Structure, function and clinical usage. *Alternative Medicine Review*, 1, 103-111.

Mulas, M. (2006). Traditional uses of Labiatae in the Mediterranean area. In: *I International Symposium on the Labiatae: Advances in Production, Biotechnology and Utilization*, 723, pp: 25-32.

<https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2006.723.1>

Mungole, A.J., Awati, R., Chaturvedi, A., Zanwar, P. (2010). Preliminary Phytochemical screening of *Ipomoea obscura* (L)-A hepatoprotective medicinal plant. *International Journal of PharmTech Research*, 2(4), 2307-2312.

Nagengast, B., Gąbka, M. (2017). Apparent niche partitioning of two congeneric submerged macrophytes in small water bodies: The case of *Ceratophyllum demersum* L. and *C. submersum* L. *Aquatic Botany*, 137, 1-8.

<https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2016.11.001>

Nam, J.H., Jung, H.W., Chin, Y.W., Yang, W.M., Bae, H.S., Kim, W.K. (2017). *Spirodela polyrhiza* extract modulates the activation of atopic dermatitis-related ion channels, Orail and TRPV3, and inhibits mast cell degranulation. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1324-1329.

<https://doi.org/10.1080/13880209.2017.1300819>

Narakornwit, W., Charoenteeraboon, J. (2022). Determination of Antimicrobial Activity from Various Plant Parts of *Typha angustifolia* Using Agar Disc Diffusion and Bioautography. *Key Engineering Materials*, 914, 105-110.

<https://doi.org/10.4028/p-6q5lz7>

Narasimhulu, M., Ashalatha, K., Laxmi, P.S., Sarma, A. V.S., Rao, B.R., Kishor, P.K., Venkateswarlu, Y. (2010). An unusual novel anti-oxidant dibenzoyl glycoside from *Salvinia natans*. *Natural Product Research*, 24(15), 1390-1394.

<https://doi.org/10.1080/14786410802469488>

Nazari, M., Zarinkamar, F., Soltani, B.M., Niknam, V. (2018). Manganese-induced changes in glandular trichomes density and essential oils production of *Mentha aquatica* L. at different growth stages. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 50, 57-66.

<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.06.005>

Nazir, S., Qureshi, M.A., Chat, O.A. (2015). Anti-tumor, anti-oxidant and anti-microbial potential of *Nymphaea alba* and *Nymphaea mexicana* flowers—a comparative study. *Advances in Biomedicine and Pharmacy*, 2(4), 196-204.

Novello, C.R., Marques, L.C., Pires, M.E., Kutschenco, A.P., Nakamura, C. V., Nocchi, S., Mello, J.C. (2016). Bioactive indole alkaloids from *Croton echinoides*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 27, 2203-2209.

<https://doi.org/10.5935/0103-5053.20160112>

Pham, H. G., Ha, M.T., Cao, T.Q., Vu, N.K., Le, T.T., Min, B.S. (2022). Chemical constituents from *Salvinia natans* (L.) All. (Salviniaceae) and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*, 10, 104410.

<https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104410>

Prieto, J.M., Recio, M.C., Giner, R.M., Máñez, S., Ríos, J.L. (2003). Pharmacological approach to the pro-and anti-inflammatory effects of *Ranunculus sceleratus* L. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(1), 131-137.

[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(03\)00271-X](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(03)00271-X)

- Qian, J., Lu, B., Chen, H., Wang, P., Wang, C., Li, K., Chen, H. (2019). Phytotoxicity and oxidative stress of perfluorooctanesulfonate to two riparian plants: *Acorus calamus* and *Phragmites communis*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 180, 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.04.078>
- Raha, S., Mukherjee, P., Saha, A., Sanyal, T. (2022). Aquatic Macrophytes: An Untold and Valuable Panoramic Resource of Ethnomedicine. In: *The Basic Handbook of Indian Ethnobotany and Traditional Medicine Vol. 1*. <https://doi.org/10.52756/bhietm.2022.e01.004>
- Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., Mortimer, A.M. (2007). Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*, 93, 153–255. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)93004-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)93004-1)
- Ren, D., Zhang, S. (2008). Separation and identification of the yellow carotenoids in *Potamogeton crispus* L. *Food Chemistry*, 106(1), 410-414. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.074>
- Salehi, B., Shivaprasad Shetty, M.V., Anil Kumar, N., Živković, J., Calina, D., Oana Docea, A., Sharifi-Rad, J. (2019). Veronica plants—Drifting from farm to traditional healing, food application, and phytopharmacology. *Molecules*, 24(13), 2454. <https://doi.org/10.3390/molecules24132454>
- Sato, R., Helzlsouer, K.J., Alberg, A.J., Hoffman, S.C., Norkus, E.P., Comstock, G.W. (2002). Prospective study of carotenoids, tocopherols, and retinoid concentrations and the risk of breast cancer. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 11(5), 451-457.
- Seçmen, Ö., Leblebici, E. (2008). Türkiye Sulak Alan Bitkileri ve Bitki Örtüsü (2. Baskı). Ege Üniversitesi Yayınları Fen Fakültesi Yayın No:158, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova- İzmir.
- Seethapathy, G.S., Balasubramani, S.P., Venkatasubramanian, P. (2014). nrDNA ITS sequence based SCAR marker to authenticate *Aconitum heterophyllum* and *Cyperus rotundus* in Ayurvedic raw drug source and prepared herbal products. *Food Chemistry*, 145, 1015-1020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.027>
- Seo, C.S., Lee, M. Y., Shin, I.S., Lee, J.A., Ha, H., Shin, H.K. (2012). *Spirodela polyrhiza* (L.) Sch. ethanolic extract inhibits LPS-induced inflammation in RAW264. 7 cells. *Immunopharmacology and Immunotoxicology*, 34(5), 794-802. <https://doi.org/10.3109/08923973.2012.656273>
- Shahani, S., Behzadfar, F., Jahani, D., Ghasemi, M., Shaki, F. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Nasturtium officinale* involved in attenuation of gentamicin-induced nephrotoxicity. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 27(2), 107-114. <https://doi.org/10.1080/15376516.2016.1258748>
- Sharifi-Rad, J., Tayeboon, G.S., Niknam, F., Sharifi-Rad, M., Mohajeri, M., Salehi, B., Sharifi-Rad, M. (2018). *Veronica persica* Poir. extract—antibacterial, antifungal and scolicidal activities, and inhibitory potential on acetylcholinesterase, tyrosinase, lipoxygenase and xanthine oxidase. *Cellular and Molecular Biology*, 64(8), 50-56. <https://doi.org/10.14715/cmb/2018.64.8.8>
- Sharma, J., Clark, W.D., Shrivastav, A.K., Goswami, R. K., Tocher, D.R., Chakrabarti, R. (2019). Production potential of greater duckweed *Spirodela polyrhiza* (L. Schleiden) and its biochemical composition evaluation. *Aquaculture*, 513, 734419. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734419>
- Shendye, N.V., Gurav, S.S. (2014). *Cynodon dactylon*: A systemic review of pharmacognosy, phytochemistry and pharmacology. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(8), 7-12.
- Shinwari, Z.K., Ahmad, N., Ahmad, I., Amin, W., Wahab, A., Khan, M.I. (2019). Biochemical screening of crude extract and its derived fractions obtained from *Calligonum polygonoieds* and *Typha latifolia*. *Pakistan Journal of Botany*, 51(3), 1107-1111. [https://doi.org/10.30848/PJB2019-3\(14\)](https://doi.org/10.30848/PJB2019-3(14))
- Sidhu, M.C., Puri, S., Ahluwalia, A.S. (2018). New Distributional Record of *Stuckenia pectinata* (L.) Börner in Union Territory of Chandigarh, India. *Journal on New Biological Reports*, 7(1) 10– 14.
- Singh, A., Singh, M.K., Singh, D.K., Singh, R. (2013). Ethnomedicinal studies on wetland plant diversity of district Buxar (Bihar, India). *Unique Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences*, 1, 18-20. _
- Sivapalan, S.R. (2013). Medicinal uses and pharmacological activities of *Cyperus rotundus* Linn-A Review. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(5), 1-8.

Soumaya, K.J., Dhekra, M., Fadwa, C., Zied, G., Ilef, L., Kamel, G., Leila, C.G. (2013). Pharmacological, antioxidant, genotoxic studies and modulation of rat splenocyte functions by *Cyperus rotundus* extracts. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13, 28.

<https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-28>

Srilaxmi, P., Sareddy, G.R., Kishor, P.B.K., Setty, O.H., Babu, P.P. (2010). Protective efficacy of natansnin, a dibenzoyl glycoside from *Salvinia natans* against CCl₄ induced oxidative stress and cellular degeneration in rat liver. *BMC Pharmacology*, 10, 1-13.

<https://doi.org/10.1186/1471-2210-10-13>

Su, B.N., Zhu, Q.X., Jia, Z.J. (1999). Aquaticol, a novel bis-sesquiterpene from *Veronica anagallis-aquatica*. *Tetrahedron Letters*, 40(2), 357-358.

[https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(98\)02303-X](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(98)02303-X)

Syed, I., Fatima, H., Mohammed, A., Siddiqui, M.A. (2018). *Ceratophyllum demersum* a free-floating aquatic plant: A Review. *Indian Journal of Pharmaceutical and Biological Research*, 6(02), 10-17.

<https://doi.org/10.30750/ijpbr.6.2.3>

Şahin, H. (2020). Yeşilirmak Deltası'ndaki sulak alanlardan toplanan serbest yüzen yapraklı makrofitlerin biyolojik özelliklerinin ve antimikrobiyal etkilerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

<http://earsiv.odu.edu.tr:8080/xmlui/handle/11489/131>

Şen, Ş. (2021). Bazı hidrofitlerin fotosentetik pigment içerikleri, biyoaktif bileşenleri ve in vitro antioksidan özellikleri (Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

<http://earsiv.odu.edu.tr:8080/xmlui/handle/11489/50>

Taş, B., Topaldemir, H. (2021). Assessment of aquatic plants in the Miliç Coastal Wetland (Terme, Samsun, Turkey). *Review of Hydrobiology*, 14(1-2), 1-23.

Taş, B., Ertürk, Ö., Yonat, H., Topaldemir, H. (2019). Son yıllarda Yeşilirmak Deltası'ndaki sulak alanlarda istilacı bir su bitkisi: “yeşil altın madeni” kızıl eğrelti (*Azolla filiculoides* Lam.). 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu, 21-23 Haziran 2019, Tokat, Sempozyum Kitabı, 424-436.

Taş, B., Şengüllendi, F.T. (2022). Effect of different led lights on the element content of rootless duckweed. In 7th

Asia Pacific International Modern Sciences Congress, November 4-5, 2022, Jakarta, Indonesia, pp. 163-173.

Taş, B., Şengüllendi, F.T. (2023). Farklı LED ışıklar altında yetiştirilen köksüz su mercimeğinin (*Wolffia arrhiza*) Dumas yöntemi kullanılarak ham protein içeriğinin belirlenmesi. *Aquatic Research*, 6(3), 189-200.

<https://doi.org/10.3153/AR23019>

Tayjanov, K., Khojimatov, O., Gafforov, Y., Makhkamov, T., Normakhamatov, N., Bussmann, R.W. (2021). Plants and fungi in the ethnobotany of the medieval East-a review. *Ethnobotany Research and Applications*, 22, 1-20.

<https://doi.org/10.32859/era.22.46.1-20>

Teixidor-Toneu, I., Martin, G.J., Ouhammou, A., Puri, R.K., Hawkins, J.A. (2016). An ethnomedicinal survey of a Tashelhit-speaking community in the High Atlas, Morocco. *Journal of Ethnopharmacology*, 188, 96-110.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.009>

Topaldemir, H., Taş, B. (2022). İklim değişikliğinin sulak alan ekosistemleri üzerindeki etkisi: Yeşilirmak deltasında sığ sulak alanlarda bir inceleme. *International Conference on Chemical and Biological Sciences*, 20-21 2022, Umaru Musa Yar'adua University, Nigeria, pp. 89-98.

Topaldemir, H., Taş, B., Yüksel, B., Ustaoglu, F. (2023). Potentially hazardous elements in sediments and *Ceratophyllum demersum*: An ecotoxicological risk assessment in Miliç Wetland, Samsun, Türkiye. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 26397-26416.

<https://doi.org/10.1007/s11356-022-23937-2>

Thu, P.T.L., Huong, P.T., Tien, V.V., Ham, L., Khanh, T. (2015). Regeneration and transformation of gene encoding the hemagglutinin antigen of the H5N1 virus in frond of duckweed (*Spirodela polyrhiza* L.). *Journal of Agricultural Studies*, 3(1), 48-59.

<https://doi.org/10.5296/jas.v3i1.6867>

Tian, T., Chen, H., Zhao, Y.Y. (2014). Traditional uses, phytochemistry, pharmacology, toxicology and quality control of *Alisma orientale* (Sam.) Juzep: a review. *Journal of Ethnopharmacology*, 158, 373-387.

<https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.10.061>

Tiring, G., Satar, S., Özkaya, O. (2021). Sekonder Metabolitler. *Journal of Agricultural Faculty of Bursa Uludag University*, 35(1), 203-215.

Topcu, Ş., Çölgeçen, H. (2015). Bitki sekonder metabolitlerinin biyoreaktörlerde üretilmesi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8(2), 9-29.

Toyama, T., Sei, K., Yu, N., Kumada, H., Inoue, D., Hoang, H., Ike, M. (2009). Enrichment of bacteria possessing catechol dioxygenase genes in the rhizosphere of *Spirodela polyrrhiza*: a mechanism of accelerated biodegradation of phenol. *Water Research*, 43(15), 3765-3776.
<https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.045>

TS EN 14184. (2014). Water quality – Guidance for the surveying of aquatic macrophytes in running waters. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Turgut, H., Yılmaz, S. (2020). Identification and mapping of wetland plants in Erzurum. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 35(2), 1-1.
<https://doi.org/10.28955/alinterizbd.729679>

TÜBİVES. (2023). Turkish Plants Data Service (TÜBİVES), Version 2.0 BETA. <http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php> (Erişim Tarihi: 05.09.2023).

Ullah, S., Amen, Y., Shimizu, K. (2023). Phytochemical, ethnomedicinal uses and pharmacological profile of *Juncus decipiens* (Buchenau) Nakai (common rush). *Natural Product Research*, 1-11.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2023.2223749>

Ustaoglu, F., Kükrer, S., Taş, B., Topaldemir, H. (2022). Evaluation of metal accumulation in Terme River sediments using ecological indices and a bioindicator species. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(31), 47399-47415.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-19224-9>

Vaidyaratnam, P.S. (1997). Indian medicinal plants: *Ceratophyllum demersum* Linn. Orient Longman Ltd., Madras, 2, 56.

Varpe, S.S., Juvekar, A.R., Bidikar, M.P., Juvekar, P.R. (2012). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Typha angustifolia* pollen grains extracts in experimental animals. *Indian Journal of Pharmacology*, 44(6), 788.

Verma, A.B. (2017). Folk medicinal uses of wetland macrophytes in Darbhanga district of North Bihar. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 4(4), 202-204.

Verma, S., Nakin, M.D., Makhosayafana, Z., Lall, N. (2023). The role of aquatic plants in natural products and drug discovery. *Letters in Drug Design & Discovery*, 20(4), 386-407.

<https://doi.org/10.2174/1570180819666220701103553>

Wangila, T.P. (2017). Phytochemical analysis and antimicrobial activities of *Cyperus rotundus* and *Typha latifolia* reeds plants from Lugari region of Western Kenya. *Pharmaceutical Analytical Chemistry*, 3, 1-4.
<https://doi.org/10.4172/2471-2698.1000128>

Wetzel, R.G. (2001). Limnology: lake and river ecosystems. Academic Press, San Diego.

Wong, J.L., Thornber, K., Baker, N. (2001). Evaluation des Ressources en Produits Forestiers non Ligneux: *Expériences et Principes de Biométrie*. Produits Forestiers Non-Ligneux 13. FAO, Rome, Italie, p. 117.
<https://www.fao.org/docrep/003/y1457f/y1457f00.htm>

Xu, X.F., Yang, H., Yang, L. Z. (2004). The applying potential of purifying sewage with *Ranunculus sceleratus* L. *Journal of Plant Resources and Environment*, 13(2), 17-20.

Xue, B.X., He, R.S., Lai, J.X., Mireku-Gyimah, N.A., Zhang, L.H., Wu, H.H. (2023). Phytochemistry, data mining, pharmacology, toxicology and the analytical methods of *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae): a comprehensive review. *Phytochemistry Reviews*, 1-46.
<https://doi.org/10.1007/s11101-023-09870-3>

Yadav, C., Lomas, M. K., Kumar, A., Narayan, R. (2022). Ecological importance and economic uses of selected native and invasive alien grasses across five diverse anthropo-ecosystems in the indian dry tropics. *Annals of Plant Sciences*, 11(7), 5252-5269.

Yalçinkaya, E., Özgüç, S., Törer, Y.O., Zeybek, U. (2019). The importance of the medicinal plant *Nasturtium officinale* L. in the anticancer activity research. *Journal of Scientific Perspectives*, 3(2), 159-164.
<https://doi.org/10.26900/jsp.3.016>

Yao, Y., Zhang, M., Tian, Y., Zhao, M., Zhang, B., Zhao, M., Yin, B. (2017). Duckweed (*Spirodela polyrrhiza*) as green manure for increasing yield and reducing nitrogen loss in rice production. *Field Crops Research*, 214, 273-282.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.021>

Yehuda, H., Soroka, Y., Zlotkin-Frušić, M., Gilhar, A., Milner, Y., Tamir, S. (2012). Isothiocyanates inhibit psoriasis-related proinflammatory factors in human skin. *Inflammation Research*, 61, 735-742.

<https://doi.org/10.1007/s00011-012-0465-3>

Yılmaz, H., Karahan, F. (1999). Alpin bitkilerin korunması ve yararlanma olanakları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 95-103.

Yılmaz, Ö., Taş, B. (2021). Feasibility and assessment of the phytoremediation potential of green microalga and duckweed

for zeta-cypermethrin removal. *Desalination and Water Treatment*, 209, 131-143.

<https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26484>

Zafar, R., Zahoor, M., Shah, A.B., Majid, F. (2017). Determination of antioxidants and antibacterial activities, total phenolic, polyphenol and pigment contents in *Nasturtium officinale*. *Pharmacologyonline*, 1, 11-18.

Zeb, A. (2015). Phenolic profile and antioxidant potential of wild watercress (*Nasturtium officinale* L.). *SpringerPlus*, 4, 714.

<https://doi.org/10.1186/s40064-015-1514-5>



Impact of cooking processes on the toxic metals, macro, and trace elements composition of *Rapana venosa* meat

Bariş BAYRAKLI

Cite this article as:

Bayraklı, B. (2024). Impact of cooking on the toxic metals, macro, and trace elements composition of *Rapana venosa* meat. *Aquatic Research*, 7(1), 74-82. <https://doi.org/10.3153/AR24007>

Sinop University, Vocational School,
Sinop, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):
B.B. 0000-0002-1812-3266

Submitted: 11.09.2023
Revision requested: 25.09.2023
Last revision received: 15.01.2024
Accepted: 15.01.2024
Published online: 19.02.2024

Correspondence:
Barış BAYRAKLI
E-mail: barisbavrakli@gmail.com

ABSTRACT

This study aimed to investigate the impact of the cooking process on the metal content of *Rapana venosa* (rapa whelk) meat. The research analysed macro and trace elements and heavy metals to determine how cooking influenced their concentrations in the meat.

The findings revealed significant changes in the composition of macro elements following cooking. Potassium (K) and sodium (Na) concentrations decreased, while magnesium (Mg) and phosphorus (P) concentrations increased. This suggested that cooking facilitated the transfer of these elements from the meat to the cooking water, thereby affecting the nutritional composition of the meat. Similarly, numerous trace elements exhibited alterations during cooking, with elements such as iron (Fe), zinc (Zn), aluminium (Al), copper (Cu), manganese (Mn), selenium (Se), rubidium (Rb), tin (Sn), barium (Ba), chromium (Cr), nickel (Ni), lithium (Li), molybdenum (Mo), and beryllium (Be) decreasing in concentration. In contrast, zinc (Zn) and barium (Ba) increased. The study also addressed heavy metals, where significant changes were observed in the concentrations of arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), and lead (Pb) following cooking. The results indicated that cooking had the potential to reduce the levels of these toxic heavy metals, although it also highlighted an increase in lead levels that warrants further investigation. In summary, this research provides valuable insights into the changes in the metal content of rapa whelk meat induced by the cooking process. The findings contribute to understanding this seafood's nutritional aspects and metal composition, offering potential guidance for health recommendations and inspiring future investigations in this field.

Keywords: *Rapana venosa*, Toxic metals, Cooking impact, Nutritional changes, Trace elements



© 2024 The Author(s)

Available online at
<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

Introduction

Food resources, particularly seafood, are a critical source of minerals essential for human well-being (Bayrakli, 2021; Yildiz et al., 2023). Minerals like calcium, potassium, zinc, phosphorus, and iron are imperative for a healthy life (Duyar & Bilgin, 2020). Nevertheless, the escalating metal concentrations in marine ecosystems, attributed to industrialisation and urbanisation, have become a substantial concern among consumers (Duyar et al., 2023). Seafood, in its natural state, is acknowledged for its elevated heavy metal content, with these metals being assimilated from their environments through various natural processes inherent in complex marine ecosystems. Notably, the dietary behaviours of marine organisms can significantly influence the accumulation of metals within their habitat (Duyar et al., 2023; Yildiz et al., 2023).

Metals, characterised by high bioaccumulation levels within tissues and potential toxicity and biological degradation (Stankovic et al., 2014), pose substantial health risks to humans (Zhuang et al., 2013). Indeed, trace elements such as copper, manganese, zinc, and iron are essential for metabolic processes in humans and other organisms but can prove toxic at elevated levels (Makedonski et al., 2017). Metals with a pronounced propensity for bioaccumulation in biological organisms, such as arsenic, lead, cadmium, and mercury, unequivocally exhibit toxicity (Mol et al., 2019). These metals can impact central nervous system function, disrupt blood composition, damage the kidneys, lungs, and liver, and substantially reduce energy levels (Hajeb et al., 2014).

Numerous studies have explored metal concentrations in marine gastropods like *Rapana venosa*, consistently demonstrating that the metal accumulation in these organisms closely mirrors the metal concentrations within the marine environment (Ahmed et al., 2011; Y. Liang et al., 2017). However, owing to their restricted mobility within the marine environment, these organisms are acutely susceptible to metal pollution (Hwang et al., 2017). Despite the significant potential of *Rapana venosa* to serve as a basis for developing functional foods with discernible health benefits for humans (Panayotova et al., 2019), the biological accumulation of heavy metals in gastropods underscores the potential threat to human health through consumption (Gedik, 2018).

Extensive literature demonstrates that the cooking processes of seafood can induce substantial alterations in metal content, underscoring the critical importance of vigilant monitoring of metal concentrations in seafood prior to consumption (Atta et al., 1997; Ersoy et al., 2006; Hajeb et al., 2014; Hanaoka et al., 2001; Ichikawa et al., 2006; Jorhem et al., 1994; Laparra et al., 2003, 2004; Perelló et al., 2008; Sengupta et al., 2006).

Consequently, this study seeks to investigate the fluctuations in metal concentrations during the cooking of *Rapana venosa* meat and to evaluate the potential health implications of these changes.

This study represents a paradigm for evaluating the influence of cooking processes on macro, trace elements and toxic metal contents in seafood. The outcomes of this research endeavour will substantially contribute to understanding trace elements and toxic metal concentration changes during the cooking of *Rapana venosa* meat and their broader implications for safe and health-conscious seafood consumption.

Materials and Methods

Sampling and Study Area

Samples totalling 2000 grams were obtained from Sadiklar Seafood Processing Company's plant in Dikmen-Sinop, Turkey. These samples were taken from products that had been de-shelled, cleaned and in their consumable meat state before being subjected to flash freezing.

The samples were sent to the Sinop University Scientific and Technological Research Application and Research Center for laboratory analysis. This centre has a laboratory infrastructure that ensures reliable analysis procedures following standardised protocols.

During the laboratory processing of rapa whelks, 1000 grams were separated to form raw meat samples, while the remaining 1000 grams constituted cooked meat samples. The cooking process for rapa whelks was conducted by boiling them in a stainless steel pressure cooker for 10 minutes using 500 ml of water.

Both groups of rapa whelk samples were individually homogenised, and four samples were taken from each group. Subsequently, label information was added, and the samples were prepared for analysis. Water samples obtained at the beginning and after the cooking process, which consisted of city tap water, were also labelled and prepared for analysis.

Analyses of Elements Contents

All element analyses in the present study were performed in triplicate groups, following the EPA Method 200.3 (Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues). Rapa whelk meat samples (1.5 g) were digested in Teflon vessels, including a mixture of concentrated supra pure grade HNO₃ and H₂O₂ (7:1) according to (HPR-FO-67) temperature and

pressure profile using a microwave digestion system (Milestone SK10). After adding the acid, Teflon bombs closed, heated at 200°C for 15 minutes, and kept at the same temperature for another 15 minutes. The digested solution was transferred into a 50mL polypropylene falcon tubes and filled to 50 ml with ultra-pure water. Standard Reference Material (CRM) and blank solutions were prepared using the same procedures. The CRM materials UME CRM 1201 and SEM 2016 mix were used to evaluate the precision and accuracy of the analyses. Inductively Coupled Plasma Spectrometry (ICP-MS Agilent 7700X) was used to measure the concentration Calcium (Ca), Magnesium (Mg), Potassium (K), Phosphorus (P), Sodium (Na), Arsenic (As), Aluminum (Al), Copper (Cu), Iron (Fe), Manganese (Mn), Mercury (Hg), Cadmium (Cd), Lead (Pb), Zinc (Zn), Selenium (Se), Chromium (Cr), Nickel (Ni), Molybdenum (Mo) and Cobalt (Co) through multi-element techniques. During these experiments, all glassware and Teflon bombs were soaked overnight in 10% HNO₃, rinsed twice with distilled water and air-dried to avoid contamination before use. Additionally, according to the device specifications, the Limit of Detection (LOD) and Limit of Quantitation (LOQ) values are within the acceptable range. The percentage recoveries of elements ranged between 96.85% and 99.9%, indicating good accuracy.

Statistical analysis

The students' t-test analysis used the SPSS statistical package program (Version 10, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) to analyse the data obtained from three periods. The differences among the means were compared using Duncan's multiple range test. A significance level 0.05 was used, and the results were shown as mean values \pm SD.

Results and Discussion

Concentrations of macro elements in rapa whelk meat were determined as $Mg > P > Ca > K > Na$. Statistical analysis revealed significant changes in macro element concentrations in rapa whelk meat compared to initial values ($p < 0.05$) (Table 1). As a result of cooking rapa whelk meat, macro element concentrations of K and Na decreased compared to initial values (8.16% and 17.39%, respectively). At the same time, in water samples, there was an increase in the concentrations of these macro elements in cooking water (227.90% and 43.92%, respectively). This suggests that the cooking process facilitates the transfer of potassium and sodium from meat to water. These results highlight that the cooking process can affect the transfer of macro elements from meat to water and emphasise the impact of these changes on the nutritional composition of meat. Mg and P macro elements increased significantly (27.45% and 24.71%, respectively) during the

cooking of rapa whelk meat compared to initial concentrations. These increases indicate that the chemical composition of the meat changes during cooking, and the amounts of these elements in the meat increase. However, Mg and P concentrations in cooking water samples decreased significantly (49.98% and 86.07%, respectively). This suggests that these elements may transfer from water to meat during the cooking process. On the other hand, the Ca macro element increased in both meat and cooking water concentrations compared to initial values due to the cooking process.

The concentrations of trace elements in rapa whelk meat were ranked as follows: $Fe > Zn > Al > Cu > Mn > Se > Rb > Sn > Ba > Cr > Ni > Li > Mo > Be$ (Table 1). The concentrations of these trace elements in cooked rapa whelk meat varied significantly from initial values ($P < 0.05$). The toxic metal and trace elements content results obtained from the present study in rapa whelk, as demonstrated in Table 2, are consistent with the reported ranges provided in the literature. As a result of the cooking process, a decrease was observed in the concentrations of Fe, Zn, Al, Cu, Mn, Se, Rb, Sn, Ba, Cr, Ni, Li, Mo, and Be trace elements compared to the initial concentrations. The reasons for these decreases could be that these elements either passed from rapa whelk meat to water during cooking or underwent chemical changes. Particularly, the decrease in the concentrations of the Fe, Cu, and Li trace elements in cooking water samples may indicate their dissolution from meat or interaction with water. However, the concentrations of Zn and Ba trace elements increased due to cooking compared to initial concentrations. These increases may suggest that these elements are concentrated in the meat during cooking or increased due to other chemical processes. The trace elements Al, Rb, and Cr increased significantly in cooking water concentrations compared to initial values. These increases may indicate that these elements dissolved from rapa whelk meat into the water or interacted with water for other reasons. The concentrations of other trace elements in cooking water were detectable but below measurable levels, indicating that these elements either did not transfer from meat to water during the cooking process or transferred in very small amounts. These results demonstrate that the cooking process significantly impacts the trace element concentrations in rapa whelk meat. It was observed that trace elements transferred from meat to water or concentrated in the meat during cooking. The reasons for these changes may be complex and related to chemical reactions, temperature effects, and other factors. Further research may help us better understand the effects of consuming cooked rapa whelks on human health about these trace elements.

The findings determined the concentration order of the examined toxic metals as follows: As > Cd > Hg > Pb. The statistical analysis results indicate significant changes in the concentrations of toxic metals in rapa whelk meat compared to their initial values after cooking ($P < 0.05$). These changes reflect the effects of the cooking process on the toxic metal content. As a result of cooking, the concentrations of As, Cd, and Hg toxic metals decreased compared to their initial concentrations (31.45%, 27.90%, and 23.47%, respectively). It is well known that toxic metals such as As, Cd, and Hg pose risks to human health, and their seafood intake should be limited. Our findings suggest that the cooking process effectively

reduces the levels of these toxic metals. This implies that cooking rapa whelk meat may effectively reduce potential health risks associated with toxic, toxic metals. However, an important result to consider in this study is that the toxic Pb metal showed an increase of 40.13% compared to the initial concentration due to the cooking process. It is believed that certain factors, especially during cooking, may increase lead concentration in meat. This situation requires further examination because lead is a hazardous substance for human health.

Table 1. Concentrations of Macro (ww g kg⁻¹), Trace Elements (ww mg kg⁻¹), and Toxic metals (ww mg kg⁻¹) in Rapa Whelk Meat and Water Samples (mg kg⁻¹) at Initial and Final Stages

| Elements | Raw Rapa Whelk Meat | Processed Rapa Whelk Meat | Percentage Change (%) | Initial Water Sample | Water Sample After Cooking Process | Percentage Change (%) |
|----------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| Mg | 2.81 ± 0.036 ^b | 3.58 ± 0.035 ^a | 27.45 | 8.64 ± 0.021 ^a | 4.32 ± 0.0620 ^b | -49.98 |
| P | 1.47 ± 0.020 ^b | 1.83 ± 0.012 ^a | 24.71 | 0.04 ± 0.003 ^a | 0.006 ± 0.0004 ^b | -86.07 |
| Ca | 1.23 ± 0.015 ^b | 1.65 ± 0.004 ^a | 34.16 | 49.01 ± 0.151 ^a | 54.75 ± 0.7108 ^b | 11.71 |
| K | 1.20 ± 0.018 ^a | 1.10 ± 0.005 ^b | -8.16 | 1.74 ± 0.016 ^b | 5.71 ± 0.0607 ^a | 227.90 |
| Na | 0.55 ± 0.006 ^a | 0.45 ± 0.005 ^b | -17.39 | 15.47 ± 0.089 ^b | 22.27 ± 0.0629 ^a | 43.92 |
| Fe | 33.49 ± 0.320 ^a | 30.72 ± 0.265 ^b | -8.28 | 0.002 ± 0.0004 ^a | 0.001 ± 0.0004 ^b | -47.50 |
| Zn | 16.85 ± 0.146 ^b | 19.84 ± 0.222 ^a | 17.78 | * | * | * |
| Al | 9.42 ± 0.068 ^a | 7.08 ± 0.083 ^b | -24.82 | 0.002 ± 0.0007 ^b | 0.003 ± 0.0006 ^a | 82.10 |
| Cu | 8.65 ± 0.059 ^a | 8.26 ± 0.065 ^b | -4.51 | 0.005 ± 0.0002 ^a | 0.0002 ± 0.0000 ^b | -95.50 |
| Mn | 1.41 ± 0.022 ^a | 1.36 ± 0.015 ^b | -3.22 | * | 0.012 ± 0.0006 | * |
| Se | 0.47 ± 0.024 ^a | 0.42 ± 0.032 ^b | -10.68 | * | * | * |
| Rb | 0.37 ± 0.005 ^a | 0.34 ± 0.002 ^b | -9.37 | 0.0003 ± 0.0000 | 0.015 ± 0.0001 | 5136.94 |
| Sn | 0.32 ± 0.016 ^a | 0.26 ± 0.009 ^b | -21.01 | * | * | * |
| Ba | 0.24 ± 0.004 ^b | 0.30 ± 0.005 ^a | 22.31 | 0.036 ± 0.0000 | 0.033 ± 0.0005 | -8.44 |
| Cr | 0.20 ± 0.006 ^a | 0.07 ± 0.001 ^b | -62.33 | 0.0001 ± 0.0000 ^b | 0.0005 ± 0.0000 ^a | 331.66 |
| Ni | 0.14 ± 0.002 ^a | 0.08 ± 0.002 ^b | -41.99 | * | 0.001 ± 0.0000 | * |
| Li | 0.02 ± 0.002 ^a | 0.02 ± 0.001 ^a | -9.96 | 0.009 ± 0.0002 ^a | 0.003 ± 0.0002 ^b | -67.44 |
| Mo | 0.01 ± 0.001 ^a | 0.01 ± 0.001 ^b | -31.74 | * | * | * |
| Be | 0.004 ± 0.003 | * | -4.38 | * | * | * |
| As | 3.67 ± 0.055 ^a | 2.52 ± 0.010 ^b | -31.45 | * | * | * |
| Cd | 0.31 ± 0.003 ^a | 0.22 ± 0.002 ^b | -27.90 | * | * | * |
| Hg | 0.03 ± 0.000 ^a | 0.02 ± 0.001 ^b | -23.47 | * | * | * |
| Pb | 0.01 ± 0.000 ^b | 0.01 ± 0.000 ^a | 40.13 | * | * | * |

"*" The symbol indicates that a specific element's concentration is below the detectable limits. Different letters used to annotate values among meat samples indicate statistically significant differences ($p < 0.05$). Similarly, values marked with different letters among water samples indicate statistically significant differences ($p < 0.05$).

Cooking seafood has been reported to reduce the concentrations of some toxic metals and trace elements in previous studies by Laparra et al. (2003, 2004), Hanaoka et al. (2001), Hajeb et al. (2014), Ichikawa et al. (2006), Perelló et al. (2008), Atta et al. (1997), Jorhem et al. (1994), Ersoy et al. (2006), and Sengupta et al. (2006). However, other studies, such as those by Burger et al. (2003), have reported that cooking does not always reduce metal concentrations in fish meat. These results indicate that the effects of the cooking process on the behaviour of toxic metals in seafood are complex. These findings may help us better understand the impact of the cooking process on the toxic metal content of rapa whelk meat. However, generalising the effect of cooking on metal levels in seafood can be challenging. Depending on cooking methods and conditions, metal levels in seafood can vary based on the chemical properties of specific elements (Houlbrèque et al., 2011). Understanding how the cooking process affects these toxic metals can contribute to developing health recommendations regarding the consumption of whelk meat. Additionally, factors such as cooking method, duration, temperature, and the cooking medium used are among the various variables that influence the post-cooking behaviour of toxic metals in seafood (Houlbrèque et al., 2011; Ouédraogo & Amyot, 2011). These factors are known to play a role in determining the behaviour of toxic metals after cooking and can lead to variations in results.

In the literature, various results have been reported regarding the effects of cooking on the levels of toxic metals in seafood and their implications for human health. For instance, some studies have shown that the cooking process, despite increasing the amount of toxic metals, reduces their bioavailability (Amiard et al., 2008; Maulvault et al., 2011).

Conclusion

In conclusion, this study examined the metal content of rapa whelk meat and investigated the cooking process's effects on this content. Our findings indicate that both macro and trace elements in rapa whelk meat change the cooking process.

Regarding macro elements, it was observed that the concentration of potassium (K) and sodium (Na) decreased as a result of cooking, while magnesium (Mg) and phosphorus (P) concentrations increased. These changes suggest that cooking facilitates the transfer of these elements from the meat to the cooking water and highlights the impact of the cooking process on the nutritional composition of the meat.

In terms of trace elements, it was found that many trace elements change due to the cooking process. The concentrations of iron (Fe), zinc (Zn), aluminium (Al), copper (Cu), manganese (Mn), selenium (Se), rubidium (Rb), tin (Sn), barium

(Ba), chromium (Cr), nickel (Ni), lithium (Li), molybdenum (Mo), and beryllium (Be) decreased. In contrast, zinc (Zn) and barium (Ba) increased. These changes are believed to be related to the transfer of trace elements from the meat to the cooking water or their concentration within the meat.

Regarding toxic metals, it was observed that the concentrations of toxic metals such as arsenic (As), cadmium (Cd), mercury (Hg), and lead (Pb) changed as a result of the cooking process. These changes suggest that cooking may be an effective method for reducing the levels of these metals, particularly considering the potential health risks associated with toxic metals. However, the increase in lead levels due to the cooking process requires further investigation.

In conclusion, this study, by examining changes in the metal content of rapa whelk meat and investigating the effects of the cooking process, sheds light on important factors that affect the nutritional value and metal content of rapa whelk meat. This research may contribute to developing health recommendations related to the consumption of rapa whelk meat and serve as a guide for future studies.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of interest: The authors declare no actual, potential, or perceived conflict of interest for this article.

Ethics committee approval: Ethical approval was not required for this study.

Data availability: Data will be made available on request.

Funding disclosure: No funding provided.

Acknowledgements: We would like to extend our heartfelt gratitude to Sadiklar Seafood Processing Company for their invaluable support in providing the samples for this study. We also thank The Sinop University Scientific and Technological Research Application and Research Center for their contributions in analysing the samples. Their assistance played a significant role in the successful completion of this research.

Disclosure: -

Table 2. Literature information on various toxic metals and trace elements contents reported for Rapa whelk

| As | Cd | Cr | Cu | Fe | Hg | Mn | Ni | Pb | Zn | Region | Reference |
|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------------------------|
| - | 4.9 | - | - | - | - | - | 0.99 | 3.5 | - | MS, Istanbul | Topçuoğlu et al. (1994) (µg/g dw) |
| - | 1.0 | - | - | - | - | - | 2.17 | 3.2 | - | BS, Fatsa | Topçuoğlu et al. (1994) (µg/g) |
| - | 0.03-0.22 | - | - | - | - | - | - | 0.08-0.46 | - | BS, Sinop | Bat et al. (2000) (mg/kg dw) |
| - | 1.78 | <0.06 | - | - | - | - | - | <0.5 | - | BS, İğneada | Topçuoğlu et al. (2002) (µg/g dw) |
| - | 2.19 | 0.62 | - | - | - | - | - | <0.5 | - | BS, Amasra | Topçuoğlu et al. (2002) (µg/g) |
| - | 0.37 | 0.47 | - | - | - | - | - | <0.5 | - | BS, Perşembe | Topçuoğlu et al. (2002) (µg/g) |
| - | <0.06 | <0.02 | - | - | - | - | - | <0.5 | - | BS, Rize | Topçuoğlu et al. (2002) (µg/g) |
| - | 0.15-30.61 | - | 5.52-172.2 | - | - | - | 0.09-0.66 | 0.10-0.75 | 8.65-705 | Bohai Sea, China | Liang et al. (2004) (µg/g) dw |
| - | 0.13-0.29 | 10.23-55.36 | - | - | 0.007-0.05 | - | - | 3.32-13.56 | - | BS, Kumköy | Mülayim and Balkıs (2015) (mg/kg dw) |
| - | 0.08-0.13 | 4.43-55.07 | - | - | 0.06 | - | - | 1.57-11.97 | - | BS, Karaburun | Mülayim and Balkıs (2015) (mg/kg) |
| - | 0.08-0.24 | 2.42-51.99 | - | - | 0.002-0.06 | - | - | 1.93-16.35 | - | BS, Kiyıköy | Mülayim and Balkıs (2015) (mg/kg) |
| - | 0.07-0.35 | 0.79-15.96 | - | - | 0.005-0.6 | - | - | 0.86-9.95 | - | BS, İğneada | Mülayim and Balkıs (2015) (mg/kg) |
| - | 1.64 | - | - | - | 0.62 | - | - | 0.27 | - | BS, Romanya | Jitar et al. (2015) (mg/kg) |
| 2.2 | 0.005 | 0.04 | 5.1 | 4.2 | 0.11 | 0.26 | 0.023 | 0.32 | 8.6 | BS, Krapetz | Peycheva et al. (2017) µg/g |
| 4.17 | 0.008 | 0.05 | 7.7 | 9.4 | 0.08 | 0.48 | 0.045 | 0.12 | 7.5 | BS, Varna | Peycheva et al. (2017) dw |
| - | 0.89-1.75 | 0.23-0.37 | 12,89-21,09 | - | - | 1.28-3.60 | 0.18-0.25 | 0.20-0.98 | 11.70-24.18 | BS, Turkey | Gedik (2018) |
| 0.42-15.9 | 0.05-1.05 | 0.25-2.89 | 4.56-26.65 | - | 0.007-0.037 | - | 0.07-1.72 | 0.01-0.41 | 8.34-65.72 | ECS, Xiangshan Bay | Liu et al. (2018) |
| - | 1.113 | - | - | - | 0.034 | - | - | 0.045 | - | BS, Varna | Zhelyazkov et al. (2018) |
| 28.7-51.1 | 5.8-14.8 | 0.66-3.53 | 19.4-39.3 | 273-1820 | 0.65-2.91 | 2.8-13.4 | 0.2-3.2 | BDL-10.7 | 124-254 | BS, Crimea | Kapranov et al. (2021)(2021) ww |
| 2.52-3.67 | 0.22-0.31 | 0.07-0.20 | 8.26-8.65 | 30.72-33.49 | 0.02-0.03 | 1.36-1.41 | 0.08-0.14 | 0.01 | 16.85-19.84 | BS, Sinop | PRESENT STUDY (mg/kg ww) |

BDL: below detectible limits

MS: Marmara Sea; BS: Black Sea; ECS: East China Sea;

dw: dry weight basis; ww: wet weight basis

References

- Ahmed, K., Mehedi, Y., Haque, R., & Mondol, P. (2011). Heavy metal concentrations in some macrobenthic fauna of the Sundarbans mangrove forest, south west coast of Bangladesh. *Environmental Monitoring and Assessment*, 177(1-4), 505-514.
<https://doi.org/10.1007/s10661-010-1651-9>
- Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Charbonnier, L., Mesnil, A., Rainbow, P.S., & Wang, W.X. (2008). Bioaccessibility of essential and non-essential metals in commercial shellfish from Western Europe and Asia. *Food and Chemical Toxicology*, 46(6), 2010-2022.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.01.041>
- Atta, M.B., El-Sebaie, L.A., Noaman, M.A., & Kassab, H.E. (1997). The effect of cooking on the content of heavy metals in fish (*Tilapia nilotica*). *Food Chemistry*, 58(1-2), 1-4.
[https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00205-7](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00205-7)
- Bat, L., Gönügür, G., Andaç, M., Öztürk, M., & Öztürk, M. (2000). Heavy Metal Concentrations in the Sea Snail *Rapana venosa* (Valenciennes 1846) from Sinop Coasts of the Black Sea. *Turkish Journal Marine Sciences*, 6, 227-240.
- Bayrakli, B. (2021). Concentration and potential health risks of trace metals in warty crab (*Eriphia verrucosa* Forskal, 1775) from Southern Coasts of the Black Sea, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 14739-14749.
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-11563-9>
- Burger, J., Dixon, C., Boring, S., & Gochfeld, M. (2003). Effect of Deep-frying fish on risk from mercury. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 66(9), 817-828.
<https://doi.org/10.1080/15287390306382>
- Duyar, H.A., Bayrakli, B., & Altuntas, M. (2023). Effects of floods resulting from climate change on metal concentrations in whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) and red mullet (*Mullus barbatus*) and health risk assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(8).
<https://doi.org/10.1007/s10661-023-11534-w>
- Duyar, H.A., & Bilgin, S. (2020). Heavy metal concentrations in different marine organism obtained. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(7), 5281-5286.
- Ersoy, B., Yanar, Y., Küçükgülmez, A., & Çelik, M. (2006). Effects of four cooking methods on the heavy metal concentrations of sea bass fillets (*Dicentrarchus labrax* Linne, 1785). *Food Chemistry*, 99(4), 748-751.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.08.055>
- Gedik, K. (2018). Bioaccessibility of heavy metals in rapa whelk *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846): Assessing human health risk using an in vitro digestion model. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(1), 202-213.
<https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1373329>
- Hajeb, P., Sloth, J. J., Shakibazadeh, S., Mahyudin, N. A., & Afsah-Hejri, L. (2014). Toxic elements in food: Occurrence, binding, and reduction approaches. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 457-472.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12068>
- Hanaoka, K., Yosida, K., Tamano, M., Kuroiwa, T., Kaise, T., & Maeda, S. (2001). Arsenic in the prepared edible brown alga hijiki, *Hizikia fusiforme*. *Applied Organometallic Chemistry*, 15(6), 561-565.
<https://doi.org/10.1002/aoc.195>
- Houlbrèque, F., Hervé-Fernández, P., Teyssié, J.-L., Oberhaensli, F., Boisson, F., & Jeffree, R. (2011). Cooking makes cadmium contained in Chilean mussels less bioaccessible to humans. *Food Chemistry*, 126(3), 917-921.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.078>
- Hwang, D.-W., Choi, M., Lee, I.-S., Shim, K.-B., & Kim, T.-H. (2017). Concentrations of trace metals in tissues of Chionoecetes crabs (*Chionoecetes japonicus* and *Chionoecetes opilio*) caught from the East/Japan Sea waters and potential risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(12), 11309-11318.
<https://doi.org/10.1007/s11356-017-8769-z>
- Ichikawa, S., Kamoshida, M., Hanaoka, K., Hamano, M., Maitani, T., & Kaise, T. (2006). Decrease of arsenic in edible brown algae *Hizikia fusiforme* by the cooking process. *Applied Organometallic Chemistry*, 20(9), 585-590.
<https://doi.org/10.1002/aoc.1102>
- Jitar, O., Teodosiu, C., Oros, A., Plavan, G., & Nicoara, M. (2015). Bioaccumulation of heavy metals in marine organisms from the Romanian sector of the Black Sea. *New Biotechnology*, 32(3), 369-378.
<https://doi.org/10.1016/j.nbt.2014.11.004>

Jorhem, L., Engman, J., Sundström, B., & Thim, A.M. (1994). Trace elements in crayfish: Regional differences and changes induced by cooking. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 26(2), 137-142.

<https://doi.org/10.1007/BF00224796>

Kapranov, S.V., Karavantseva, N.V., Bobko, N.I., Ryabushko, V.I., & Kapranova, L.L. (2021). Element contents in three commercially important edible mollusks harvested off the southwestern coast of Crimea (Black Sea) and Assessment of Human Health Risks from Their Consumption. *Foods*, 10(10), 2313.

<https://doi.org/10.3390/foods10102313>

Laparra, J.M., Vélez, D., Montoro, R., Barberá, R., & Farré, R. (2003). Estimation of arsenic bioaccessibility in edible seaweed by an in vitro digestion method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(20), 6080-6085.

<https://doi.org/10.1021/jf034537i>

Laparra, J.M., Vélez, D., Montoro, R., Barberá, R., & Farré, R. (2004). Bioaccessibility of inorganic arsenic species in raw and cooked *Hizikia fusiforme* seaweed. *Applied Organometallic Chemistry*, 18(12), 662-669.

<https://doi.org/10.1002/aoc.732>

Liang, L., He, B., Jiang, G., Chen, D., & Yao, Z. (2004). Evaluation of mollusks as biomonitors to investigate heavy metal contaminations along the Chinese Bohai Sea. *Science of The Total Environment*, 324(1-3), 105-113.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.10.021>

Liang, Y., Yi, X., Dang, Z., Wang, Q., Luo, H., & Tang, J. (2017). Heavy Metal contamination and health risk assessment in the vicinity of a tailing pond in Guangdong, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14, 1557.

<https://doi.org/10.3390/ijerph14121557>

Liu, Q., Liao, Y., & Shou, L. (2018). Concentration and potential health risk of heavy metals in seafoods collected from Sanmen Bay and its adjacent areas, China. *Marine Pollution Bulletin*, 131(36), 356-364.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.041>

Makedonski, L., Peycheva, K., & Stancheva, M. (2017). Determination of heavy metals in selected black sea fish species. *Food Control*, 72, 313-318.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.08.024>

Maulvault, A.L., Machado, R., Afonso, C., Lourenço, H.M., Nunes, M.L., Coelho, I., Langerholc, T., & Marques, A. (2011). Bioaccessibility of Hg, Cd and As in cooked black scabbard fish and edible crab. *Food and Chemical Toxicology*, 49(11), 2808-2815.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.07.059>

Mol, S., Kahraman, A.E., & Ulusoy, S. (2019). Potential health risks of heavy metals to the Turkish and greek populations via consumption of spiny dogfish and thornback ray from the sea of marmara. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(2), 109-117.

https://doi.org/10.4194/1303-2712-v19_2_03

Mülayim, A., & Balkis, H. (2015). Toxic metal (Pb, Cd, Cr, and Hg) levels in *Rapana venosa* (Valenciennes, 1846), *Eriphia verrucosa* (Forsk. 1775), and sediment samples from the Black Sea littoral (Thrace, Turkey). *Marine Pollution Bulletin*, 95(1), 215-222.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.04.016>

Ouédraogo, O., & Amyot, M. (2011). Effects of various cooking methods and food components on bioaccessibility of mercury from fish. *Environmental Research*, 111(8), 1064-1069.

<https://doi.org/10.1016/j.envres.2011.09.018>

Panayotova, V., Merzdhanova, A., Dobрева, D., & Stancheva, R. (2019). Blacksea *Rapana venosa* – A promising source of essential lipids. *Journal of IMAB - Annual Proceeding (Scientific Papers)*, 25(1), 2401-2405.

<https://doi.org/10.5272/jimab.2019251.2401>

Perelló, G., Martí-Cid, R., Llobet, J.M., & Domingo, J.L. (2008). Effects of various cooking processes on the concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23), 11262-11269.

<https://doi.org/10.1021/jf802411q>

Peycheva, K., Panayotova, V., & Stancheva, M. (2017). Trace elements concentrations in Black Sea mussel (*Mytilus galloprovincialis*) and Rapa Whelks (*Rapana venosa*) from Bulgarian Black Sea coast and evaluation of possible health risks to consumers. *Chemistry Research Journal*, 2(6), 236-250.

Sengupta, M.K., Hossain, M.A., Mukherjee, A., Ahamed, S., Das, B., Nayak, B., Pal, A., & Chakraborti, D. (2006). Arsenic burden of cooked rice: Traditional and modern methods. *Food and Chemical Toxicology*, 44(11), 1823-

1829.

<https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.06.003>

Stankovic, S., Kalaba, P., & Stankovic, A.R. (2014). Biota as toxic metal indicators. *Environmental Chemistry Letters*, 12(1), 63-84.

<https://doi.org/10.1007/s10311-013-0430-6>

Topçuoğlu, S., Erenfirik, N., Esen, N., Saygi, N., Kut, D., Seddigh, E., & Bassari, A. (1994). Iştiridye ve deniz salyan-gozu örneklerinde toksik element düzeyleri. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi Series B*, 16(1), 239-241. [Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., & Güngör, N. (2002). Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998. *Environment International*, 27(7), 521-526.

[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00099-X)

Topçuoğlu, S., Kırbaşoğlu, Ç., & Güngör, N. (2002). Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998. *Environment International*, 27(7), 521-526.

[https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00099-X](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00099-X)

Yildiz, H., Bayrakli, B., Altuntas, M., & Celik, I. (2023). Metal concentrations, selenium-mercury balance, and potential health risk assessment for consumer of whiting (*Merlangius merlangus euxinus* L., 1758) from different regions of the southern Black Sea. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(24), 65059-65073.

<https://doi.org/10.1007/s11356-023-26511-6>

Zhelyazkov, G., Yankovska-Stefanova, T., Mineva, E., Stratev, D., Vashin, I., Dospatliev, L., Valkova, E., & Popova, T. (2018). Risk assessment of some heavy metals in mussels (*Mytilus galloprovincialis*) and veined rapa whelks (*Rapana venosa*) for human health. *Marine Pollution Bulletin*, 128(February), 197-201.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.024>

Zhuang, P., Li, Z., McBride, M.B., Zou, B., & Wang, G. (2013). Health risk assessment for consumption of fish originating from ponds near Dabaoshan mine, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(8), 5844-5854.

<https://doi.org/10.1007/s11356-013-1606-0>

Length-weight relationship and condition factor for five common fish species in a recently constructed reservoir (Tugwi-Mukosi Dam) - Zimbabwe

Nyasha MABIKA¹, Terence MAGQINA², Tendai MAKONI³

Cite this article as:

Mabika, N., Magqina, T., Makoni, T. (2024). Length-weight relationship and condition factor for five common fish species in a recently constructed reservoir (Tugwi-Mukosi Dam) - Zimbabwe. *Aquatic Research*, 7(2), 83-92. <https://doi.org/10.3153/AR24008>

¹ University of Zimbabwe, Department of Biological Sciences and Ecology, Harare, Zimbabwe

² Matopo National Park, P. Bag 5142, Bulawayo, Zimbabwe

³ Great Zimbabwe University, Department of Mathematics and Computer Science, Masvingo, Zimbabwe

ORCID IDs of the author(s):

N.M. 0000-0002-8101-6340

T.M. 0000-0001-5778-8167

T.M. 0000-0003-0853-7761

Submitted: 11.08.2023

Revision requested: 21.09.2023

Last revision received: 16.01.2024

Accepted: 21.01.2024

Published online: 30.03.2024

Correspondence:

Nyasha MAKIKA

E-mail: nmabika09@gmail.com



© 2024 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebsites.com>

ABSTRACT

Tugwi-Mukosi is a recently constructed reservoir in the Masvingo Province of Zimbabwe. The objective of the study was to estimate the length-weight relationship (LWR) and condition factors (K) of five freshwater fish species collected from the dam. Three hundred eighty-seven fish samples were caught by gill nets and sein between January and September 2021. The estimated exponent value b varied between 2.814 and 3.228 among the fish species. The b values indicated that three species (*Oreochromis niloticus*, *Coptodon rendalli* and *Micropterus salmoides*) followed negative allometric growth ($b < 3$). In contrast, *Clarias gariepinus* showed isometric growth ($b = 3$), while *Oreochromis mossambicus* exhibited positive allometric growth ($b > 3$). More than 94% ($R^2 > 0.94$) of the weights (responses) variations were explained by the models, so the models fit the data well. The K values of all the fish species, except for *C. gariepinus*, ranged between 1.3 - 2.2; this indicates that these species are doing well in the reservoir. This observation suggests that Tugwi-Mukosi currently provides a favourable habitat for the fish species. The current study's findings will give valuable baseline data for assessing the status of fish populations and conducting ecological surveys for future fish conservation and management.

Keywords: Tugwi-Mukosi, Fish growth, Conservation, Monitoring, New reservoir

Introduction

Fish in tropical and subtropical water systems exhibit variability in growth due to changes in diet composition, environmental changes, and spawning conditions (Anderson & Neumann, 1996). Fish body length and body weight are useful empirical measures in studying fish growth, stock assessment and, more generally, population ecology, community, and ecosystem ecology studies (Giarrizzo et al., 2015; Baitha et al., 2018). Size reflects age, food, and other physiological and environmental parameters in fish. In theory, size represents age because fish never stop growing, and size is governed by external circumstances rather than vice versa. Size variation, therefore, has important implications for diverse aspects of fisheries science and population dynamics (Erzini, 1994).

Since direct weight measurement in the field can be time-consuming, length-weight regressions have been commonly used to estimate weight from length (Sinovic et al., 2004). The length-weight relationship (LWR), also known as the biometric relationship model, is a mathematical model that enables length-to-weight and weight-to-length conversions in stock estimation models and biomass calculation using the length frequency distribution.

According to the cubic law ($W=L^3$), fish often grow in equal lengths (Lagler, 1952). However, deviations in length-to-weight ratios from the cube rule are always possible due to the many environmental factors that influence the physico-chemical properties of the waters in which different fish species exist. Be that as it may, length-weight parameters of the same species may change within populations due to feeding, fishing and reproductive activity, etc. Therefore, data on the functional LWR of fish species are important for fish stock assessment and parameters a and b can be used for length-weight conversion (Hajje et al., 2010). However, it has been argued that b may vary at different periods, reflecting gastric fullness, general appetite condition and gonadal stages (Zaher et al., 2015).

Length-weight is also used to estimate the condition factor of the fish species (Blackhart et al., 2006), which shows the degree of well-being of the fish in their habitat (Mac Gregor, 1959). A high condition factor indicates that a fish is heavier than a fish of the same length with a lower condition factor and thus always refers to a deviation from the average LWR for a population (Le Cren, 1951; Froese, 2006). The condition factor of fish can be affected by factors such as stress, sex, season, availability of feeds and other water quality parameters (Khallaf et al., 2003). Studies of LWR and condition factor are important in fishery assessment and management as

these biometric units allow us to gain insight into fish stocks' overall health and development.

Tugwi-Mukosi (formerly Tokwe-Mukosi) Reservoir was constructed across the confluence of the Tugwi and Mukosi Rivers in the Chivi district of Masvingo Province in Zimbabwe. Construction of the reservoir began in 1998, was completed in December 2016 and commissioned in May 2017. The reservoir started impounding water during the 2016/2017 rainy season but has not yet been fully utilised (Magqina et al., 2021). There are 17 fishing cooperatives with fishing licenses, and the dam yields about 200 tonnes yearly. In addition, more than 100,000 kapenta and 200,000 fingerlings of *Oreochromis niloticus* species were put in the dam in late 2021 for breeding purposes out of a target of 1,5 million fingerlings (Herald, 2021). To date, nine fish species (*Oreochromis macrochir*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Coptodon rendalli*, *Clarias gariepinus*, *Serranochromis thurmergi*, *Labeo cylindricus*, *Mesobola brevipinnis* and *Micropterus salmoides*) have been identified in the lake with the cichlids constituting 66.7% of the fish community (Magqina et al., 2021). Despite their commercial importance, no information on these fish species' length-weight relationships and condition factors is available. Therefore, the present study aimed to generate baseline data on these parameters of the five common fish species: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Coptodon rendalli*, *Clarias gariepinus* and *Micropterus salmoides*. The study is expected to provide valuable information on the health of the fish populations in the reservoir.

Materials and Methods

Study Area

Located at the confluence of the Tugwi and Mukosi rivers, the Tugwi Mukosi Dam (20°43'40" S, 30°54'11" E) is Zimbabwe's largest inland water body. The dam is located in the semi-arid region of the Masvingo province (Figure 1). The area lies in Zimbabwe's agro-ecological Region IV, which has a long-term mean average precipitation of less than 600 mm/year, with the majority of rain falling between October and April and a precipitation peak reached in February and mean annual temperature is approximately 20°C (Chazireni & Chigonda, 2018). Chromic luvisols with isolated patches of caloric fluvisols occur in the area, and the geology is composed of paragneiss and other high-grade sediments (Gumindoga et al., 2014)

Sampling was conducted at Zunga, Kushinga, Gororo and Rarangwe (Figure 1). The sampled sites are also fishing

grounds for both artisanal and commercial fishermen. Sampling was done twice monthly using multifilament gillnets and a seine net between January and September 2021, except in July, where no sampling was done. The sampling effort remained constant throughout the study. For the seine netting, two hauls at each sampling site were performed using a 50 m net with a mesh size of 12.7 mm in shallow areas less than 1.5m deep. At each site, multifilament gillnets of different mesh sizes (38.1 mm- 177.8 mm) and 150 m long were laid in a zigzag pattern late afternoon (1630 hours) and left overnight. The nets were then pulled out the next morning at 0630 hours. All fish caught were identified to the lowest practical taxon using external morphological characteristics and identification keys (Marshall, 2011; Skelton, 2001). The number of fish caught for different species was recorded, and each individual's total length (TL) and standard length (SL) were measured to the nearest 0.1 mm. Weight was measured to the nearest 0.1g

Data Analysis

The log transformation formula of Le Cren was used to establish LWRs (Le Cren, 1951). The length-weight equation $W = a L^b$ was used to estimate the relationship between the weight (g) of the fish and its total length (cm). Using the linear regression of the log-transformed equation:

$\log (W) = \log (a) + b \log (L)$, the parameters a and b were calculated. Where:

W= Weight (g)

L= Total length (cm)

a= Intercept or the initial growth index

b= Slope/ growth coefficient/ an exponent. $b < 3$ = negative allometry

$b > 3$ = positive allometry

b equal 3 = isometric allometry

Additionally, 95% confidence limits (CL) of the b coefficient were estimated for each species.

The condition factor ‘K’ was calculated by using the model, $K= W \times 100/L^3$ according to Pauly (1983), Where:

W is the weight of the fish (g)

L is the Total length of the fish (cm).

The degree of correlation between the length and weight was computed by the determination coefficient R^2 .

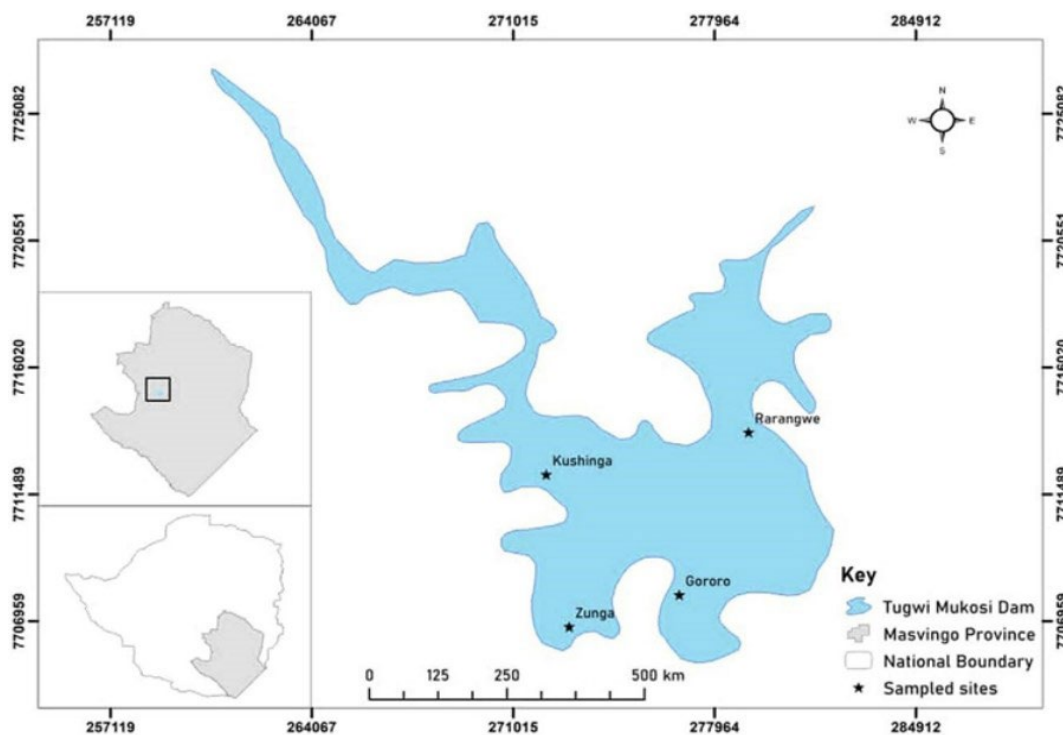


Figure 1. The location of the Tugwi-Mukosi dam in Masvingo province, Zimbabwe (adapted from Magqina et al., 2021).

Results and Discussion

Five fish species, namely, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *C. gariepinus*, *C. rendalli* and *M. salmoides*, were collected in the study. The total number of fish collected was 387, and the most abundant species was *O. mossambicus* (151), followed by *C. rendalli* (93), *M. salmoides* (60), *C. gariepinus* (47) and *O. niloticus* (36). Total lengths ranged from 5 cm (*O. niloticus*) to a total length of 64 cm (*C. gariepinus*), while weights ranged from 4.0 g (*O. niloticus*) to 2550 g (*O. niloticus*).

Length-Weight Relationships (LWR)

Regression equations obtained from the log and length data for all fish species showed a positive linear relationship between the weight and length variables (Figure 2). The intercepts (a) and growth coefficients (b) of the regression models of the fish species are shown in Table 2. The slope b for *O. mossambicus* was 3.229 (3.079, 3.379 CL). This indicates that *O. mossambicus* exhibits positive allometry ($b > 3$) within the dam. The b values for *O. niloticus*, *C. rendalli* and *M. salmoides* were 2.877 (2.796, 2.957 CL), 2.712 (2.449, 2.925 CL) and 2.814 (2.408, 3.220 CL) respectively. These fish species showed negative allometry ($b < 3$). *Clarias gariepinus* showed isometric allometry ($b = 3$) (2.660, 3.360 CL). All the fish species had a coefficient $R^2 > 0.94$ (Figure 2), indicating that most of the variation in the weight (response) was explained by the model; hence, the model gives a good fit for the data.

Condition Factor (K)

Table 2 shows the average condition factors for the five fish species. *O. niloticus* and *C. rendalli* had the highest K value (2.2), followed by *O. mossambicus* (1.7) and *M. salmoides*

(1.3). *Clarias gariepinus* had the lowest (0.7) condition factor.

The fish length and weight distributions in Tugwi Mukosi Reservoir showed large variability in fish size, indicating that the sampling methods were non-selective. The sizes of the fish caught ranged from the smallest (5.0 cm) to the largest (64 cm). As for weight, *O. niloticus* registered both the lightest (4.0 g) and the heaviest (2550 g) specimens. The high abundance of certain species, such as *O. mossambicus*, may be evidence of shoaling behaviour within the reservoir.

The slope of regression line b expresses the relative body shape of a fish (Le Cren, 1951). Differences in b value can be attributed to combining one or more factors such as the number of specimens, gonad maturity, sex, health, habitat, seasonal effect, etc (Wootton, 1991). According to Bagenal and Tesch (1978), values between 2 and 4 are consistent for freshwater fish. The values of b observed in the current study ranged from 2.814 to 3.228. These b values are in the range 2-4 suggested by Bagenal and Tesch (1978). In the case of *C. gariepinus*, b was almost equal to 3.0, implying that the fish were growing isometrically. This isometric growth pattern in the length-weight relationship indicated that the fish species did not increase in weight faster than the cube of their total length. Therefore, as the body length increases, so does the weight of the fish. When the value of b is less than 3.0, the fish experiences a negative allometric growth, as was the case with *O. niloticus*, *C. rendalli*, and *M. salmoides* in the current study. This observation suggests that these species have relatively slow growth rates and tend to be thinner. Positive allometric growth, observed in *O. mossambicus*, occurs when b exceeds 3.0. In this regard, the fish becomes heavier, reflecting the optimal growth conditions.

Table 1. Total lengths and total weights of the five fish species collected from Tugwi-Mukosi Reservoir, Zimbabwe

| Fish species | N | Total length (cm) | | | Total weight (g) | | |
|-----------------------|-----|-------------------|------|-------------|------------------|--------|-------------|
| | | Min | Max | Mean Length | Min | Max | Mean Weight |
| <i>O. mossambicus</i> | 151 | 10.1 | 29.0 | 17.6 | 10.0 | 368.0 | 122.8 |
| <i>O. niloticus</i> | 36 | 5.0 | 52.5 | 25.0 | 4.0 | 2550.0 | 456.5 |
| <i>C. rendalli</i> | 93 | 9.2 | 31.0 | 17.1 | 17.0 | 597.0 | 134.8 |
| <i>C. gariepinus</i> | 47 | 18.6 | 64.0 | 28.8 | 58.0 | 1948.0 | 194.0 |
| <i>M. salmoides</i> | 60 | 11.0 | 33.0 | 21.2 | 15.3 | 488.0 | 137.1 |

Min= minimum. Max= maximum,

Table 2. Length-weight parameters and condition factor for the five fish species collected from Tugwi-Mukosi Reservoir

| Species | Length-weight parameters | | | Condition factor (K) |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> (95% CL) | R ² | |
| <i>Oreochromis mossambicus</i> | -2.052 | 3.228 (3.079, 3.379) | 0.96 | 1.7 |
| <i>Oreochromis niloticus</i> | -1.501 | 2.877 (2.796, 2.957) | 0.99 | 2.2 |
| <i>Coptodon rendalli</i> | -1.321 | 2.712 (2.449, 2.925) | 0.96 | 2.2 |
| <i>Clarias gariepinus</i> | -2.186 | 3.012 (2.660, 3.360) | 0.97 | 0.7 |
| <i>Micropterus salmoides</i> | -1.682 | 2.814 (2.408, 3.220) | 0.95 | 1.3 |

The LWR parameters of the fish species were also compared with data from published literature. In the present study, the *b* value for *O. niloticus* ($b=2.877$) was lower than that from Lake Chamo in Ethiopia ($b=3.1779$) (Shija, 2020), Garmat Ali River in Iraq ($b=3.109$) (Mohamed and

Salman, (2021).) and almost the same with that from Lake Naivasha in Kenya ($b=2.860$) (Waithaka et al., 2020) and Al-Massira Dam in Morocco ($b=2.838$) (Ouahb et al., 2021). However, our growth coefficient was higher than that for Lake Mutirikwi ($b=2.4478$) in Zimbabwe (Runeta, 2014), Wase Dam in Nigeria ($b=1.520$) (Yem et al., 2020) and Lake Coatetelco in Mexico ($b=2.469$) (Gómez-Márquez et al., 2008). A few other researchers have also reported isometric growth of *O. niloticus* in tropical reservoirs ($b=2.96$) and subtropical river systems ($b=2.93$) in India (Alam et al., 2019). The growth coefficient for *O. mossambicus* (3.228) reported in the current study is higher than that for Bhima River ($b=2.88$) and Manchar Lake, Sindh, Pakistan ($b=3.04$) (Shendge, 2005). The negative allometric value of *C. rendalli* ($b=2.712$) is consistent with the results of Runeta (2015) ($b=2.8738$) in Lake Mutirikwi, Zimbabwe, and Asire Lake ($b=2.88$), Nigeria (Ajagbe et al., 2016). The *b* value for *C. gariepinus* ($b=3.012$) reported in the current study is the same ($b=3.013$) as that reported by Torres (1992) in Lake Kariba and slightly higher than that reported by Nhiwatiwa (2004) ($b=2.75$) in two reservoirs in the Manyame catchment, Zimbabwe, Malilangwe dam ($b=2.81$), Zimbabwe (Dalu et al., 2012) and in Nigeria ($b=2.794$) King (1996). For *M. salmoides*, the *b* value ($b=2.814$) was similar to that by Tarkan et al. (2006) ($b=2.830$) in Lake Iznik, Turkey, but lower than those by Taylor and Weyl (2017) in Mankazana ($b=3.296$), South Africa and in Al-Massira Dam, Morocco ($b=3.282$) Ouahb et al., (2021).

Our findings in this study show that the LWR parameters for *O. niloticus*, *O. mossambicus* and *C. gariepinus* differed from

similar studies elsewhere. These differences may be attributed to food availability (Ricker, 1975), water quality (Sparre et al., 1989), and biological, temporal, and sampling factors (Mehanna & Farouk, 2021). Examples of sampling factors are the catchment area, fish community, fish weights as measured in each work, time of collection, and laboratory personal and instrument errors. However, these factors were not taken into consideration during the present study.

The coefficient of determination (R²) provides good fitness of the regression equation. The R² values in all the fish specimens were higher than 0.94, indicating a linear relationship between the length and weight of the specimens. This observation is consistent with previous studies on fish species from various water bodies (Egbal et al., 2011). These high values of correlation coefficients obtained in the present study mean a good quality of the linear regression prediction for the analysed fish species and suggest that extrapolation in future catches can be done for this size range in the reservoir.

All fish species except *C. gariepinus* had K values greater than one, indicating perfect conditions in the reservoir (Manorama & Ramanujam, 2014). The high condition factor values for the Cichlid species in the study confirmed that they are well adapted to the reservoir environment, which is linked to their ability to support various environmental conditions (Beyeler & Dale, 2001). According to Montchowui et al. (2008), Cichlids have highly variable diets and exhibit ecological and behavioural adaptations, justifying their abundance in lake environments. The K value of *C. gariepinus* (0.7) observed in the current study is higher than that reported by Keyombe et al. (2019) (K=0.567 - 0.644) in Nigeria but smaller than that reported by Iyabo (2017) (K=0.93-0.99) in Kenya. These differences in K values could be a result of several factors such as reproductive cycles, availability of food, as well as habitat and environmental factors (Morato et al., 2001)

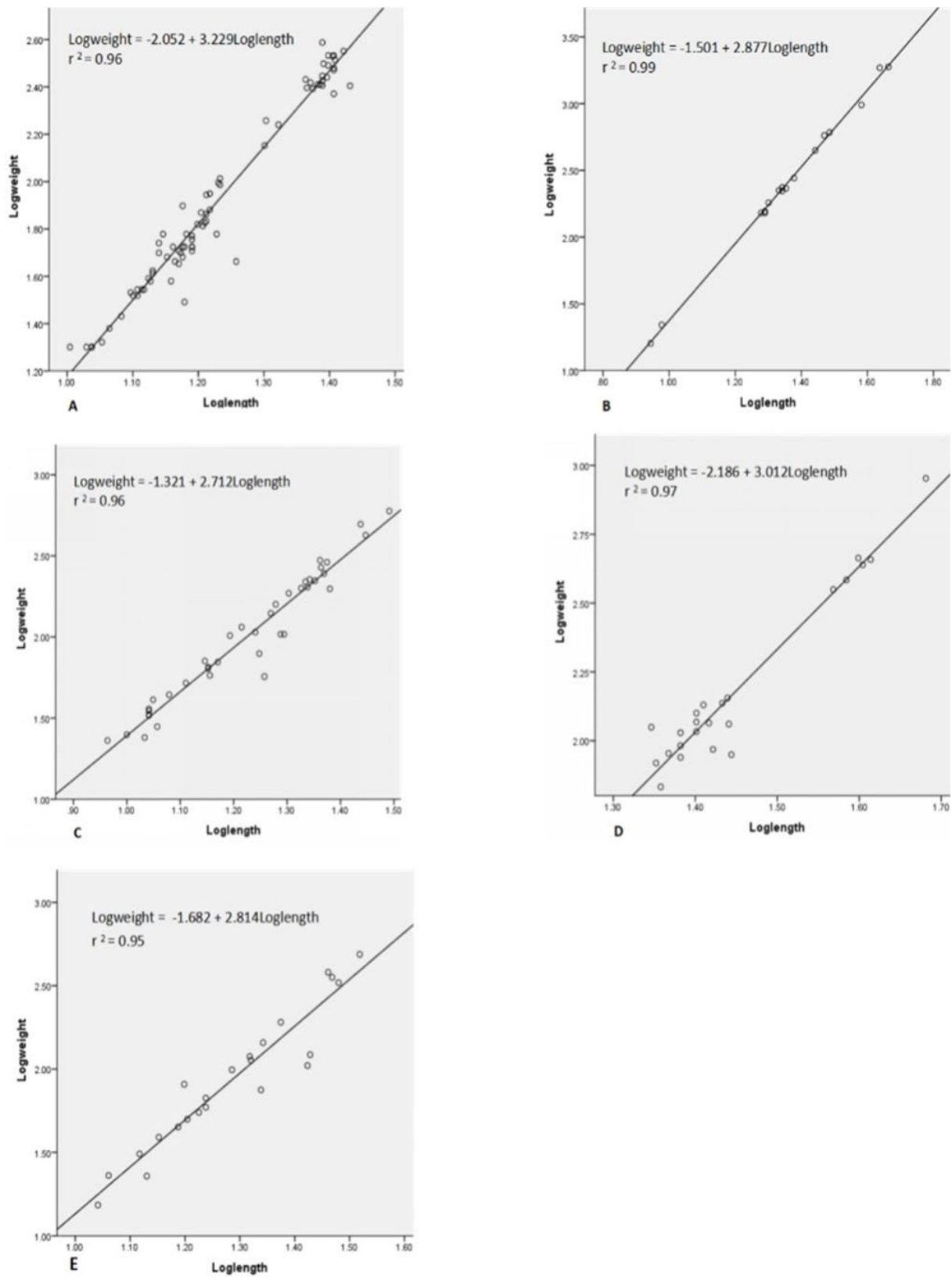


Figure 2. Size weight relationship in the five fish species. **A.** *O. mossambicus*, **B.** *O. niloticus*, **C.** *C. rendalli*, **D.** *C. gariepinus*, **E.** *M. salmoides*

Conclusion

In conclusion, the present study on the length-weight parameters and their condition factors is the first report on these five common fish species in Tugwi-Mukosi Reservoir. Three species had negative allometric growth; one had positive allometry, and another had isometric allometry. While most fish species appear to be in good condition, the results of this study suggest that Tugwi-Mukosi may not yet be an optimal habitat for some resident fish species because it is a relatively young reservoir. The high coefficient of determination values obtained in the assessment of LWRs indicates a good quality of linear regression prediction for the fish species analysed, and this may indicate that future catches in the reservoir can be extrapolated for this size range. These findings add to the understanding of conservation and sustainable management of these fish species in the Tugwi-Mukosi dam. Fisheries decision-makers are therefore advised to regularly monitor and manage anthropogenic activities on the reservoir and catchment to minimise their effects on different habitats, fish breeding areas, and littoral and pelagic zones in the interest of the welfare of the fish species. However, it is worth noting that *O. niloticus* introduced into the reservoir is an invasive species and can seriously threaten native fish communities through competition for food and habitat.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of interest: The authors declare no actual, potential, or perceived conflict of interest for this article.

Ethics committee approval: Ethical approval was not required for this study.

Data availability: Data will be made available on request.

Funding disclosure: No funding provided.

Acknowledgements: We would like to extend our sincerest regards to Alfred Mhere, who provided invaluable support during the fieldwork. We also want to express our sincerest gratitude to the Zimbabwe Parks and Wildlife Management Authority for providing logistical and equipment support during the data collection.

Disclosure: -

References

- Ajagbe, S.O., Odulate, D.O., Idowu, A.A., Ajagbe, R.O., Alao, D.O., & Adekunle, A.O. (2016). Length-weight relationship and condition factor of Redbelly tilapia (*Tilapia zillii*) caught with gillnets in Asejire Lake, Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(1), 448-452.
- Alam, A., Chadha, N.K., Chakraborty, S.K., Joshi, K.D., Kumar, T., Das, S.C.S., & Kumar, J. (2019). Studies on the growth and mortality of invasive *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in sub-tropical Yamuna, part of Gangetic River system, India. *Aquatic Ecosystem and Health Management*, 22(4), 473-480.
<https://doi.org/10.1080/14634988.2019.1690926>
- Anderson, R.O., & Neumann, R.M. (1996). Length, Weight, and Associated Structural Indices. In B.R. Murphy and D.R. (Eds.), *Fisheries Techniques*, American Fisheries Society (pp. 447-481). Bethesda.
- Bagenal, T.B., & Tesch, F.W. (1978). Age and Growth. In T.B. (Ed.), *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water*. 3rd Edn., Blackwell Scientific Publications, Oxford, UK., ISBN-13: 9780632001255, pp: 101-136.
- Baitha, R., Sinha, A., Koushlesh, S.K. Chanu, T.N., Kumari, K., Gogoi, P., Ramteke, M.H., Borah, S., Das, B.K. (2018). Length-weight relationship of ten indigenous freshwater fish species from Gandak River, Bihar, India. *Journal of Applied Ichthyology*, 34, 233-236.
<https://doi.org/10.1111/jai.13555>
- Beyeler, S.C., & Dale, V.H. (2001). Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1, 3-10.
[https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- Blackhart, K., Stanton, D.G., & Shimada, A.M. (2006). NOAA fisheries glossary, revised ed, Office of Science and Technology - National Marine Fisheries Service (pp. 69). NOAA.
- Chazireni, E., & Chigonda, T. (2018). The socio-economic impacts of dam construction: A case of Tokwe Mukosi in Masvingo province, Zimbabwe. *European Journal of Social Sciences Studies*, 3(2), 209-217.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.1410616>

- Dalu, T., Clegg, B., & Nhwatiwa, T. (2012). Length-weight relationships and condition factors of six fish species caught using gill nets in a tropical African reservoir, Zimbabwe. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 68(1), 7579.
<https://doi.org/10.1080/0035919X.2012.733318>
- Dieb-Magalhães, L., Florentino, A.C., Soares, M.G.M. (2015). Length-weight relationships and length at first maturity for nine fish species of floodplain lakes in Central Amazon (Amazon Basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 1182-1184.
<https://doi.org/10.1111/jai.12919>
- Egbal, O.A., Mohammed, E.A., & Afra, A.A. (2011). Length-Weight Relationships and Condition Factors of Six Fish Species in Atbara River and Khashm el- Girba reservoir, Sudan. *International Journal of Agricultural Science*, 3(1), 65-70.
<https://doi.org/10.9735/0975-3710.3.1.65-70>
- Erzini, K. (1994). An empirical study of variability in length-at-age in marine fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 10, 17-41.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1994.tb00140.x>
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, metaanalysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241-253.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>
- Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H., & Luis A.F.J. (2008). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 875-884.
- Giarrizzo, T., Oliveira, R.R.S., Andrade, M.C., Gonçalves, A.P., Barbosa, T.A.P., Martins, A.R., Marques, D.K., Santos, J.L.B., Frois, R.P.S., Albuquerque, T.P.O., Montag, L.F.A., Camargo, M., & Sousa, L.M. (2015). Length-weight and length-length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil). *Journal of Applied Ichthyology*, 31, 514-424.
<https://doi.org/10.1111/jai.12677>
- Gumindoga, W., Chikodzi, D., Rwasoka, D., Mutowo, G., Togarepi, S., & Dube, T. (2014). The spatial variation of the 2014 Tokwe-Mukosi Floods: a GIS and remote sensing-based approach. *Journal of Science, Engineering & Technology*, 1(2), 4-13.
- Hajje, G., Hattour, A., Allaya, H., Cherif, M., Bouain, A., & Jarboui, O. (2010). Length-weight relationships for 13 fish species from the Gulf of Gabes (Southern Tunisia, Central Mediterranean). *African Journal of Biotechnology*, 9 (37), 6177-6181.
- Herald (2022). Fishing in Tugwi Mukosi Dam. Retrieved from <https://www.tugwimukosidam.com/fishing-in-tugwi-mukosi-dam/> (accessed 01.10.22).
- Iyabo, U.B. (2017). Length-weight relationship and condition factor of *Clarias gariepinus* of Cross River Basin (Ndibe Beach) at Afikpo, South Eastern Nigeria. *Continental Journal of Agricultural Science*, 9(1), 14-21.
- Keyombe, J.L., Waithaka, E., & Obegi, B. (2015). Length-weight relationship and condition factor of *Clarias gariepinus* in Lake Naivasha, Kenya. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(6), 382-385.
- Khallaf, E.A., Galal, M., & Authman, M. (2003). The Biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology*, 12, 405-416.
<https://doi.org/10.1023/A:1026156222685>
- King, R.P. (1996). Length-weight relationships and related statistics of 73 populations of fish occurring in inland waters of Nigeria. *Naga ICLARM*, 19, 49-52.
- Lagler, K.F. (1952). Freshwater fishery biology. Second edition. William C. Brown, Dubuque, Iowa, USA.
- Le Cren, E.D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20, 201-219.
<https://doi.org/10.2307/1540>
- Magqina, T., Mungenge, C., & Mawoyo, K.A. (2021). Fish diversity and composition of Tugwi Mukosi Dam, Zimbabwe's largest inland reservoir post impoundment. *Aqua. Fish and Fisheries*, 1-9.
<https://doi.org/10.1002/aff2.24>
- Manorama, M., & Ramanujam, S.N. (2014). Condition factor and relative condition factor of an ornamental fish, *Puntius shalynius* Yazdani and Talukdar in Meghalaya, India. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 4(2), 77-81.

- Marshall, B. (2011).** Fishes of Zimbabwe and their biology. Smithiana Monograph 3. Grahamstown: South African Institute for Aquatic Biodiversity.
- Mac Gregoer, J.S. (1959).** Relation between fish condition and population size in the sardine (*Sardinops cacrulea*). *U.S. Fishery Wild Service, Fish Bulletin*, 60, 215-230.
- Mehanna, S.F., & Farouk, A.E. (2021).** Length-weight relationship of 60 fish species from the Eastern Mediterranean Sea, Egypt (GFCM-GSA 26). *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.625422>
- Mohamed, A.R.M., & Salman, A.N. (2021).** Comparison of length and weight characteristics of *O. niloticus* and *O. aureus* from Garmat Ali River, Iraq. *Asian Journal Fisheries and Aquatic Research*, 39-51. <https://doi.org/10.9734/ajfar/2021/v11i230200>
- Montchowui, E.A. Chikou, M.J. Kogbeto, & Laleye, P. (2008).** Biodiversity and structure of Hlan Lake fish communities in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 2, 196-206.
- Nhiwatiwa, T. (2004).** The limnology and ecology of two small man-made reservoirs in Zimbabwe thesis, Department of Biological Sciences, Faculty of Science, University of Zimbabwe (pp. 92). Zimbabwe.
- Ouahb, S., Bousseba, M., Ferraj, L., El Moujtahid, A., & Hasnaoui, M. (2021).** Weight-length relationship and relative condition factor of *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802), *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) caught in the Al-Massira Dam Lake. *E3S Web of Conferences*, 314, 01005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131401005>
- Torres, F.S.B. (1992).** Length-weight relationships of Lake Kariba fishes. *Naga, the ICLARM Quarterly*, 15, 4243.
- Pauly, D. (1983).** Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Technical Paper, FAO (pp. 234: 52). Rome.
- Ragheb, E. (2023).** Length-weight relationship and well-being factors of 33 fish species caught by gillnet from the Egyptian Mediterranean waters off Alexandria. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 49(3), 361-367. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2023.01.001>
- Ricker, W.E. (1975).** Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fisheries Research Board Canada Bulletin*, 191, 1-382.
- Runeta, P.O. (2014).** BSc. Wildlife and Livestock thesis, Faculty of Department of Wildlife and Management. Faculty of Natural Resources Management and Agriculture, Midlands State University, Zimbabwe.
- Sinovicic, G., Franicevic, M., Zorica, B., & Ciles-Kec, V. (2004).** Length-weight and length-length relationships for 10 pelagic fish species from the Adriatic Sea (Croatia). *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 156-158. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00519.x>
- Shendge, A.N. (2005).** Length-weight relationship and relative condition factor in *Oreochromis mossambicus* (Peters) of Bhima River. *Journal of the Inland Fisheries Society of India*, 32, 135139.
- Shija, B.S. (2020).** Length-Weight Relationship and Fulton's Condition Factor of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L., 1758) in Lake Chamo, Ethiopia. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 5(2).
- Skelton, P. (2001).** A complete guide to the freshwater fishes of southern Africa. Cape Town: Struik.
- Sparre, P., Ursin, E. & Venema, S.C. (1989).** Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manuel. FAO Fisheries Technical Paper. No. 306.1. FAO.
- Tarkan, B.A.S., Gaygusuz, O., Acipinar, H., Gürsoy, C., & Özuluğ, M. (2006).** Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 22 (4), 271-273. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00711.x>
- Taylor, B.G.C., & Weyl, O.L.F. (2017).** Age, growth and reproduction of non-native largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802) populations in two temperate African impoundments. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(4), 767-775. <https://doi.org/10.1111/jai.13353>

Waithaka, B.E., Yongo, E., Outa, N., & Mutethya, E. (2020). Population biology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Lake Naivasha, Kenya. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 25(2), 244-249.

<https://doi.org/10.1111/lre.12319>

Wootton, R.J. (1991). Ecology of teleost fishes. Fish and Fisheries Series 1. Chapman and Hall Ltd (pp. 404). London.

Yem, B.I.Y., Bankole, N.O., Umar, R., Ibrahim, A., &

Ewutanure, S.J. (2020). Food habit and growth pattern of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* in Wase Dam, Nigeria. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 8(4), 257-260.

Zaher, B., Rahman, F.M., Rahman, B.M.S., Alam, A.M.A., Pramanik, M.H. (2015). Lengthweight relationship and GSI of hilsa, *Tenualosa ilisha* (Hamilton, 1822) fishes in Meghna River, Bangladesh. *International Journal of Natural and Social Sciences*, 2, 82-88.



The effects of dietary cadmium on growth, antioxidant defence system and feed evaluation performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Ayşe GÜNDOĞDU¹, Fatma Burcu HARMANTEPE²

Cite this article as:

Gündoğdu, A., Harmantepe, F.B. (2024). The effects of dietary cadmium on growth, antioxidant defence system and feed evaluation performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Research*, 7(2), 93-104. <https://doi.org/10.3153/AR24009>

¹ Sinop University, Faculty of Aquaculture, Department of Basic Fisheries Sciences, TR57000, Sinop, Türkiye

² Canakkale Onsekiz Mart University, Biga Vocational School, 17200, Biga, Canakkale/Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

A.G. 0000-0003-1323-1003

F.B.H. 0000-0002-3277-396X

Submitted: 05.12.2023

Revision requested: 04.01.2024

Last revision received: 10.01.2024

Accepted: 06.02.2024

Published online: 30.03.2024

ABSTRACT

The present study was carried out to determine the effect of dietary cadmium exposure on growth performance, changes in manganese, zinc, copper, calcium, magnesium, iron, selenium, and cadmium metals in liver and muscle tissue, liver antioxidant enzymes, and the histology of the fish. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with weights of 39.45 ± 1.13 g was used in the experiment conducted in 2 groups and three replicates. The Control group was fed a cadmium-free diet, and the Cadmium group was fed a diet containing $5.03 \mu\text{g/kg}$ of cadmium twice a day until satiation. It was determined that cadmium intake through the diet affected growth rate and the feed evaluation performance negatively. In fish exposed to cadmium, manganese, zinc, copper, calcium, magnesium, iron, selenium, superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase values in both muscle and liver tissues were significantly ($p < 0.05$) decreased, whereas cadmium levels in muscle and liver and malondialdehyde levels in liver were significantly ($p < 0.05$) increased. The histopathological examination of the liver revealed that cadmium caused liver damage. These results showed that rainbow trout exposed to dietary cadmium were highly sensitive to the metal, and the decreased levels of metals such as copper, zinc, manganese, and selenium in the liver tissue, which are involved in the antioxidant defence system, can be considered an indicator of the weakening of the antioxidant defence system.

Keywords: *Oncorhynchus mykiss*, Cadmium, Feed, Growth, Antioxidant defense system, Histology

Correspondence:

Fatma Burcu HARMANTEPE

E-mail: bharmantepe@comu.edu.tr



© 2024 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

Introduction

Cadmium (Cd) is a metal that does not have any biological function in living organisms (van Dyk et al., 2007) and is also a metal in the group of heavy metals that cause pathogenic and biochemical (enzymatic) changes (Liu et al., 2011; Noor et al., 2020). Cd enters the bloodstream through the respiratory gills and digestive system, reaching all tissues and organs (Squadro et al., 2013). Many factors, such as the concentration of the metal, contact time, fish species, size, and physico-chemical properties of the water, as well as the route of entry of the metal into the body, are effective in the accumulation and distribution of the metal in the tissues of fish (Dang & Wang, 2009; Gündoğdu et al., 2009; Yeşilbudak & Erdem, 2014; Li et al., 2018; Shekh et al., 2018; Özen & Pak, 2020; Varol et al., 2022; Kaçar, 2024). Entering the body through the digestive system, Cd is absorbed from the stomach and small intestine (Ojo & Wood, 2007). The blood is transported to organs by binding to metallothioneins (MT), albumin, and proteins with thiol groups (Thevenod, 2003). Cd is mostly stored in the metabolically active liver and kidney, bound to MTs and thiol groups of proteins (Kargin, 1996). MTs are fish's primary Cd-binding and storage proteins (Mcgeer et al., 2012; Genchi et al., 2020). Liver MT protein synthesis results in a high accumulation of Cd in the liver due to MT's rich thiol group content (Gündoğdu et al., 2009).

Oxidative stress is a condition that occurs due to the decrease in antioxidant enzymes in parallel with the increase in free radicals in the cell (Özcan et al., 2015). Following exposure to Cd, metals such as zinc (Zn), calcium (Ca), copper (Cu) and iron (Fe) in enzymes are replaced by Cd, causing the release of these metals. Increasing metal concentration accelerates the formation of free radicals. In addition, Cd binds to thiol and sulfhydryl groups of enzymes that capture free radicals to inhibit antioxidant enzymes such as catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GPX), increasing free radicals (Matović et al., 2015). Free oxygen radicals (ROS) oxidise PUFAs (polyunsaturated fatty acids) in cell membranes as a result of insufficiency of the antioxidant system, leading to the disruption of the cell membrane structure, breaks in mitochondrial and nuclear DNA, as well as the breakdown of proteins and loss of enzymatic activity (Romero et al., 2011; Özcan et al., 2015). For this reason, the concentration of CAT, SOD, and GPx enzymes in fish exposed to heavy metals is measured in order to evaluate the condition of the antioxidant defence system, thereby determining the degree of toxicity (Talas et al., 2008; Almeida et al., 2009; Pan et al., 2018; Li et al., 2018).

Malondialdehyde (MDA) levels in tissues and blood are important oxidative stress and antioxidant capacity indicators.

MDA is an end product of the oxidation reaction of PUFAs in cells. Increased MDA levels brought on by oxidative stress indicate that organs and tissues have been damaged. Therefore, in heavy metal toxicity studies conducted with fish, in addition to histological analyses on tissue samples obtained to determine the potential damage in tissues and organs resulting from exposure to heavy metals, MDA levels in tissues are examined as well (Pan et al., 2018).

It has been reported that information about oxidative stress and antioxidant enzyme activities can be obtained from the concentrations of specific metals in living tissues (Stephanie Fontagne'-Dicharry et al., 2015; Eken, 2017). These metals include Fe, which mediates the formation of HO from H₂O₂ or lipid hydroperoxides via the Fenton reaction, and copper, Zn, manganese (Mn) and selenium (Se), cofactors for some antioxidant enzymes. Cu, Zn and Mn are cofactors of SOD enzyme and Se is a cofactor of GPx enzyme. These minerals are critical for the antioxidant defence system to function properly and serve many other essential purposes in living things, including fish. Examples include involvement in bone and tissue formation, cellular respiration, cellular homeostasis, immune system, oxygen transport, energy metabolism, electron transport, Ca absorption, fat, and carbohydrate metabolism (Lall & Kaushik, 2021).

Energy is produced in the mitochondria within the cell. Cd can accumulate in mitochondria, disrupting electron flow, affecting aerobic respiration, and reducing adenosine triphosphate (ATP) production (Genchi et al., 2020). Structural and functional alterations have been reported in the mitochondria of aquatic organisms exposed to Cd. Studies on fish have also reported that mitochondrial respiration decreases in parallel with increased Cd concentration (Dai et al., 2020; Qiu et al., 2021).

The growth performance of fish is an important parameter indicating its overall health. Therefore, when assessing Cd toxicity, growth rate must be taken into account in addition to Cd accumulation in tissues (Dang & Wang, 2009). Several studies concerning the toxicity of Cd also determined growth and feed evaluation parameters (Abdel-Tawwab & Wafeek, 2014; Li & Xie, 2019; Hu et al., 2022). The objective of this study was to assess the impact of dietary Cd on the growth of rainbow trout, feed evaluation performance, Cd accumulation in the tissues of the muscles and liver, the distribution of vital minerals (Fe, Cu, Zn, Mn, Se, and Ca), liver antioxidant enzyme activity, and liver histology.

Materials and Methods

Trial Planning and Sampling

The experiment was conducted at Sinop University, Faculty of Fisheries, Research and Application Center. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry obtained from a private trout enterprise (Kuzey Su Ürünleri San. and Tic. LTD. STI) were used in the experiment. Rainbow trout fry, which did not contain Cd in their tissues, were used in the experiment. The fry used in the experiment was fed with commercial trout feed in stock tanks for 4 weeks to adapt to their new environment. After the acclimatisation period, the fish were placed in cylindrical fibreglass tanks with a capacity of 350 L. In each tank, 30 rainbow trout with an average weight of 39.45 ± 1.13 g were placed (180 fish). Six tanks were used in the experiment set up in 2 groups and three replicates. The fish were fed twice daily (9:00–16:00) until they were satiated for 48 days during the 52-day experiment. Fish were starved for 24 hours before sampling. Three fish from each tank were sampled to determine the amount of cadmium accumulated in the liver and muscle tissue of the fish at the beginning and 12-day periods of the experiment, its metal composition, and also to determine the nutritional content of the fish meat at the beginning and end of the experiment. At the end of the experiment, three fish samples were taken from each tank for liver antioxidant enzyme parameters and histopathological examination of liver tissue. High doses of anaesthetic (400 mg/L, MS-222, Fluka, Sigma-Aldrich, USA) were administered to the fish during sampling. Water temperature, pH (WTW 3110 SET2), and O₂ (YSI Multiparameter Professional Plus) values were $15.97 \pm 0.47^\circ\text{C}$, 8.41 ± 0.02 and 8.14 ± 0.12 mg/L, respectively.

The control group was fed with commercial pellet feed (Gümüşdoğa Feed), and the Cd group was fed with commercial pellet feed containing 5.03 mg/kg cadmium (Cd). For this purpose, cadmium chloride (CdCl₂) was added to the pellet feed, the nutrient composition of which is given in Table 1. While preparing the feeds containing CdCl₂, 00 mL/kg oil-water mixture (20 mL water + 80 mL sunflower oil to 1 kg feed) and 9.79 mg/kg CdCl₂ were mixed into the spray bottle until CdCl₂ dissolved in oil. The mixture was sprayed on the pellet feed. The feeds were mixed for 10 minutes to ensure a homogeneous distribution of CdCl₂ in the pellet feed. To avoid any differences in the nutrient composition of the feeds, 100 mL/kg of an oil-water mixture was sprayed and combined with the feed of the control group using a spray bottle. The prepared feeds were packaged and kept at +4 °C until used.

Table 1. Proximate composition of the diet

| Nutrient composition | |
|----------------------|----------|
| Moist (%) | 7.3 |
| Crude protein (%) | 47.7 |
| Crude lipid (%) | 20.7 |
| Ash (%) | 12.1 |
| NFE + crude fibre | 19.5 |
| Cd (µg/ kg) | 5.03 |
| Cu (mg/ kg) | 13.80 |
| Zn (mg/ kg) | 163.57 |
| Mn (mg/ kg) | 68.81 |
| Se (mg/ kg) | 1.18 |
| Fe (mg/ kg) | 258.48 |
| Ca (mg/ kg) | 33947.89 |
| Mg (mg/ kg) | 1846.38 |

Cd: Cadmium; Cu: Copper; Zn: Zinc; Mn: Manganese; Se: Selenium; Fe: Iron; Ca: Calcium; Mg: Magnesium
^a Nitrogen free extract (NFE) + Crude fiber = 100 – (Crude protein + Crude lipid + ash)

Growth Performance

Condition Factor (CF), Specific Growth Rate (SBO), and Feed Conversion Ratio (FCR) were calculated using the formulas given below.

$$\text{CF} = (\text{Fish weight} / \text{Cube of fish length}) \times 100$$

$$\text{SGR, \%} = (\text{Ln (Final weight)} - \text{Ln (Initial weight)}) / \text{day} \times 100$$

$$\text{FCR} = \text{Feed consumption, g} / \text{Weight gain, g}$$

Nutrient Analysis

The AOAC (1995) (Association of Official Analytical Chemists) protocols were applied to determine the nutrient composition of the fish muscle and experimental diets. Crude protein (Nx6.25) was determined by the Kjeldahl method, dry matter content was determined by drying the samples at 105°C for 12 hours, crude ash was determined by incineration in a muffle furnace at 550°C for 12 hours, and crude lipid content was determined by ether-extraction using the Soxhlet system.

Metal Analysis

Metal concentrations of the samples were determined by an Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (Agilent Technologies / 7700X ICP-MS Systems, Santa Clara, U.S.) using the EPA 200.3 method. Multi-element standard solutions supplied by Agilent (27-element mix: 8500-6940 2A and 8500-6940 Hg) were used for calibration curves. Agilent-supplied multi-element standard solutions (27-element

mix: 8500-6940 2A and 8500-6940 Hg) were used for calibration curves (Milestone, 2018).

Liver Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzyme Analysis

After being rinsed with a physiological saline solution containing 0.59% NaCl, the liver tissue was stored at -80 °C until biochemical analyses were performed; then, it was diluted 1/10 (w/v) in 0.1M sodium-phosphate buffer containing 1.17% KCl (pH 7.4) and homogenised on ice for 4 min (Ultra Turax T-18). After centrifugation at 16000 rpm for 10 min at +4 °C, supernatants were obtained (Nuve NF 800R).

Superoxide Dismutase (SOD) values were determined by the method developed by Sun et al. (1988), and Catalase Activity (CAT) was determined according to the method by Aebi (1984). Glutathione peroxidase (GPx) enzyme activity was measured according to the method of Paglia & Valentine (1967). Total protein levels of tissue supernatants were determined by Lowry's method (Lowry et al., 1951), and Malondialdehyde (MDA) levels were determined according to the method of Ohkawa et al. (1979).

Histopathological Analysis

Histopathological analysis was performed as described in Dai et al. (2020). Liver samples fixed in 10% neutral buffered formaldehyde were dehydrated in ethanol. The dehydrated tissues were washed with xylene, embedded in parafilm, and cut into 5 µm sections. Sections were stained with hematoxylin and eosin, and the stained preparations were observed under a light microscope.

Statistical Analysis

Growth, feed evaluation parameters, nutrient composition of fish meat, lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in liver tissue were tested by T-test, Cu, Zn, Mn, Se, Fe, Ca, and Mg concentrations in muscle and liver tissues were tested by a two-way ANOVA. A one-way ANOVA tested muscle and liver Cd concentrations—Tukey's test assessed group differences in cases where metal concentrations in liver and muscle tissues differed significantly. Statistical analyses were executed using the SPSS Statistics 26 software. The values obtained were expressed as mean ± standard deviation, and differences below $p < 0.05$ were considered significant.

Results and Discussion

Growth and feed evaluation data are given in Table 2. The end-of-trial weight, CF, and SGR of rainbow trout-fed Cd-containing feed were significantly ($p < 0.05$) lower than those of the control group. The best FCR values were found in the control group ($p < 0.05$).

The findings of this study are consistent with those of several other studies that found growth regression in fish exposed to cadmium in their natural habitat, including those conducted by Paul and Small (2021) on channel catfish (*Ictalurus punctatus*), Abdel Tawwab et al., (2014) with Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) for eight weeks, Hu et al. (2022) with Zebra fish for 48 days, Lie and Xie (2019) with *Silurus meridionalis* for eight weeks, and Dai et al. (2020) with *Procypris merus* exposed to 0, 0.25, and 0.5 mg/L Cd for 30 days. In contrast to these studies, Dang & Wang (2009), in a 28-day study in which they exposed *Terapon jarbua* to dietary Cd, Giacomini et al. (2018) in a 35-day experiment in which they exposed Amazon tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary Cd, reported that dietary intake of Cd did not affect growth. After 60 days of exposure to varying concentrations of Cd, Almeida et al. (2002) reported that while Cd did not affect growth parameters, it did reduce feed intake in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Table 2. Growth and feed utilisation

| | Initial | Control | Cd Group | P value |
|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Initial Weight | 39.45 ±1.13 | | | |
| Initial CF | 1.13 ±1.16 | | | |
| FW | | 91.36 ±4.56 ^a | 79.31 ±4.51 ^b | 0.009 |
| Final CF | | 1.40 ±0.03 ^a | 1.36 ±0.07 ^b | 0.205 |
| SGR | | 1.74 ±0.01 ^a | 1.46 ±0.04 ^b | 0.000 |
| FCR | | 0.92 ±0.13 ^b | 1.07 ±0.10 ^a | 0.047 |

CF: Conditional factor; FW: Final weight; SGR: Specific growth rate; FCR: Feed conversion ratio. Values represent the mean and standard deviation. Different superscript letters indicate the significant differences ($P < 0.05$) between the treatments.

In studies conducted with copper, a heavy metal, negative effects on growth and feed evaluation have been determined. In one of these studies, Gündoğdu et al. (2009) recorded a decline in growth and feed evaluation parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with Cu-added feed compared to the control group. According to Ali et al. (2003), when the copper concentration in the water increased, the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth parameters and feed intake significantly decreased. This decrease in growth was associated with a decrease in food intake. It was further discovered that copper exposure slowed muscle activity while speeding up the metabolism in the liver and gills. According to reports, the decline in muscle activity may have been a reaction to a decrease in energy demand, and the metal may have impacted the nervous system of the fish. Furthermore, it was reported that because of the linear relationship between growth and metabolic rate, changes in growth rate are expected to cause changes in the metabolism as well. In a similar study, Giacomini et al. (2018) reported a decrease in

feed intake or feed evaluation rate following exposure to Cd, bringing the possibility that Cd may reduce metabolism or directly affect brain hormones that regulate hunger and satiety in addition to possibly impacting the palatability of the diet.

Deterioration in feed evaluation ratio means lower body weight is attained with the consumed feed. The deterioration detected in feed evaluation raises the first concern regarding nutrient absorption from the feed. For the nutrients to be processed by the fish body (energy production, synthesis of new tissues, etc.), the digested nutrients must pass through the intestines and enter the bloodstream, reaching the cell and its organelles. Transmission is impossible in case of structural defects in the intestines or within cells and organelles, particularly in the cell membrane. Previous studies have observed tissue damage following metal exposure (Liu et al., 2011; Pan et al., 2018; Noor et al., 2020). PUFAs, which make the cell membrane permeable, are known to oxidise and interfere with cell permeability (Özcan et al., 2015). The inability to utilise nutrients as they enter the cell and mitochondria leads to a failure to adequately produce the energy required for growth, development, and survival. Moreover, the energy generated may have been used to produce antioxidant defence enzymes (SOD, CAT, GPx) to neutralise ROS released after exposure to the metal and MTs, which enable the metal to be eliminated from the body. These processes could also be contributing factors to the decline in growth.

Table 3 shows the nutrient composition of fish meat. At the end of the experiment, there was no significant difference ($p>0.05$) in dry matter, crude protein, and crude ash values, but lipid content in fish meat was determined to be higher ($p<0.05$) in the Cd-treated group in comparison to the control

group. Similar to this study, Liu et al. (2011) reported that the amount of lipids in the total body and liver tissue increased with Cd exposure, and the reason for this increase was impaired lipid metabolism following Cd exposure.

Heavy metal concentrations in fish tissues are known to increase with length of exposure (Gündoğdu et al., 2009; Yeşilbudak & Erdem, 2014; Özen & Pak, 2020). Through their gills and gastrointestinal openings, fish absorb Cd from their food and the water environment they live in. Cd is taken into the body and spreads to different organs and tissues (Squadro et al., 2013; Li et al., 2018). Cd is accumulated mostly in liver and kidney tissue in fish (Bustamante et al., 2003; Cirillo et al., 2012; Mashroofeh et al., 2013; Squadro et al., 2013; Li et al., 2018). Most recent studies have focused on determining the effects of heavy metals incorporated into the aquatic habitat (Abdel Tawwab & Wafeek, 2014; Li et al., 2018). Fewer studies have been conducted on the accumulation rate of heavy metals from dietary intake in tissues, along with fish's growth and feed evaluation performance. This study demonstrated a significant ($p<0.05$) increase in Cd concentrations in muscle and liver tissues of rainbow trout when exposed to Cd through dietary intake for 48 days (Table 4). The highest Cd concentration was detected in liver tissue. In previous studies conducted with rainbow trout and other fish species, Cd concentration in liver tissue was higher than in muscle tissue in all sampling periods (Rome'ó et al., 2000; Kondera et al., 2014; Özen & Pak, 2020). The higher accumulation of Cd in the liver can be explained by the metabolically active nature of the liver, the presence of MTs in the liver and the binding of Cd to MTs (Vallee, 1995; Thevenod, 2003). During the experiment, the control group showed no Cd in either muscle or liver tissue.

Table 3. Proximate composition of fish muscle

| | Initial | Control | Cd Group | P value |
|---------------|---------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Dry Matter | 25.12 | 26.17 ±0.10 ^a | 25.99 ±0.16 ^a | 0.251 |
| Crude protein | 20.42 | 18.43 ±0.41 ^a | 18.28 ±0.20 ^a | 0.341 |
| Crude lipid | 2.49 | 5.05 ±0.18 ^a | 4.81 ±0.28 ^b | 0.045 |
| Ash | 2.21 | 2.69 ±0.10 ^a | 2.89 ±0.11 ^a | 0.184 |

Values represent the mean and standard deviation. Different superscript letters indicate the significant differences ($P<0.05$) between the treatments.

A decrease in Cu, Zn, Mn, Se, Fe, Ca and Mg values in the muscle and liver tissues of the Cd group was recorded in the experiment (Table 4). Cu concentration in the muscle tissue of the Cd group was significantly lower ($p<0.05$) at all periods compared to the control group. In comparison, the Zn level in the muscle tissue of the control group showed a significant difference ($p<0.05$) on the 48th day, while The Zn level in the liver tissue was found to be the highest ($p<0.05$) beginning on the 30th day. Mn level in muscle tissue showed a significant ($p<0.05$) decrease from day 24, while Mn level in liver tissue significantly ($p<0.05$) decreased from day 36 compared to the control group. Se level in the muscle tissue did not change over time in the control group, whereas it showed a significant ($p<0.05$) decrease in the Cd group from day 12 compared to the control group. Although Se levels in liver tissue decreased with time, a significant ($p<0.05$) difference was detected at day 36. The Fe level in muscle tissue

started to decrease on the 12th day ($p<0.05$), and the lowest Fe value was obtained on the 48th day in the Cd-fed groups compared to the control group. The Fe level in the liver tissue did not change with time in the control group, while a significant decrease ($p<0.05$) was detected in the Cd group at the 24th sampling period, and the lowest Fe value was detected on the 48th day. The Ca content in muscle tissue showed a significant decrease ($p<0.05$) starting from the 24th sampling period in comparison to the control group, while the significant ($p<0.05$) decrease in liver tissue started at the 12th sampling period and the lowest Ca value was determined on the 48th day. Mg levels in muscle tissue were significantly lower ($p<0.05$) in the Cd group compared to the control group in all periods. While liver Mg concentration increased with time ($p<0.05$) in the control group, it was found to be significantly ($p<0.05$) lower and showed a decrease ($p<0.05$) with time ($p<0.05$) in the Cd-fed group compared to the control group.

Table 4. Metal composition of muscle and liver of rainbow trout (units $\mu\text{g}/\text{kg}$ ww for Cd, mg/kg ww for other metals)

| | Cd | Cu | Zn | Mn | Se | Fe | Ca | Mg |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Control | | | | | | | | |
| MUSCLE | | | | | | | | |
| 12. day | - | 0.64±0.02 ^b | 7.57±0.01 ^{ab} | 0.38±0.01 ^{ab} | 0.66±0.02 ^a | 4.99±0.01 ^b | 379.38±4.77 ^{ab} | 350.32±3.43 ^b |
| 24. day | - | 0.69±0.01 ^a | 7.15±0.02 ^{bc} | 0.35±0.03 ^b | 0.70±0.00 ^a | 5.08±0.01 ^{ba} | 398.27±3.77 ^a | 381.43±1.32 ^a |
| 36. day | - | 0.63±0.03 ^b | 6.99±0.02 ^{bc} | 0.35±0.01 ^b | 0.70±0.02 ^a | 5.28±0.01 ^a | 361.32±3.06 ^b | 365.37±2.57 ^{ab} |
| 48. day | - | 0.60±0.01 ^b | 8.11±0.00 ^a | 0.40±0.01 ^a | 0.69±0.00 ^a | 4.76±0.02 ^c | 391.56±2.14 ^a | 350.98±3.45 ^b |
| Cd Group | | | | | | | | |
| MUSCLE | | | | | | | | |
| 12. day | 3.20±0.15 ^d | 0.54±0.01 ^c | 7.78±0.28 ^a | 0.34±0.02 ^b | 0.47±0.01 ^b | 4.08±0.04 ^d | 385.47±5.93 ^a | 326.91±13.85 ^c |
| 24. day | 5.90±0.14 ^c | 0.39±0.02 ^d | 7.08±0.60 ^{bc} | 0.19±0.02 ^c | 0.42±0.02 ^b | 3.24±0.12 ^e | 335.98±9.67 ^c | 309.14±8.69 ^d |
| 36. day | 10.03±0.36 ^b | 0.40±0.01 ^d | 6.79±0.24 ^c | 0.19±0.01 ^c | 0.39±0.01 ^b | 3.25±0.12 ^e | 282.11±2.92 ^d | 291.83±3.66 ^e |
| 48. day | 14.23±0.69 ^a | 0.39±0.03 ^d | 5.36±0.33 ^d | 0.15±0.02 ^c | 0.39±0.02 ^c | 3.03±0.15 ^f | 120.62±17.30 ^e | 250.80±6.48 ^f |
| P Value | | | | | | | | |
| Time | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.034 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Group | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Time x Group | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Control | | | | | | | | |
| LIVER | | | | | | | | |
| 12. day | - | 69.71±0.02 ^a | 33.87±0.01 ^a | 1.59±0.01 ^a | 1.04±0.05 ^c | 85.27±0.10 ^a | 342.55±1.13 ^c | 300.23±1.34 ^d |
| 24. day | - | 72.84±0.04 ^a | 34.63±0.02 ^a | 1.63±0.02 ^a | 1.17±0.03 ^{bc} | 84.18±0.06 ^a | 376.28±1.86 ^a | 325.16±2.06 ^c |
| 36. day | - | 74.26±0.04 ^a | 32.98±0.02 ^{ab} | 1.55±0.11 ^a | 1.09±0.09 ^c | 85.43±0.19 ^a | 341.25±1.71 ^c | 331.36±1.47 ^b |
| 48. day | - | 73.99±0.04 ^a | 33.27±0.01 ^{ab} | 1.68±0.10 ^a | 1.28±0.10 ^{ab} | 85.30±0.34 ^a | 348.96±2.06 ^b | 346.36±1.93 ^a |
| Cd Group | | | | | | | | |
| LIVER | | | | | | | | |
| 12. day | 5.37±0.59 ^d | 73.03±3.13 ^a | 32.33±1.02 ^{ab} | 1.51±0.28 ^a | 1.34±0.01 ^a | 82.64±3.59 ^a | 287.22±0.88 ^d | 195.70±3.93 ^e |
| 24. day | 38.94±0.64 ^c | 56.03±5.85 ^b | 30.96±2.74 ^b | 1.46±0.03 ^a | 1.04±0.03 ^c | 66.54±6.72 ^b | 237.75±0.67 ^e | 179.07±2.71 ^f |
| 36. day | 43.00±0.77 ^b | 42.21±0.47 ^c | 24.59±1.01 ^c | 1.25±0.02 ^b | 0.81±0.04 ^d | 56.10±2.38 ^c | 169.21±1.85 ^f | 180.91±1.18 ^f |
| 48. day | 68.27±0.40 ^a | 11.11±0.39 ^d | 23.58±0.36 ^c | 1.07±0.05 ^b | 0.73±0.02 ^d | 48.19±1.83 ^d | 117.03±1.96 ^g | 171.39±3.57 ^g |
| P value | | | | | | | | |
| Time | | 0.000 | 0.000 | 0.021 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Group | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| Time x Group | | 0.000 | 0.000 | 0.004 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

Values represent the mean and standard deviation. Different superscript letters indicate the significant differences ($P<0.05$) between the treatments.

In previous studies conducted with fish species other than rainbow trout, decreases in Cu, Zn, Mn, Se, Fe, Ca, and Mg values in fish tissues were detected at various times following exposure to Cd. For example, Castaldo et al. (2020) reported that Mg content in the liver of common carp (*Cyprinus carpio*) decreased at the end of 1 week following exposure to a mixture of Cu, Zn, Cd metal, while Mg content in the muscle did not show any change. Paul et al. (2021) did not detect a decrease in Ca, Cu, Fe and Zn values in muscle, liver, and kidney tissues of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) after exposure to Cd in their sampling at three months, while they detected a decrease in Ca, Cu, Fe and Zn values in muscle and liver tissues at six months. Liu et al. (2021) reported that Na content decreased in the carcass of catfish (*Silurus meridionalis*) following exposure to Cd, while Ca content was not affected by Cd exposure. According to the study results, the type of fish could significantly impact the duration of the decline in metal levels in tissues. Hence, Sheikh et al. (2018) reported in their study conducted with rainbow trout and sturgeon that life stage and fish species were important factors influencing Cd uptake, while trout were more Cd sensitive than sturgeon. The same study also reported that Cd intake significantly decreased the total body Ca in trout but did not have the same effect in sturgeon. Previous studies on fish have found that gastrointestinal uptake of Cd occurs in all parts of the stomach and intestines (Ojo & Wood, 2007; Mcgeer et al., 2012). Kwong et al. (2010) reported in their studies with trout that Cd follows the same pathway as Fe uptake in the intestine, leading Cd to interfere with Fe uptake.

Free radicals cause lipid peroxidation (Nam, 2011). Although Cd does not directly produce ROS, it indirectly causes the

production of free radicals by affecting the mitochondrial electron transfer chain or increasing glutathione consumption (Romero et al., 2011). Aldehydes formed by lipid peroxidation in the presence of free radicals form cross-links with proteins, nucleic acids and lipids. MDA is the most important aldehyde among the degradation products of lipid peroxides (Ahmed et al., 2024). MDA is a widely used indicator of oxidative damage in cells and tissues (Zengin, 2018). In the current study, a significant ($p < 0.05$) increase (Table 5) was detected in the MDA value in samples taken from the liver tissue of rainbow trout exposed to Cd in comparison to the control group. Another study with rainbow trout reported that MDA value in the liver increased after exposure to Cd (2 ppm) for one week (Talas et al., 2008). According to one of the studies conducted with different fish species, Li et al. (2018) reported that exposure to Cd (62.5, 125, 250 and 500 $\mu\text{g Cd/L}$) for 56 days caused an increase in the MDA value in the tissues of southern catfish (*Silurus meridionalis*) and the highest MDA value was detected in the liver, Hu et al. 2022 reported that exposure of zebrafish to Cd (5, 10, 20 Microg/L) for 48 days increased the MDA value. Similar increases were reported in studies where the experimental period was kept shorter. Souid et al. (2013) reported a significant increase in MDA levels in the liver of sea bream (*Sparus auratus*) exposed to Cd (0.5 mg/L) for 24 hours, while Zheng et al. (2016) reported that MDA value increased in zebrafish (*Danio rerio*) following exposure to Cd (1 mg/L) for 96 hours. Examining previous studies, the MDA value increased in all conditions independent of Cd doses, metal exposure method and metal exposure time. This indicates an acceleration of lipid peroxidation by Cd in a very short time.

Table 5. Lipid peroxidation and antioxidant defence system enzymes

| | MDA (nmol/mg protein) | SOD (U/mg protein) | CAT (U/mg protein) | GPx (U/mg protein) |
|----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Control | 0.52 \pm 0.04 ^b | 22.32 \pm 0.32 ^a | 30.87 \pm 0.29 ^a | 20.98 \pm 0.56 ^a |
| Cd Group | 10.02 \pm 0.15 ^a | 12.21 \pm 0.29 ^b | 4.986 \pm 0.15 ^b | 15.06 \pm 0.23 ^b |
| P value | 0.009 | 0.037 | 0.002 | 0.009 |

Values represent the mean and standard deviation. Different superscript letters indicate the significant differences ($P < 0.05$) between the treatments.

Fish have an antioxidant system that prevents cell damage caused by ROS following exposure to heavy metals. It is known that ROS are balanced by enzymatic (SOD, CAT, GPx) and non-enzymatic (GSH, C vit, Se) antioxidant barriers (Genchi et al., 2020). The findings of this study revealed that Cd significantly ($p < 0.05$) decreased the activity of SOD, CAT and GPx enzymes and decreased the antioxidant capacity compared to the control group (Table 5). Similar to the results of this study, Talas et al. (2008) found that CAT, SOD

and GPx activities decreased in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after one week. The study conducted by Pan et al. (2018) showed that Cd decreased SOD and GPx activity in zebrafish at the end of 30 days, Li et al. (2018) found that SOD activity decreased in southern catfish (*Silurus meridionalis*) at the end of 56 days, while CAT activity remained constant, Souid et al. (2013) reported that CAT activity increased at the end of 24 hours, SOD activity peaked at the 4th

hour. It decreased at the 24th hour in Sea bream (*Sparus auratus*). Dabas et al. (2012) reported that in Freshwater mussels (*Channa punctatus*) exposed to Cd (6.7, 13.4 and 20.1 mg/L) for 96 hours, GPx activity increased at all concentrations, SOD activity increased depending on concentration and time, while the highest CAT activity was detected in the liver.

Considering the results of this study along with the results of the study conducted by Talas et al. (2008), the determination of decreases in SOD, CAT and GPx values in weeks compared to other fish species suggests that the trout has a lower antioxidant defence system capacity. A low antioxidant defence system may be related to the genetic structure of rainbow trout. Rainbow trout may have a less developed antioxidant defence system against pollutants like heavy metals because of their capacity to live and breed in clean waters.

Due to liver tissue damage, the liver's detoxification ability is significantly reduced (Liu et al., 2022). Histopathological evaluation of the liver sections examined under a light microscope revealed that the liver sections in the control group had a normal histologic structure. Hepatocytes around the central

veins were found to have one or two large nuclei, morphologically smooth contours, normal sinusoidal spaces, and no pathologic lesions (Figure 1a). In the liver sections of Cd-treated fish, it was determined that there were necrotic areas throughout the section, mainly around the central vein, numerous foci of mononuclear cell infiltration, enlargement of sinusoids and vacuolar degenerations in hepatocytes (Figure 1b, c

d). Similar to the results of this study, van Dyk et al. (2007) observed hyalinisation, congestion of blood vessels, increased vacuolation associated with lipid accumulation, and cellular swelling in the liver of Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) exposed to Cd and Zn metals, while Dai et al. (2020) observed hydropic degeneration and necrosis in the liver of *Procypris merus*, a carp species, and Noor et al. (2020) detected lesion and sinusoids in the liver cells of goldfish (*Carassius auratus*) exposed to Cd through their diet and water environment. The results from the studies indicate that exposure to Cd through their aquatic environment and diet causes liver damage in fish.

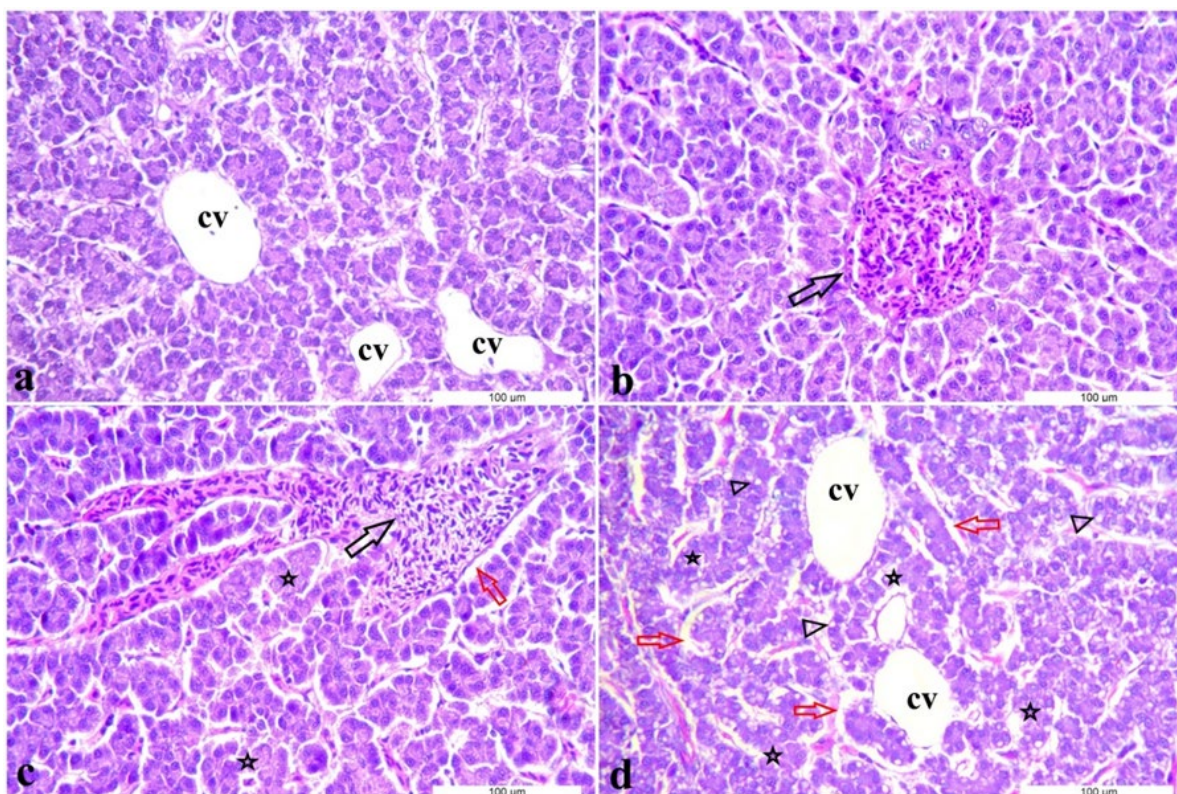


Figure 1. Light microscopic image of liver sections of fish in control and cadmium groups (a: control group, b, c, d: cadmium groups). Black arrow: mononuclear cell infiltration, red arrow: sinusoidal expansion, star: necrotic area, triangle: vacuolar degeneration. Hematoxylin-Eosin, x40

Conclusion

In the present study, dietary exposure of rainbow trout to Cd caused decreased growth and feed evaluation performance, decreased Se in the non-enzymatic antioxidant system of fish, decreased Mn, Zn, Cu as cofactors in the structure of antioxidant enzymes and Ca, Mg, Fe in biochemical reactions, decreased liver SOD, CAT and GPx activities and liver damage. All of these findings demonstrated that trout are highly sensitive to Cd toxicity. The decrease in Mn, Zn, Cu and Se metals, in parallel with the decrease in liver enzyme activity, showed that the amount of these metals could also be used as biomarkers when evaluating the antioxidant defence system capacity of the rainbow trout.

Compliance with Ethical Standards

Conflict of interest: The authors declare no actual, potential, or perceived conflict of interest for this article.

Ethics committee approval: This study was conducted following the ethical protocol (2020/03) of Sinop University Animal Experiments Control Council.

Data availability: Data will be made available on request.

Funding disclosure: The present research was funded by Sinop University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No: SÜF-1901-21-011).

Acknowledgements: We thank the Scientific Research Projects of Sinop University for providing financial support and the Kızılırmak Su Urunleri Fish Farm for providing the experimental fish.

Disclosure: -

References

- Abdel-Tawwab, M., Wafeek, M. (2014).** Influence of water temperature and waterborne cadmium toxicity on growth performance and metallothionein–cadmium distribution in different organs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Thermal Biology*, 45, 157-162. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.09.002>
- Aebi, H. (1884).** Catalase in vitro. *Methods Enzymology*, 105, 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)
- Ahmed, A. R., Farris, F. F., Ray, S. D. (2024).** Lipid peroxidation. *Encyclopedia of Toxicology*, Wexler, P., Ed. 5, pp 861-870. ISBN: 9780123864550. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824315-2.00624-2>
- Ali, A., Al-Ogaily, S. M., Al-Asgah, N. A., Gropp, J. (2003)** Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 183–188. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00440.x>
- Almeida, J.A., Diniz, Y.S., Marques, S.F.G., Faine, L.A., Ribas, B.O., Burneiko, R.C., Novelli, E.L.B. (2002).** The use of the oxidative stress responses as biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to in vivo cadmium contamination. *Environmental International*, 27, 673–679. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(01\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(01)00127-1)
- Almeida, A. J., Barreto, R. E., Novelli, E. L. B., Castro, F. J., Moron, S. E. (2009).** Oxidative stress biomarkers and aggressive behavior in fish exposed to aquatic cadmium contamination. *Neotropical Ichthyology*, 7(1), 103-108. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252009000100013>
- AOAC,** Official Method of Analysis, Association of Official Analytical Chemists. Washington, 16th Ed., 1995.
- Bustamante, I. P., Bocher, P., Chere, Y., Miramand, P., Cauran, F. (2003).** Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen. *The Science of the Total Environment*, 313, 25–39. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00265-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00265-1)
- Castaldo, G., Pillet, M., Sloomackers, B., Bervoets, L., Town, R.M., Blust, R., De Boec, G. (2020).** Investigating the effects of a sub-lethal metal mixture of Cu, Zn and Cd on bioaccumulation and ionoregulation in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquatic Toxicology*, 2018, 105363.

<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105363>

Cirillo, T., Amodio Cocchieri, R., Fasano, E., Lucisano, A., Tafuri, S., Ferrante, M. C., Carpenè, E., Andreani, G., Isani, G. (2012). Cadmium accumulation and antioxidant responses in *Sparus aurata* exposed to waterborne cadmium. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62, 118–126.

<https://doi.org/10.1007/s00244-011-9676-9>

Dabas, A., Nagpure, N. S., Kumar, R., Kushwaha, B., Kumar, P., Lakra, W. S. (2012). Assessment of tissue-specific effect of cadmium on antioxidant defense system and lipid peroxidation in freshwater murrel, *Channa punctatus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38, 469–482.

<https://doi.org/10.1007/s10695-011-9527-7>

Dai, Z., Cheng, J., Bao, L., Zhu, X., Li, H., Chen, X., Zhang, Y., Zhang, J., Chu, W., Pan, Y., Huang, H. (2020). Exposure to waterborne cadmium induce oxidative stress, autophagy and mitochondrial dysfunction in the liver of *Procypris merus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 204, 111051.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111051>

Dang, F., Wang, W-X. (2009). Assessment of tissue-specific accumulation and effects of cadmium in a marine fish fed contaminated commercially produced diet. *Aquatic Toxicology*, 95, 248–255.

<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2009.09.013>

Eken A. (2017). Rat kan ve doku örneklerinde oksidatif stres parametreleri. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, 1, 69-73.

Fontagne-Dicharry, S., Godin, S., Liu, H., Prabhu, P.A.J., Bouyssie`re, B., Bueno, M., Tacon, P., Me`dale, F., Kaushik, S.J. (2015). Influence of the forms and levels of dietary selenium on antioxidant status and oxidative stress-related parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *British Journal of Nutrition*, 113, 1876–1887.

<https://doi.org/10.1017/S0007114515001300>

Genchi, G., Sinicropi, M.S., Lauria, G., Carocci, A., Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 3782.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>

Giacomin, M., Vilarinho, G.C., Castro, K. F., Ferreira, M., Duarte, R. M., Wood, C. M., Val, A. L. (2018). Physiological impacts and bioaccumulation of dietary Cu and Cd in a model teleost: The Amazonian tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Aquatic Toxicology*, 199, 30-45.

<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.03.021>

Gundogdu, A., Harmantepe, F.B., Dogan, G., Karsli, Z., Yagan Asci, M. (2009). Effects of Dietborne Copper on Accumulation in the Tissues and Organs, Growth and Feed Utilisation of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) Juvenile. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(12), 2495-2502.

Hu, W., Zhu, Q. L., Zheng, J-L., Wen, Z-Y. (2022). Cadmium induced oxidative stress, endoplasmic reticulum (ER) stress and apoptosis with compensative responses towards the up-regulation of ribosome, protein processing in the ER, and protein export pathways in the liver of zebrafish. *Aquatic Toxicology*, 242, 106023.

<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.106023>

Kaçar, E. (2024). Heavy metal concentrations in various tissues of two fish species from Damsa Dam Lake (Turkey) and associated health risk assessment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 81, 127339.

<https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2023.127339>

Kargin, F. (1996). Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* Collected from İskenderun Gulf (Turkey). *Water, Air and Soil Pollution*. 89, 1-6.

<https://doi.org/10.1007/BF00282669>

Kondera, E., Ługowska, K., Sarnowski, P. (2014). High affinity of cadmium and copper to head kidney of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiology Biochemistry*, 40, 9–22.

<https://doi.org/10.1007/s10695-013-9819-1>

Kwong, R.W.M., Andrés, J.A., Niyogi, S. (2010). Molecular evidence and physiological characterization of iron absorption in isolated enterocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): implications for dietary cadmium and lead absorption. *Aquatic Toxicology*, 99, 343–350.

<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2010.05.012>

Lall, S. P., Kaushik, S. J. (2021). Nutrition and metabolism of minerals in fish. *Animals*, 11, 2711.

<https://doi.org/10.3390/ani11092711>

- Li, J., Yan, Y., Xie, X. (2018).** Tissue-Specific Antioxidative Responses and Cadmium Accumulation in *Silurus meridionalis* Under Chronic Waterborne Cadmium Exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 100, 485–491.
<https://doi.org/10.1007/s00128-018-2294-8>
- Li, J., Xie, X. (2019).** Effects of waterborne cadmium exposure on growth performance, specific dynamic action, and energy budget of southern catfish *Silurus meridionalis*. *Aquaculture*, 511, 634194.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.06.008>
- Liu, X.-J., Luo, Z., Li, C.-H., Xiong, B.-X., Zhao, Y.-H., Li, X.-D. (2011).** Antioxidant responses, hepatic intermediary metabolism, histology and ultrastructure in *Synechogobius hasta* exposed to waterborne cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1156–1163.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.02.015>
- Liu, W., Qiu, H., Yan, Y., Xie, X. (2021).** Acute Cd Toxicity, Metal Accumulation, and Ion Loss in Southern Catfish (*Silurus meridionalis* Chen). *Toxics*, 9, 202.
<https://doi.org/10.3390/toxics9090202>
- Liu, Y., Chen, Q., Li, Y., Bi, L., Jin, L., Peng, R. (2022).** Toxic effects of cadmium on fish. *Toxics*, 10, 622.
<https://doi.org/10.3390/toxics10100622>
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. (1951).** Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193, 265-275.
[https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)52451-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)52451-6)
- Mashroofeh, A., Bakhtiari, A.R., Pourkazemi, M., Rasouli, S. (2013).** Bioaccumulation of Cd, Pb and Zn in the edible and inedible tissues of three sturgeon species in the Iranian coastline of the Caspian Sea. *Chemosphere*, 90 (2), 573–580.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.08.034>
- Matović, V.; Buha, A.; Đukić-Cosić, D.; Bulat, Z. (2015).** Insight into the oxidative stress induced by lead and/or cadmium in blood, liver and kidneys. *Food and Chemical Toxicology*, 78, 130–140.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2015.02.011>
- Mcgeer, J.C., Niyogi, S., Smith, D.S. (2012).** Cadmium. Homeostasis and Toxicology of Non-Essential Metals; Wood, C.M., Farrell, A.P. and Brauner, C.J., Ed.; *Fish Physiology*, 31B: pp 125-184. ISBN: 978-0-12-378634-0
[https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(11\)31025-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(11)31025-4)
- Milestone (2018).** Milestone SK-10 High Pressure Rotor Application Notes.
- Nam, T. (2011).** Lipid peroxidation and its toxicological implications. *Toxicology Research*, 27(1), 1-6.
<https://doi.org/10.5487/TR.2011.27.1.001>
- Noor, Z., Khan, S.A., Noor, M. (2020).** Assessment of cadmium toxicity and its possible effects on goldfish (*Carassius auratus*), employing microscopy and biochemical techniques. *Microscopy Research and Technique*, 83(21), 1441–1449.
<https://doi.org/10.1002/jemt.23536>
- Ohkawa, H., Ohisni, N., Yagi, K. (1979).** Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Biochemistry*, 95(2), 351-358.
[https://doi.org/10.1016/0003-2697\(79\)90738-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(79)90738-3)
- Ojo, A.A., Wood, C.M. (2007).** In vitro analysis of the bio-availability of six metals via the gastro-intestinal tract of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Toxicology*, 83, 10–23.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2007.03.006>
- Özcan, O., Erdal, H., Çakırca, G., Yönden, Z. (2015).** Oxidative stress and its impacts on intracellular lipids, proteins and DNA. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 6 (3), 331-336.
<https://doi.org/10.5799/ahinjs.01.2015.03.0545>
- Özen, M.R., Pak, F. (2020).** Metal accumulation in some tissues of Meagre (*Argyrosomus regius*) exposed to copper and cadmium. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37(2), 201-206.
<https://doi.org/10.12714/egejfas.37.2.12>
- Paglia, D.E., Valentine, W.N. (1967).** Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 70 (1), 158–169.
- Pan, Y-X., Luo, Z., Zhuo, M-Q., Wei, C-C., Chen, G-H., Song, Y-F. (2018).** Oxidative stress and mitochondrial dysfunction mediated Cd-induced hepatic lipid accumulation in zebrafish *Danio rerio*. *Aquatic Toxicology*, 199, 12-20.
<https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2018.03.017>

- Paul, J.S., Small, B. C. (2021). Chronic exposure to environmental cadmium affects growth and survival, cellular stress, and glucose metabolism in juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquatic Toxicology*, 230, 105705. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105705>
- Qiu, H., Wenming Liu, W., Yan, Y., Long, J., Xiaojun Xie, X. (2021). Effects of waterborne cadmium exposure on *Spinibarbus sinensis* hepatopancreas and kidney: Mitochondrial cadmium accumulation and respiratory metabolism. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 248, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2021.109115>
- Romeo, M., Bennani, N., Gnassia-Barelli, M., Lafaurie, M., Girard J.P. (2000). Cadmium and copper display different responses towards oxidative stress in the kidney of the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquatic Toxicology*, 48, 185–194. [https://doi.org/10.1016/S0166-445X\(99\)00039-9](https://doi.org/10.1016/S0166-445X(99)00039-9)
- Romero, A., Caride, A., Pereiro, N., Lafuente, A. (2011). Modulatory effects of melatonin on cadmium-induced changes in biogenic amines in rat hypothalamus. *Neurotoxicity Research*, 20, 240-249. <https://doi.org/10.1007/s12640-010-9237-4>
- Shekh, K., Tang, S., Hecker, M., Niyogi, S. (2018). Investigating the role of ionoregulatory processes in the species- and life-stage-specific differences in sensitivity of rainbow trout and white sturgeon to cadmium. *Environmental Science Technology*, 52, 12868–12876. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04828>
- Soud, G., Souayed, N., Yaktiti, F., Maarouf, K. (2013). Effect of acute cadmium exposure on metal accumulation and oxidative stress biomarkers of *Sparus aurata*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 89, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.12.015>
- Squadro, S., Prearo, M., Brizio, P., Gavinelli, S., Pellegrino, M., Scanzio, T., Guarise, S., Benedetto, A., Abete, M.C. (2013). Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian Rivers. *Chemosphere*, 90, 358-365. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.07.028>
- Sun, Y., Oberley, L.W., Li, Y. (1988). A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical Chemistry*, 34 (3), 497–500. <https://doi.org/10.1093/clinchem/34.3.497>
- Talas, Z. S., Orun, İ., Ozdemir, İ., Erdogan, K., Alkan, A., Yılmaz, İ. (2008). Antioxidative role of selenium against the toxic effect of heavy metals (Cd⁺², Cr⁺³) on liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792). *Fish Physiology and Biochemistry*, 34, 217–222. <https://doi.org/10.1007/s10695-007-9179-9>
- Thevenod, F. (2003). Nephrotoxicity and the proximal tubule insights from cadmium. *Nephro Physiology*, 93(4), 87-93. <https://doi.org/10.1159/000070241>
- Vallee, B.L. (1995). The function of metallothionein. *Neurochemistry International*, 27(1), 23-33. [https://doi.org/10.1016/0197-0186\(94\)00165-Q](https://doi.org/10.1016/0197-0186(94)00165-Q)
- van Dyk, J.C., Pieterse, G., Van Vuren, J. (2007). Histological changes in the liver of *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) after exposure to cadmium and zinc. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 66(3), 432–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.10.012>
- Varol, M., Kaçar, E., Sünbül, M.R., Islam, A.R.M.T. (2022). Species, tissue and gender-related metal and element accumulation in fish species in a large reservoir (Turkey) and health risks and nutritional benefits for consumers. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 94, 103929. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2022.103929>
- Yeşilbudak, B., Erdem, C. (2014). Cadmium accumulation in gill, liver, kidney and muscle tissues of common carp, *Cyprinus carpio*, and Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Bulletin of Environmental Contamination Toxicology*, 92, 546–550. <https://doi.org/10.1007/s00128-014-1228-3>
- Zengin, H. (2018). Oxidative stress and antioxidant defenses after starvation in *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) larvae reached free swimming stage. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(4), 387-396. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.4.04>
- Zheng Jia-Lang, Shuang-Shuang Yuan, Chang-Wen Wu, Zhen-Ming L. (2016). Acute exposure to waterborne cadmium induced oxidative stress and immunotoxicity in the brain, ovary and liver of zebrafish (*Danio rerio*). *Aquatic Toxicology*, 180, 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.09.012>



Marmara Ereğlisi'nin (Tekirdağ) balıkçılık potansiyeli ve küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde kullanılan av araçları

Tuğrul Zahit ALIÇLI

Cite this article as:

Aliçli, T.Z. (2024). Marmara Ereğlisi' nin (Tekirdağ) balıkçılık potansiyeli ve küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde kullanılan av araçları. *Aquatic Research*, 7(2), 105-120. <https://doi.org/10.3153/AR24010>

İstanbul Üniversitesi, Su Bilimleri
Fakültesi, Balıkçılık ve Su Ürünleri
İşleme Teknolojisi Bölümü, İstanbul,
Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

T.Z.A. 0000-0001-8120-695X

Submitted: 05.09.2023

Revision requested: 11.09.2023

Last revision received: 08.02.2024

Accepted: 12.02.2024

Published online: 30.03.2024

Correspondence:

Tuğrul Zahit ALIÇLI

E-mail: alicli@istanbul.edu.tr



© 2024 The Author(s)

Available online at

<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Çalışmanın amacı, Marmara Ereğlisi'nde küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan av araçlarının teknik özelliklerini belirlemek ve Marmara Ereğlisi'nin balıkçılık potansiyelini ortaya koymaktır. Çalışma, 2022-2023 balıkçılık sezonunda, Marmara Ereğlisi balıkçı barınağında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, 14 ticari balıkçı ile yapılan anket ve kişisel gözlemlerin sonuçlarıdır. Buna göre çalışma süresince 9'u solungaç ve 6'si fanyalı olmak üzere 15 farklı uzatma ağı, 5 farklı olta ve 1 tip algarna tespit edilmiştir. Marmara Ereğlisi'nde küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde 13'ü hedef, 36'sı hedef dışı tür olmak üzere toplamda 38 farklı balık türü avlanmaktadır. Bu çalışma ile Marmara Ereğlisi'ndeki küçük ölçekli balıkçılığın gerek kullanılan av araçları gerekse avlanan türler yönünden önemli bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, Marmara Ereğlisi'nde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerine odaklanan ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Av araçları, Av kompozisyonu, Küçük ölçekli balıkçılık, Marmara Denizi

ABSTRACT

The fishing potential of Marmara Ereğlisi (Tekirdag) and fishing gear used in small-scale fishing activities

The study aims to determine the technical characteristics of fishing gear used in the small-scale fishery in Marmara Ereğlisi and to give the fishing potential of Marmara Ereğlisi. The study was conducted during the 2022-2023 fishing season at the Marmara Ereğlisi fishing shelter. Our results are based on the surveys conducted with 14 commercial fishermen and personal observations. Accordingly, 15 different set nets (9 gill nets and 6 trammel nets), five different fishing lines, and 1 type of beam trawl were identified. In the small-scale fishing activity in Marmara Ereğlisi, 38 other fish species (13 target and 36 non-target) were caught. This study concludes that small-scale fishing in Marmara Ereğlisi has significant potential in the fishing gear used and the species seen. The study is the first to focus on the technical specifications of fishing gear used in Marmara Ereğlisi.

Keywords: Fishing gears, Catch composition, Small-scale fishery, Marmara Sea

Giriş

Geleneksel balıkçılık, ticari balıkçılığın aksine balıkçının az miktarda sermaye ve enerjiyi kullanarak, varsa nispeten küçük balıkçı tekneleri ile kıyıya yakın sahalarda başlıca bölgesel tüketimi karşılamak amacıyla yapılan kısa balık tutma seferidir (Anonymous, 2015). Ülkemizde küçük ölçekli balıkçılık; 12 m'den küçük balıkçı tekneleri ile av sahasının kıyı alanı olarak kabul edildiği ve uzatma ağları, paraketa, kaldırma ağları, olta ve tuzaklar gibi av araçları ile günü birlik yapılan avcılık faaliyetidir (Ünal, 2003).

Tekirdağ İlinde 2020 yılı Tarım Raporuna göre 186 balıkçı teknesinin 176'sı denizlerde faaliyet gösterirken bu teknelerin 150 adedinin boyu 12 m. nin altındadır (Anonymous, 2021). Tekirdağ iline bağlı Marmara Ereğlisi, Barbaros, Kumbağ, Hoşköy, Mürefte ve Şarköy Marmara Bölgesinin önemli balıkçılık merkezleri arasında yer almaktadır (Öztürk, 2009). Bölgede balıkçılık faaliyeti üzerine yapılmış çalışmalarda; Marmara karidesinin algarna takımları kullanılarak avcılığı (Erden & Erim, 1971), kıyı balıkçılığı ve sorunları (Akyol & Perçin, 2006), deniz balıkçılığının sosyo-ekonomik durumu ve pazarlama yapısı (Şahin (Özen), 2006), Marmara Ereğlisi'nde küçük ölçekli balıkçılık faaliyeti ve balıkçının sosyo-ekonomik yapısı üzerinde durulmuştur (Alıçlı ve ark., 2019). Balıkçılık üzerine yapılan çalışmalardan sadece Akyol & Perçin (2006)' nin çalışmasında bölgedeki av araçlarının teknik özellikleri üzerinde durulmuştur.

Ülkemizin küçük ölçekli balıkçılık faaliyeti yönünden oldukça zengin bir potansiyele sahip oluşu farklı av araçlarının kullanımını beraberinde getirdiği gibi bu av araçlarının teknik özelliklerinde farklılaşmasına sebep olmuştur. Bu çalışma ile Marmara Ereğlisi'nde (Tekirdağ) denizel su ürünleri avında aktif olarak kullanılan av araçlarının teknik özellikleri ve balıkçılık potansiyelinin tespiti amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Bu araştırma, 2022-2023 av sezonunda Marmara Ereğlisi'nde (Tekirdağ) aktif olarak küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde

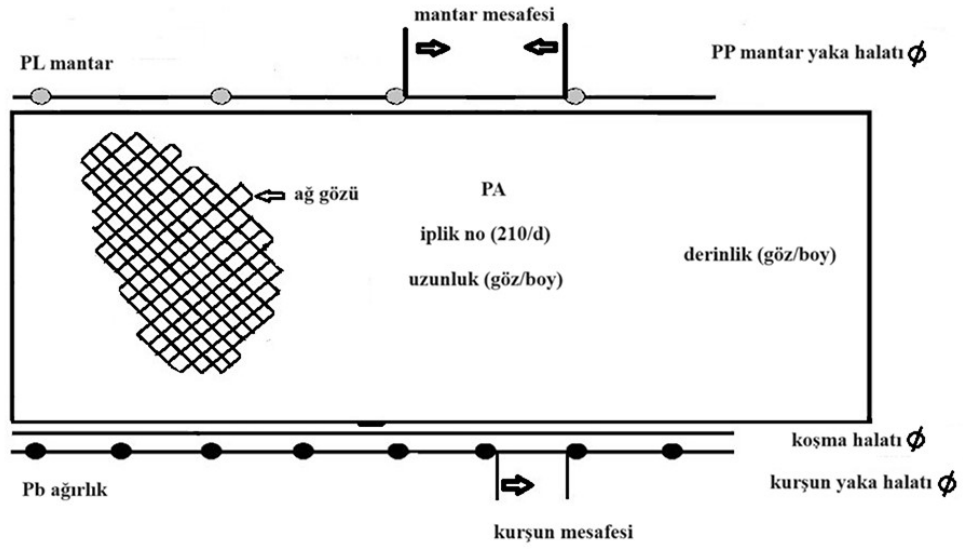
bulunan 14 balıkçı ile yapılan anket çalışması ve kişisel gözlemlere dayanmaktadır (Şekil 1). Araştırma materyalini Marmara Ereğlisi'nde küçük ölçekli balıkçılık faaliyetinde kullanılan av araçları teşkil etmektedir. Av araçlarının teknik özelliklerinin tespitinde; solungaç ağları için; ağın adı, mantar büyüklüğü (no), mantarlar arası mesafe (cm), ağın iplik no (210d/), ağın göz açıklığı (mm), ağda kullanılan kurşun ağırlık (g), kurşunlar arasındaki mesafe (cm), mantar numarası, kurşun ve koşma halatı çapları (mm) dikkate alınmıştır (Şekil 2).

Fanyalı ağlarda; ağın adı, mantar büyüklüğü (no), mantarlar arası mesafe (cm), fanya ve tor ağlarının iplik no (210d/), fanya ve tor ağlarının göz açıklığı (mm), ağda kullanılan kurşun ağırlık (g), kurşunlar arasındaki mesafe (cm), mantar, kurşun ve koşma halatı çapları (mm) dikkate alınmıştır (Şekil 3).



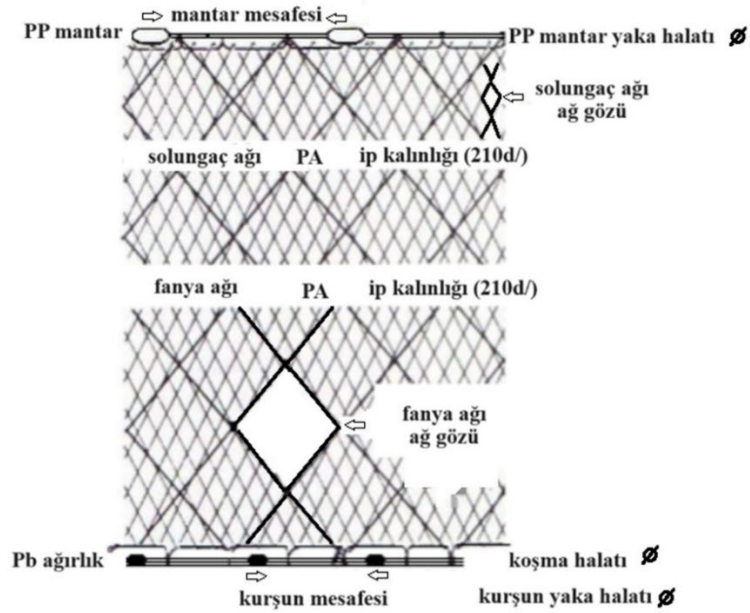
Şekil 1. Marmara Ereğlisi (Tekirdağ)

Figure 1. Marmara Ereğlisi (Tekirdağ)



Şekil 2. Solungaç ağı

Figure 2. Gill net



Şekil 3. Fanyalı ağ

Figure 3. Trammel net

Ek olarak; solungaç ve fanyalı ağların uzunluğu, derinliği, kullanıldığı periyot, bırakılma derinliği ve zemin yapısı, solungaç ve fanyalı ağlar için hedef olarak seçilen türlerin yanında bu ağlarca yakalanan tesadüfi türler de tespit edilmiştir.

Oltalarda; adı, beden misina çapı (mm), köstek misina çapı (mm), köstek misina boyu (cm), köstekler arası mesafe (cm), iğne türü, büyüklüğü ve sayısı, kurşun ağırlık (g) dikkate alınmıştır. Algarnada; kiriş uzunluğu (m) ve yüksekliği (cm), torba uzunluğu (m), göz açıklığı (mm) ve iplik numarası (210d) dikkate alınmıştır. Bulgular, benzer av araçlarının Marmara Denizi için tasarlanmış olanları ile karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıklar tablolar halinde getirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Solungaç Ağları

Şekil 2' de bir solungaç ağının şematik çizimi verilmektedir.

Berlam Ağı

Ağın mantar yaka halatı 6 mm çapında, boydaki mantar sayısı 160 adet, aralarındaki mesafe 60 cm dir. Kurşun yaka halatı 5 mm çapındadır. Ağda 50 g ağırlığındaki kurşunlar kullanılırken kurşunlar arasındaki mesafe 60 cm dir. Ağın donam faktörü 0.5 tir. Kumlu, çamurlu ve taşlık zemine kıyıya paralel sabah erken saatlerde dökülen ağ akşam gün batımından önce toplanır. Bu ağlar ile yıl boyunca 10, 60 ve 70 kulaç derinliklerde balıkçılık yapılmaktadır.

Çinakop Ağı

Mantar yaka halatı 6 mm çapındadır. Mantarlar arasındaki mesafe 30 cm olup, boyda 330 adet mantar bulunmaktadır. Kurşun yakada kalınlıkları 4 mm ve 5 mm olan iki halat bulunmaktadır. Ağdaki kurşunlar arasındaki mesafe 30 cm dir. Çinakop ağının donam faktörü 1/3 tür. Çinakop ağı ağustos, eylül, ekim ve kasım aylarında 4-10 kulaç derinlikteki taş ya da kumluk zemine atıldıktan hemen sonra toplanarak avlanma gerçekleştirilir.

İstavrit Ağı

Mantar yaka halatı 6 mm çapındadır. Mantarlar arasındaki mesafe 50 cm olup, boyda 200 adet mantar bulunmaktadır. Kurşun yakada 4 mm ve 5 mm çapında iki halat bulunur. Kurşunlar arasındaki mesafe 40 cm dir. İstavrit ağının donam faktörü

1/3 tür. İstavrit ağı kayalık zemine, kıyıya paralel olarak, nisan-ağustos aylarında, 2-6 kulaç arasındaki derinliğe dökülmekte ve 1-1.5 gün suda bırakıldıktan sonra toplanmaktadır.

İzmarit Ağı

Mantar yaka halatı 6 mm çapındadır. Boydaki mantar sayısı 200-250 adet olup, aralarındaki mesafe 40-50 cm dir. Kurşun yakada 4 mm ve 5 mm çapında iki halat bulunur. Kurşunlar arasındaki mesafe 30 cm dir. İzmarit ağının donam faktörü 1/3 tür. Bu ağlar 15 nisan-15 haziran arasında kullanılır. 2-5 kulaç derinliğe, kumlu ve çamurlu zemine akşam saatlerinde dökülen ağ ertesi gün erken saatlerde toplanmaktadır.

Kalkan Ağı

Ağın mantar yaka halat çapı 5 mm dir. Boyda yaklaşık olarak 80-60 adet mantar bulunmaktadır. Kurşun yakada her biri 3 ve 4 mm çapında iki halat vardır. Ağın tamamında 200-800 adet arasında değişen sayıda kurşun bulunurken, aralarındaki mesafe 50 cm dir. Kalkan ağları ile avcılık ocak ayından 15 nisana kadar devam eder. Kalkan ağları 10 kulaç derinliğe dökülmektedir. Çamur ya da taşlık zemine dökülen kalkan ağının suda kalış süresi 3-7 gün arasında değişir. Ağ zaman zaman sudan kaldırılarak kontrolleri yapılmaktadır.

Lüfer Ağı

Donam faktörü 1/3 tür. Mantar yaka halatı 6 mm çapındadır. Boyda yaklaşık olarak 250 adet mantar bulunurken, aralarındaki mesafe 40 cm dir. Kurşun yakada 4 mm ve 5 mm çapında iki halat bulunmaktadır. Boydaki kurşun sayısı 200 adedi bulunurken, aralarındaki mesafe 30 cm dir. Bu ağlar 15 ağustos-ekim arasında sabah toplanmak üzere akşam kıyıya paralel ve 5 kulaç derinliğe bırakılmaktadır.

Sardalye Ağı

Donam faktörü 0.50 dir. Mantar yaka halatı 8 mm çapında, boydaki mantar sayısı 50 adet, aralarındaki mesafe 1 kulaçtır (180 cm). Kurşun yakada 8 mm çapında iki halat vardır. Kurşunlar arasındaki mesafe 2-3 kulaç arasındadır. Sardalye ağları 5-15 kulaç, kumlu-çamurlu zemine, temmuz-ağustos-eylül aylarında dökülmektedir.

Uskumru/Kolyoz Ağı

Donam faktörü 1/3 tür. Mantar yaka halatı 8 mm çapındadır. Boydaki mantar sayısı 400, aralarındaki mesafe 25 cm dir. Kurşun yakada kalınlıkları 6 ve 6 mm veya 5 ve 6 mm olan iki farklı çapta halat kullanılabilir. Her birin ağırlığı 100 g

olan kurşunların arasındaki mesafe 50 cm dir. Bu ağ 5-8 kulaç arasındaki kayalık ve kumluk zemine temmuz ve ağustos aylarında dökülür.

Lüfer/Palamut Ağı

Donam faktörü 0.5 tir. Mantar yaka halatı 8 mm, mantarlar arasındaki mesafe 30 cm dir. Kurşun yaka halatlarının kalınlıkları 6 mm ve 5 mm dir. Kurşunlar arasındaki mesafe 20 cm olup, her bir kurşunun ağırlığı 100 g dir. Bu ağlar eylül-kasım ayları arasında 10 kulaç derinliğe dökülür.

Araştırmada, Marmara Ereğlisi'nde ve Marmara Denizi'nde aynı balık türleri için benzer özellikteki ağların tasarlandığı tespit edilmiştir. Marmara Ereğlisi'nde berlam ağı için seçilen ağ gözü ip kalınlığı İstanbul kıyı balıkçılığındaki berlam dip ağları, çinakop için seçilen ağ gözü ip kalınlığı Marmara Adası, İstanbul kıyı balıkçılığındaki dip ağları ve Prens Adaları'ndaki ağlar ile benzer özelliktedir. Marmara Ereğlisi'nde istavrit ağlarında kullanılan ağ gözü ip kalınlığı Tekirdağ ve İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan dip uzatma ağları, izmarit ağı için seçilen ip kalınlığı İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan izmarit ağları ile benzerdir. Marmara Ereğlisi'nde kalkan ağı için kullanılan ip kalınlığı İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan ağlar, lüfer ağı için kullanılan ağ gözü ip kalınlığı Tekirdağ ve İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan ağlarla ve uskumru/kolyoz ağları için seçilen ağ gözü ip kalınlığı Tekirdağ kıyı balıkçılığında kullanılan ağlarla benzerlik göstermektedir (Tablo 1).

Fanyalı ağlar

Şekil 3' de bir fanyalı ağın şematik çizimi verilmektedir.

Dil Ağı

Ağın uzunluğu 15-20 boy arasındadır. Tor ağı 50, fanya ağı 6.5 göz derinliğindedir. Mantar yaka halatı 5 ya da 6 mm çapındadır. Boyda yaklaşık 160-250 adet mantar bulunurken, aralarındaki mesafe 40-60 cm arasındadır. Kurşun yakada 4 mm ve 5 mm çapında iki halat bulunur. Kurşunlar arasındaki mesafe 35-60 cm arasında değişir. Dil ağının donam faktörü 0.5 tir. Dil ağları yıl boyunca, 10-45 kulaç arasında, kum ya da çamurlu zemine, akşamüstü atılır ve sabah toplanır.

Marya Ağı

Donam faktörü 1/3 tür. Mantar yaka halatının çapı 5 mm dir. Bir boy ağda yaklaşık olarak 170 adet mantar bulunur. Kurşun yakada her biri 4 mm çapında iki halat vardır. Bu halatlardan biri koşma halatıdır. Kurşunlar arasındaki mesafe 35-40 cm dir. Kumluk zemine kıyıda doğru dökülen bu ağ bir gece suda bekletildikten sonra toplanır. Marya ağı kasım, aralık ve ocak aylarında 3 kulaç derinliğe dökülmektedir.

Palamut Ağı

4 boy uzunluğundadır. Tor ağı 18 m derinliğindedir. Mantar yaka halatı 8 mm çapındadır. Mantarlar arasındaki mesafe 30 cm dir. Kurşun yaka halatının çapı 5 mm, kurşunlar arasındaki mesafe 15 cm dir. Fanyalı palamut ağının donam faktörü 0.5 tir. Eylül, ekim ve kasım aylarında kullanılan fanyalı palamut ağı 5 kulaç derinliğe dökülür.

Pisi Ağı

Pisi ağının uzunluğu 5-15-20 boy arasında değişmektedir. Tor ağı derinliği yaklaşık olarak 70 göz-1 kulaç arasında değişir. Ağın donam faktörü 0.5 tir. Fanya derinliği 5.5 göz-1 kulaç arasında değişir. Mantar yaka halatı 5 mm çapındadır. Boydaki mantar sayısı 200 adet aralarındaki mesafe 50 cm dir. Kurşun yakada çapları 3 mm ve 4 mm olan iki halat bulunur. Bir boy ağda yaklaşık olarak 250 adet kurşun bulunurken, aralarındaki mesafe 40 cm dir. Bu ağlar, mayıs, eylül, ekim ve kasım aylarında 4-5-15 kulaç derinlikte, kumlu-çakıllı zemine ve yarım ay şeklinde döşenir.

Tekir Ağı I

Tekir ağının donam faktörü 1/2 dir. Tor ağı 70, fanya 6.5 göz derinliğindedir. Mantar yaka halatı 5 mm, kurşun yaka halatı 3 mm ya da 4 mm dir. Ağda yaklaşık olarak 250 adet kurşun bulunur. Ağın atılma derinliği 3-6 kulaç arasındadır. Tekir ağı (I) akşam saatlerinde atılıp 1 saat suda bırakıldıktan sonra toplanır (20:00-21:00). Tekir ağı (I) mayıs ve haziran aylarında kıyıya paralel ve kumluk zemine dökülmektedir.

Tablo 1. Marmara Denizi ve Marmara Ereğlisi'nde kullanılan solungaç ağlarının teknik özellikleri

Table 1. Technical characteristics of gill nets used in Marmara Sea and Marmara Ereğlisi

| | Ağ çeşidi | Ağın göz açıklığı (mm) | Ağda kullanılan ip numarası (210d/) | Mantar bü-yüklüğü (no) | Kurşun ağırlık (g) | Ağ uzunluğu (m) | Ağ derinliği (m) |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|---------------------------------------|
| Ceyhan ve ark., (2005) | Galsama alamana* | 44 64 68 | 210d/ 3-4 | 5 | 50 100 | 265-660 | 3-8 yaprak 1 yaprak 100-200 göz |
| | Çınakop* | 44 48 | - | 4-5 | 50-100 | 300-500 | 3 yaprak |
| Akyol & Perçin, (2006) | Mezgit* | 56-64-72 | 210d/ 3-4 | - | - | - | - |
| | İstavrit* | 32-34 | 210d/ 2-3 | - | - | 3-4 posta | - |
| | Lüfer bırakması* | 64 | 210d/ 3-4 | - | - | 3-4-8-10 posta | - |
| | Uskumru-kolyoz* | 46 | 210d/ 2-3 | - | - | 4-5 posta | - |
| Akyol ve ark., (2009) | Çınakop* | 44 | 210d/ 3 | 6 | 100 | 546 | 120x5 |
| | Gümüş* | 21 | 210d/ 2 | 2 | 40 | 134 | 600 |
| | Sardalye* | 25.5 | 210/ 2 | 3 | 2000 | 133 | 520 |
| | Palamut* | 84 | 210d/ 3 | 5 | 750 | 137 | 100x5 |
| Yıldız & Karakulak, (2010 a) | Çınakop* | 46 | 210d/ 3 | 2-3 | 40-50 | 136.5 | 100-150 |
| | İstavrit* | 34-36 | 210d/ 2-3 | 2-3 | 40-50 | 136.5 | 50-100 |
| | Kalkan* | 320-330 | 210d/ 6-9 | 2-3 | 40-50 | 54.6 | 7.5 |
| | Lüfer* | 64 | 210d/ 3-4 | 4 | 40-50 | 145.6 | 100 |
| | Mezgit* | 50 | 210d/ 4 | 2-3 | 50-100 | 127.4 | 50-100 |
| | Mırlan* | 52-60 | 210d/ 3 | 3-4 | 50 | 127.4 | 50-100 |
| | Tekir* | 34-36 | 210d/ 2-3 | 2-3 | 40 | 145.6 | 50 göz |
| Yıldız & Karakulak, (2010 b) | Alamana* | 60-64 | 210d/ 3 | 4 | 50-100 | 300 | 100-200 kapak |
| | Gümüş* | 21 | 0.18 mm | 2 | 40 | 127.4 | 100-200 |
| | İzmarit* | 48 | 210d/ 3 | 3 | 50 | 123.76 | 50 |
| | Palamut* | 72-84 | 210d/ 3-4 | 5-6 | 250 | 163.8 | 100 kapak |
| | Sardalye* | 25.5-27 | 210d/ 2-3 | 3-4 | 40-50 | 127.4 | 60-600 |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | Çınakop alamanası* | 40 | 210d/ 3 | 5 | 50 | 216 | 200 |
| | Gümüş* | 22 | 210d/ 2 | 2 | 30 | 127 | 100 |
| | İstavrit I* | 27 | 210d/ 2 | 6 | 100 | 154.7 | 400 |
| | İstavrit II* | 36 | 210d/ 2 | 2 | 50 | 100 | 240 |
| | İstavrit III* | 36 | 210d/ 2 | 2 | 50 | 100 | 120 |
| | İzmarit (misina)* | 44 | 0.40 mm | 2 | 40 | 100 | 55 |
| | Lüfer (misina)* | 64 | 0.23 mm | 3 | 40 | 100 | 50 |
| | Mezgit (misina)* | 56 | 3 mm | 3 | 40 | 100 | 60 |
| | Mezgit* | 64 | 210d/ 3 | 4 | 40 | 125 | 500 |
| Palamut* | 68 | 210d/ 4 | 6 | 200 | 164 | 600 | |
| Göktürk & Deniz, (2016) | Gümüş | 10 | 210d/ 1 | 1 | 13-16 | 100 | 300 |
| | Lüfer | 32 | 210d/ 3 | 2 | 40-50 | 400 | 40-50 |
| | Lüfer (Yüzey galsama) | 32 | 210d/ 3 | 5-6 | 100 | 230 | 1-10 |
| Marmara Ereğlisi | Berlam* | 56 | 210d/ 3 | 3 | 50 | 15-20 boy | 60 göz |
| | Çınakop* | 40 | 210d/ 3 | 5 | 100 | 4 boy | 11 kulaç |
| | İstavrit* | 30-32 | 210d/ 2-3 | 4-5 | 60-100 | 2-3 boy | 200-250-400 |
| | İzmarit* | 50 | 210d/ 3 | 4 | 100 | 2-3 boy | 120 göz |
| | Kalkan | 160-180-200 | 210d/ 6-9 | 2-5 | 50 | 10 boy | 9.5 göz |
| | Lüfer* | 64 | 210d/ 4 | 4 | 100 | 2 boy | 100 |
| | Lüfer-Palamut* | 60 | 210d/ 4 | 8 | 100 | 4 boy | 8-10 kulaç |
| | Sardalye* | 48-56 | 210d/ 4 | 8 | Zincir | 3-4 boy | 400-800 |
| Uskumru- Kolyoz* | 44 | 210d/ 3 | 6 | 100 | 4 boy | 100 kulaç | |

- TGB: Tam göz boyu

Tekir Ağı II

Tor ağının derinliği 1.5 m dir. Ağın donam faktörü 1/3 tür. Mantar yaka halatı 4 mm dir. Boyda yaklaşık olarak 300 adet mantar bulunurken, aralarındaki mesafe 5 donamda 1 adettir. Kurşun yaka halatı 4 mm çapında olup, kurşunlar arasındaki mesafe, 4 donmada 1 adettir. Ağ yaklaşık olarak 6 kulaç derinliğe dökülür. Ağın denizde kalış süresi 3 saattir. Tekir ağı yaz aylarında kayalık zemine kıyıya paralel olarak dökülür.

Solungaç ağlarında ağ gözü açıklığı ve iplik numaralarındaki benzerlikler fanyalı ağlarda da tespit edilmiştir. Marmara Ereğlisi'nde tekir II. ağında kullanılan tor göz açıklığı Prens Adaları kıyı balıkçılığında kullanılan tekir ağları, tekir (I) ağındaki tor gözü ip kalınlığı Prens Adaları ve İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan ağlarla aynıdır. Marmara Ereğlisi'ndeki dil ağlarının tor ağının ip kalınlığı İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan dil ağları için de geçerlidir. Marmara Ereğlisi'ndeki marya ağlarının tor ağının ip kalınlığı Tekirdağ kıyı balıkçılığında kullanılan ağlarla, fanya ağının ip kalınlığı Marmara Adası ve İstanbul kıyı balıkçılığında kullanılan dip uzatma ağları ile benzerlik taşımaktadır. Marmara Ereğlisi'nde pisi ağlarındaki tor ağının ip kalınlığı Tekirdağ kıyı balıkçılığında kullanılan ağlarla benzerdir (Tablo 2).

Marmara Denizi'nde uzatma ağları üzerine yapılan çalışmalarda; lüfer avında 3 solungaç ve 2 fanyalı ağ (Ceyhan ve ark., 2005), Tekirdağ kıyı balıkçılığında 4 solungaç ve 7 fanyalı ağ (Akyol & Perçin, 2006), Marmara Adası kıyı balıkçılığında 4 solungaç ve 3 fanyalı ağ (Akyol ve ark., 2009), İstanbul kıyı balıkçılığında 7 solungaç ve 6 fanyalı dip ağı (Yıldız & Karakulak, 2010 a), İstanbul kıyı balıkçılığında 5 solungaç ve 2 fanyalı pelajik ağ (Yıldız & Karakulak, 2010 b), Prens Adaları'nda 10 solungaç ve 6 fanyalı ağ (Akyol & Ceyhan, 2011), Prens Adaları için yapılan bir diğer çalışmada 3 solungaç ve 4 fanyalı ağ rapor edilmiştir (Göktürk & Deniz, 2016). Marmara Ereğlisi'nde 9 solungaç ve 6 fanyalı olmak üzere toplamda 15 farklı uzatma ağı tespit edilmiştir.

Hedef ve Tesadüfi Türler

Marmara Denizi'nde uzatma ağları ile Tekirdağ ilinde 14 (Akyol & Perçin, 2006), Marmara Adası'nda 4 (Akyol ve ark., 2009), Prens Adaları'nda 25 (Akyol & Ceyhan, 2011), aynı sahada yapılan diğer bir çalışmada 20 farklı balık türü rapor edilmiştir (Göktürk & Deniz, 2016). Marmara Ereğlisi'nde hedef türler de dahil olmak üzere 9 farklı solungaç ağı ile 23 farklı balık türünün avlandığı tespit edilmiştir. Sade

ağlarla 10 farklı balık türü hedef olarak seçilirken, 20 tür tesadüfi olarak avlanmaktadır. Marmara Ereğlisi'nde 6 farklı fanyalı ağ ile 29 farklı balık türü avlanmaktadır. Avlanan türlerden 28'i tesadüfi türdür (%90). Sonuç olarak Marmara Ereğlisi'nde 15 farklı uzatma ağı ile 38 farklı balık türü avlanırken, bu türlerin 36'sı hedef dışı olarak avlanan tür (%46). Av araçlarına göre tür dağılımı tablo 3' de verilmektedir.

Tekirdağ ilinde su ürünleri avında en fazla kullanılan av araçları sırasıyla; algarna, voli, uzatma, dip ve gır gır ağlarıdır (Şahin (Özen), 2006). Marmara Ereğlisi'nde kullanımı son zamanlarda azalsa da algarna takımları ve uzatma ağlarının yaygın olarak, olta takımları mevsimsel olarak kullanılmaktadır. Mevcut av araçlarının kullanım süresi Tarım ve Orman Bakanlığınca yayınlanan Su Ürünleri Sirküleri ve tekne başına düşen birim av gücü belirleyici faktör olduğu ifade edilmektedir.

Olta takımı; olta ipi, beden, köstek ve iğneyi bir arada bulduran ve av yapabilen vasıtalar (Anonymous, 2020 b). Çapariler ana beden, ara beden, köstekler ve 10-30 arasında değişen sayıdan olta iğnesi olan olta takımları olup, iğneye uçuların kuyruk ve kanatlarındaki kalem tüyler, göğüs ve kanat altlarındaki bir tarafı kambur diğer tarafı geniş kısa tüyler takılmaktadır (Megep, 2008). Marmara Denizi'nde lüfer avında, uzun olta, lüfer oltası, gezer lüfer oltası, lüfer çaparisi, hırsızlı olta, mavruka, mantarlı olta ve at-çek oltası olmak üzere 8 farklı olta takımı (Ceyhan & Akyol, 2005), Marmara Adası kıyı balıkçılığında istavrit çaparisi, izmarit sinek oltası ve karagöz tekli zokası olmak üzere 3 farklı olta takımı (Akyol ve ark., 2009), Prens Adaları'nda çınakop çaparisi, yemli izmarit çaparisi, uzun olta, istavrit çaparisi, levrek oltası, palamut çaparisi ve mantarlı kefal oltası olmak üzere 7 farklı olta takımı (Akyol & Ceyhan, 2011), Prens Adaları'nda yapılan diğer bir çalışmada balıkçıların zargana ipek oltası, çınakop çaparisi ve lüfer uzun oltası olmak üzere 3 farklı olta takımı kullanılmaktadır (Göktürk & Deniz, 2016). Alıçlı ve ark. (2018) göre Galata Köprüsü'nde oltacılar istavrit, kefal, izmarit, palamut ve sardalye takımları olmak üzere 5 farklı olta takımı kullanılmaktadır. Çiftçi (2019)'e göre Marmara Denizi'nde çınakop, istavrit, palamut ve lüfer çaparileri en çok kullanılan olta takımlarıdır. Marmara Ereğlisi'nde istavrit, lüfer, çınakop ve palamut çaparileri ile lüfer oltası olmak üzere toplamda 5 farklı olta takımının kullanıldığı ve çaparilerde iğnede yeşil floş iplerin tercih edildiği tespit edilmiştir.

Tablo 2. Marmara Denizi'nde ve Marmara Ereglisi'nde kullanılan fanyalı ağların teknik özellikleri**Table 2.** Technical characteristics of the trammel nets used in Marmara Sea and Marmara Ereglisi

| | Ağ çeşidi | Tor ağının göz açıklığı (mm) | Tor ağı ağında kullanılan ip no (210d/) | Fanya ağının göz açıklığı (mm) | Fanya ağında kullanılan ip numarası (210d/) | Mantar bü-yüklüğü (no) | Kurşun ağırlık (g) |
|------------------------------|--------------------|------------------------------|---|--------------------------------|---|------------------------|--------------------|
| Ceyhan ve ark., (2005) | Lüfer alamanası* | 44-64 | 210d/ 2-4 | 220-400 | 210d/ 4-9 | 5-6-8 | 50-100 |
| | Çinakop alamanası* | 43-46 | 210d/ 3-4 | 220-250 | 210d/ 9 | 4-5 | 40-50-100 |
| Akyol & Perçin, (2006) | Alamana* | 46-50-60 | 210d/ 3-4 | - | - | - | - |
| | Barbun* | 32 | 210d/ 2 | - | - | - | - |
| | Bırakma* | 70 | 210d/ 4 | - | - | - | - |
| | Dil* | 80 | 210d/ 4 | - | - | - | - |
| | Marya* | 64-72 | 210d/ 4 | - | - | - | - |
| | Mezgit* | 56-64-72 | 210d/ 3-4 | - | - | - | - |
| | Pisi* | 140 | 210d/ 4 | - | - | - | - |
| Akyol ve ark., (2009) | Alamana | 56 | 210d/ 3 | 280 | 210d/ 6 | 6 | 100 |
| | Difana | 44 | 210d/ 3 | 220 | 210d/ 6 | 3 | 100 |
| | Marya | 80 | 210d/ 3 | 320 | 210d/ 6 | 2 | 40 |
| Yıldız & Karakulak, (2010 a) | Dil* | 84 | 210d/ 2-3 | 400 | 210d/ 9 | 3 | 50 |
| | İskorpit* | 80 | 210d/ 3 | 400 | 210d/ 4 | 2 | 50 |
| | Kefal* | 56-64 | 210d/ 4 | 280 | 210d/ 9 | 4 | 100 |
| | Marya* | 46-50 | 210d/ 3 | 120 | 210d/ 6-9 210d/ 6-9 | 3 | 50 |
| | Marya* | 46-50 | 210d/ 3 | 120 | 210d/ 9 | 3 | 50 |
| | Pisi* | 90 | 210d/ 3 | 240 | 210d/ 9 | 2 | 50 |
| | Tekir* | 34-36 | 210d/ 2-3 | 120-360 | 210d/ 4-6 | 2-3 | 40-50 |
| Yıldız & Karakulak, (2010 b) | Voli* | 46-64 | 210d/ 4 | 240-320 | 210d/ 6-9 | 3-10 | 50-100 |
| | Zargana* | 25.5 | 210d/ 2 | 180 | 210d/ 2 | 4 | 40 |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | Barbun* | 72 | 210/ 2 | 360 | 210d/ 2 | 2 | 30 |
| | Dil* | 80 | 210d/ 4 | 120 | 210d/ 4 | 2 | 40 |
| | İzmarit* | 44 | 210d/ 3 | 80 | 210d/ 3 | 2 | 40 |
| | Kalkan* | 160 | 210d/ 2 | 500 | 210d/ 3 | 2 | 20 |
| | Marya* | 76 | 210d/ 2 | 360 | 210d/ 4 | 4 | 50 |
| | Pisi* | 120 | 210d/ 2 | 360 | 210d/ 2 | 4 | 50 |
| Göktürk & Deniz, (2016) | Çinakop | 18 | 210d/ 2 | 110 | 210d/ 2 | 2 | 8-9 kg |
| | Lüfer | 23 | 210d/ 2 | 100 | 210d/ 3 | 2 | 30-50 |
| | Pisi-Kalkan | 100 | 210d/ 3 | 250 | 210d/ 3 | 2 | 8 kg |
| | Tekir I | 18 | 210d/ 2 | 110 | 210d/ 2 | 1 | 30-40 |
| | Tekir II | 23 | 210d/ 2 | 110 | 210d/ 2 | 2 | 8-9 kg örme |
| Marmara Ereğlisi | Dil* | 64-68 | 210d/ 3 | 160-180 | 210d/ 6 | 3 | 50 |
| | Marya* | 84 | 210d/ 4 | 160 | 210d/ 6 | 3 | 50 |
| | Palamut* | 50 | 210d/ 3 | 160 | 210d/ 9 | 6 | 100 |
| | Pisi* | 140 | 210d/ 4 | 200 | 210d/ 6 | 2-5 | 50 |
| | Tekir (I)* | 32 | 210d/ 2 | 90 | 210d/ 4 | 5 | 40 |
| | Tekir (II)* | 34 | 210d/ 2 | 90 | 210d/ 4 | 2 | 50 |
| | Tekir (III)* | 36 | 210d/ 3 | 90 | 210d/ 6 | 2 | 30 |

*TGB: Tam göz boyu

Tablo 3. Av araçlarına göre hedef ve tesadüfi balık türlerinin dağılımı**Table 3.** Distribution of target and bycatch fish species according to fishing gears

| Av aracı | Hedef Tür | Tesadüfi Tür (ler) |
|---------------------|----------------|--|
| Solungaç Ağı | | |
| Berlam Ağı | Berlam | Kırlangıç, Fener, Dülger, Öksüz, Mercan, İri göz istavrit, İzmirit, Çınakop, Dil |
| Çınakop Ağı | Çınakop | İstavrit, Kolyoz, Uskumru |
| İstavrit Ağı | İstavrit | İzmarit, Tekir, Zargana |
| İzmarit Ağı | İzmarit | İstavrit, Kolyoz, Kupes, Çınakop |
| Kalkan ağı | Kalkan | İrina, Fener, Kırlangıç |
| Lüfer Ağı | Lüfer | Kalkan, Kırlangıç, Palamut, Zargana |
| Sardalye Ağı | Sardalye | Hamsi |
| Uskumru/Kolyoz Ağı | Uskumru/Kolyoz | İstavrit, Çınakop |
| Lüfer/Palamut Ağı | Lüfer/Palamut | Torik |

Fanyalı Ağ

| | | |
|------------|---|--|
| Dil Ağı | Dil | Kırlangıç, Mazak, Berlam, İstavrit, Mezgit, Fener, Lipsos, İskorpit |
| Marya | Eşkine, Dil, Kefal, Kalkan, Levrek, Karagöz, Minakop, Kırlangıç, Berlam | Hedef tür seçilmemektedir |
| Palamut | Palamut | Çınakop, Kolyoz, Lüfer, Sarıkanat, Uskumru |
| Pisi | Pisi | Kalkan, Dülger, Kırlangıç, Levrek, Fener |
| Tekir (I) | Tekir | İspari, Dil, Gelincik, İstavrit, Kolyoz, İskorpit, Kurbağa, Trakonya |
| Tekir (II) | Tekir | İspari, İstavrit, Mercan, Gelincik |

İstavrit Çaparisi

Marmara Denizi'nde istavrit çaparilerinde olta iğnesine, beyaz renkte tüylerin, gümüşü renkte çikolata kağıtlarının, istavrit balığının alt yüzgeci ile kuyruk arasındaki parlak ve beyaz bölgenin, beyaz renkte hindi veya kaz kuyruğu ya da kanat tüylerinin, martının kuyruk veya kanat tüylerinden 3 mm genişliğindeki parçalarının kullanıldığı ifade edilmektedir (Üner, 1958, 1961, 1972, 1992; Bilge, 1974; Mengi, 1977; Pasiner, 1998). Akyol ve ark. (2009)' a göre istavrit çaparilerinde Marmara Adası'nda beyaz horoz veya martı tüyü, Prens Adaları'nda sadece martı tüyü kullanılmaktadır (Akyol &

Ceyhan, 2011). Günümüzde istavrit çaparilerinde iğnede mor, açık yeşil, beyaz, yeşil, turuncu, pembe ve mavi renklerdeki floş iplikler tercih edilmektedir. Marmara Ereğlisi'nde istavrit çaparilerinde iğnede yeşil renkli floşlar tercih edilmektedir.

Marmara Ereğlisi ve Marmara Denizi için hazırlanan istavrit çaparilerinin beden ve köstek misinaları, iğne büyüklüğü ve iğne türü karşılaştırıldığında, Marmara Ereğlisi'ndeki istavrit çaparilerinde sadece daha kalın misinalar kullanılmaktadır (Tablo 4).

Tablo 4. İstavrit avında kullanılan çaparilerin teknik özellikleri

Table 4. Technical characteristics of hook and line used in horse mackerel fishing

| | Beden misinası çapı (mm) | Köstek misinası çapı (mm) | Köstek boyu | Kösteklerarası mesafe | İğne büyüklüğü | İğne türü | İğne sayısı (adet) | Kurşun ağırlık (g) |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--|---------------|--------------------|--------------------|
| Özalpsan (1955) | 0.25 mm | 0.25 | - | - | 3-4 no | - | - | - |
| Üner (1958) | 0.25 | 0.20 0.25 | 12-13 cm (iğne hariç) | - | 6 no | - | 10 25 | - |
| Üner (1972) | 0.25 | 0.20 0.25 | 13-14 cm (iğne hariç) | - | Qual 1799 5-6 no (iriler için) 8 no (kraça için) | - | 20 25 | 150 200 |
| Bilge (1974) | 0.30 | 0.25 0.30 | 12-15 cm | - | 7-8 no | Düz | 12-20 | - |
| Bilge (1978) | 0.30 | 0.25 0.30 | - | - | 5-6-7 no | Düz/ Çapraz | 10-12- 20 | - |
| Mengi (1977) | 0.25 0.30 | 0.25 0.30 | 12-20 cm | - | - | - | 15-25 | 100 200 |
| Üner (1984) | 0.35 | 0.25 0.30 | 13 cm | 13 cm | 6 no | - | - | 150 240 |
| Pasiner (1998) | 0.35 | 0.30 0.25 | 13 cm | 13 cm | 6 no | - | 15 25 | 150 240 |
| Akyol ve ark., (2009) | 0.50 | 0.25 | 10 cm | 200 cm | Sinek iğne | Çapraz/Düz | 15-20 | 150 |
| Ertan (2010) | 0.25 0.30 0.35 0.40 | 0.25 0.30 0.35 | - | - | Balık büyüklüğüne göre | - | 15 20 25 | - |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | 0.40 | 0.30 | 20 cm | 50 cm | Sinek iğneden bir no büyük | - | 20 | 300 |
| Alıçlı ve ark., (2018) | 0.15 0.25 | - | - | - | 10 no 11 no | Çapraz Düz | 10 10 | 60 |
| Marmara Ereğlisi | 0.30 0.35 | 0.25 0.30 | 25 cm 50 cm | 25 cm 30 cm | 7 no 6 no | Düz Düz | 30 90 | 200 350 |

Lüfer-Çınakop Çaparisi

Lüfer 10-20 cm uzunluğa eriştiğinde çınakop, 25-30 cm uzunluğa eriştiğinde lüfer ismini alır. Marmara Denizi'nde çınakop çaparileri ocak ve nisan (Türkan, 1957), Prens Adaları'nda beyaz tüyler kullanılarak yıl boyu (Akyol & Ceyhan, 2011), yem olarak zargana ve gümüş balıkları kullanıldığında eylül ve mayıs ayında av yapılabilmektedir (Göktürk & Deniz, 2016). Lüfer Marmara'da eylül ve ekim ayında çaparilere horoz ya da beyaz renkte hindi tüyü takılarak avlanmaktadır (Ceyhan & Akyol, 2005). Çınakop Marmara Ereğlisi'nde çaparilere beyaz horoz tüyü takılarak şubat ve mart aylarında avlanmaktadır.

Halen Marmara Denizi'nde kullanılan çınakop çaparileri ile Marmara Ereğlisi'nde kullanılan çınakop çaparileri karşılaştırıldığında Marmara'da çınakop çaparilerinde beden ve kösteklerde daha kalın misinaların ve sayıca daha fazla iğnenin tercih edildiği tespit edilmiştir. Marmara Ereğlisi'nde lüfer

çaparilerinde beden ve kösteklerde daha ince misinalar tercih edilirken iğne sayısı diğerlerine göre daha fazladır (Tablo 5).

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 5/2 numaralı su ürünleri sirkülerinde çaparilerde iğne sayısı 10 adet olarak sınırlandırılmaktadır (Anonymous, 2020 b). Marmara Ereğlisi'nde sadece çınakop çaparilerinde olta iğnesi sayısının 10 adet olduğu tespit edilmiştir.

Palamut Çaparisi

Ülkemizde palamut avı, İstanbul Boğazında, kısmen de Marmara'da çaparilerle yapılmaktadır. Marmara Denizi'nde palamut avı ağustos ayının başından kasım ayı ortalarına kadar devam eder (Üner, 1969 b). Palamut su üstü çaparilerinde olta iğnesine vanoz halde iken martı, kaz, tercihen kırmızı renkte horoz tüyü, kırçılı ördek tüyü, palamut haline geldiğinde beyaz martı, kaz, kırmızı veya beyaz renkte horoz tüyü (Üner, 1961; Mengi, 1977), torik boyuna ulaştığında kırmızı renkte horoz tüyü kullanılarak avlanır (Üner, 1961). Üner

(1961)' e göre palamut Boğaziçi, Kumkapı, Adalar çevresine geldiklerinde dipli palamut çaparısına kırmızı renkte horoz tüyü takılarak avlanmaktadır. Palamut Büyükada civarında iğneye beyaz horoz veya hindinin hav tüyü takılarak avlanmaktadır (Akyol & Ceyhan, 2011). Palamut Marmara Ereğlisi'nde iğneye kırçılı floşlar takılarak avlanmaktadır. Palamut çaparisi eylül, ekim ve kasım aylarında kullanılmaktadır.

Palamut çaparilerinde, Marmara Denizi'nde, Marmara Ereğlisi'ne göre bedende ve köstekte daha kalın misina, sayıca daha fazla ve daha büyük iğnelerin kullanıldığı tespit edilmiştir. Marmara Denizi'nde palamut çaparilerinde düz ya da çapraz iğneler kullanılırken, Marmara Ereğlisi'nde sadece düz iğnelerin tercih edilmektedir (Tablo 6).

Lüfer Oltası

Lüfer oltası, uzun palalı tek bir iğne ya da çelik bir bedene sıra ile bağlanan en az 3 kısa saplı iğne ile hazırlanan ve çoğunlukla lüfer avında kullanılan olta takımıdır. Oltada yem olarak yaprak haline getirilmiş ya da bütün halde zargana kullanılmaktadır (Üner, 1969 a). Marmara Denizi'nde lüfer uzun oltasına yem olarak zargana, istavrit ve kolyoz balıkları takılmaktadır (Ceyhan & Akyol, 2005). Prens Adaları'nda oltaya zargana takılarak çınakop, lüfer ve palamut avlanmaktadır (Akyol & Ceyhan 2011; Göktürk & Deniz, 2016). Marmara

Ereğlisi'nde lüfer oltasına zargana, istavrit ve kefal yavruları takılarak eylül-kasım aylarında lüfer avlanmaktadır.

Marmara Denizi ve Marmara Ereğlisi'nde lüfer avı için kullanılan oltalar karşılaştırıldığında, Marmara'da oltalarda daha kalın misinalar ve daha büyük numaralı iğneler kullanılırken, Marmara Ereğlisi'ndeki olta takımlarında köstekte daha kalın misinanın kullanılmaktadır (Tablo 7).

Algarna Takımı

Algarna, dip trolünün ağız bölümüne, yatay ve dikey açıklığı sabitlemek için donatılan bir çerçeve ve ağ bölümünden oluşan av aracıdır (Aydın ve ark., 2005). Marmara Denizi'nde avcılığın yasak olduğu zaman ve sahalar haricinde kullanılan karides algarnalarında ağız yüksekliği en fazla 50 cm, ağ göz açıklığı en az 32 mm ve torba boyu 11 m yi geçemez (Anonymous, 2020 a). Marmara Ereğlisi'nde kullanılan karides algarnalarında da giriş yüksekliği 50 cm, torba uzunluğu 11 m, ağ göz açıklığı 32 mm (tam göz boyu), ağ gözü ip kalınlığı 210d/12 numara olarak tespit edilmiştir (Tablo 8). Marmara Ereğlisi'nde algarlara takımlarında T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Resmi Gazete 'de yayınlanan "5/1 numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ" e göre dizayn edilmektedir.

Tablo 5. Lüfer avında kullanılan çaparilerin teknik özellikleri

Table 5. Technical characteristics of hook and line used in blue fish fishing

| | Olta çeşidi | Beden misinası çapı (mm) | Köstek misinası çapı (mm) | Köstek boyu | Köstekler arası mesafe | İğne büyüklüğü | İğne türü | İğne sayısı (adet) | Kurşun ağırlık (g) |
|-------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| Üner (1969 a) | Çınakop Sarıkanat Lüfer | 0.50 0.60 | 0.40 | 20-25 cm (iğne hariç) | - | 1 no (1799 kalite) | - | 25-30 | - |
| Üner (1969 a) | Kofana | 0.90 0.100 | 0.60 0.80 | - | - | 7-8 no (900 kalite) | - | 25-30 | 200 250 |
| Pasiner (1998) | Çınakop | 0.40 | 0.35 | 5 cm | - | 3 no 4 no | - | 30-35 | 200 240 |
| Pasiner (1998) | Çınakop (Sarı-kanat) | 0.40 | 0.35 | 20 cm | - | 1 no 2 no | - | 25-30 | - |
| Ceyhan & Akyol, (2005) | Lüfer | 0.45 0.50 | 0.35 0.45 | 11.5 cm | 26.2 cm | 3 no 4 no | Düz | 20 | 1000 |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | Çınakop | 0.50 | 0.20 | 20 cm | 10 cm | 4 no | Çapraz | 20 | 100 |
| Göktürk & Deniz, (2016) | Çınakop | 0.40 0.60 | 0.20 0.30 | 20 cm | 10 cm | 4 no | Düz | 20 | 100 |
| Marmara Ereğlisi | Lüfer (I) | 0.40 | 0.40 | 50 cm | 100 cm | 3 no | Düz | 40 | 90 |
| | Lüfer (II) | 0.40 | 0.35 | | | 2 no | | | |
| | Çınakop (I) | 0.35 | 0.30 | 35 cm | 50 cm | 4 no | Düz | 10 | - |
| | Çınakop (II) | 0.35 | 0.30 | 25 cm | 30 cm | 2 no | Düz | 10 | 200 |

Tablo 6. Palamut avında kullanılan çaparilerin teknik özellikleri**Table 6.** Technical characteristics of hook and line used in bonito fishing

| | Oltta çeşidi | Beden misinası çapı (mm) | Köstek misinası çapı (mm) | Köstek boyu | Köstekler arası mesafe | İğne büyük- lüğü | İğne türü | İğne sayısı (adet) | Kurşun ağırlık (g) |
|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-----------|--------------------|--------------------|
| Üner (1969 a) | Çınakop Sarıkanat Lüfer | 0.50 0.60 | 0.40 | 20-25 cm (iğne hariç) | - | 1 no (1799 kalite) | - | 25-30 | - |
| Üner (1969 a) | Kofana | 0.90 0.100 | 0.60 0.80 | - | - | 7-8 no (900 kalite) | - | 25-30 | 200 250 |
| Pasiner (1998) | Çınakop | 0.40 | 0.35 | 5 cm | - | 3 no 4 no | - | 30-35 | 200 240 |
| Pasiner (1998) | Çınakop (Sarı-kanat) | 0.40 | 0.35 | 20 cm | - | 1 no 2 no | - | 25-30 | - |
| Ceyhan & Akyol, (2005) | Lüfer | 0.45 0.50 | 0.35 0.45 | 11.5 cm | 26.2 cm | 3 no 4 no | Düz | 20 | 1000 |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | Çınakop | 0.50 | 0.20 | 20 cm | 10 cm | 4 no | Çapraz | 20 | 100 |
| Göktürk & Deniz, (2016) | Çınakop | 0.40 0.60 | 0.20 0.30 | 20 cm | 10 cm | 4 no | Düz | 20 | 100 |
| Marmara Ereğlisi | Lüfer (I) | 0.40 | 0.40 | 50 cm | 100 cm | 3 no | Düz | 40 | 90 |
| | Lüfer (II) | 0.40 | 0.35 | | | 2 no | | | |
| | Çınakop (I) | 0.35 | 0.30 | 35 cm | 50 cm | 4 no | Düz | 10 | - |
| | Çınakop (II) | 0.35 | 0.30 | 25 cm | 30 cm | 2 no | Düz | 10 | 200 |

Tablo 7. Lüfer avında kullanılan oltanın teknik özellikleri**Table 7.** Technical characteristics of hook and line used in blue fish fishing

| | Beden misina çapı (mm) | Ara beden misina çapı (mm) | Köstek misina çapı (mm) | İğne büyüklüğü | İğne türü | İğne sayısı (adet) | Kurşun (g) |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------|-----------|--------------------|-----------------|
| Ceyhan & Akyol, (2005) | 0.60-0.80 | 0.40-0.60 | 0.40-0.60 | 4-5 no | Düz | 2-3 | 200 500 |
| Akyol & Ceyhan, (2011) | 0.60 | 0.60 | 0.60 | - | Düz | 1 | 50-170 (3 adet) |
| Göktürk & Deniz, (2016) | 0.60 | 0.60 | 0.30 | - | Düz | 1 | 40 60 100 |
| Marmara Ereğlisi | 0.60 | 0.50 | 0.70 | 3 no | Düz | 3 | 250 |

Tablo 8. Algarna takımlarının teknik özellikleri**Table 8.** Technical characteristics of beam trawl

| | Kiris | | Torba | | |
|------------------------|--------|-----------|--------|-------------------|------------------------------|
| | Boy | Yükseklik | Boy | Ağın göz açıklığı | Ağın iplik numarası (210 d/) |
| Erden & Erim, (1971) | - | 50 cm | 3 m | 1.0 mm | - |
| Erden & Erim, (1971) | 5 m | 50 cm | 13.2 m | 2.2 mm | 4x8 mm |
| Bayhan ve ark., (2006) | 3.5 m | 60 cm | 6.3 m | 2.4 mm | 210d/ 12 no |
| Yazıcı ve ark., (2006) | 3.25 m | 50 cm | 7 m | 1.2 mm | 210d/ 12 no |
| | 2.5 m | 50 cm | 6 m | 1.6 mm | 210d/ 12 no |
| Zengin & Akyol, (2009) | 5-6 m | 50-60 cm | 11 m | 2.4 mm | 210d/ 12 no |
| Bök ve ark., (2011) | 7 m | 50 cm | - | 3.6-4.0 mm | - |
| İşmen ve ark., (2018) | 5 m | 50 cm | 11 m | 3.2 mm | 210d/ 12 no |
| Daban ve ark., (2020) | 5 m | 50 cm | 6 m | 3.2 mm | - |
| Marmara Ereğlisi | 5 m | 50 cm | 11 m | 1.6 mm | 210d/ 12 no |

Marmara Ereğlisi'nde algarna takımlarının çekim hızı 1.5-2.5 mil/saat arasında değişmektedir. Çekim sırasında iki algarna takımı aynı zamanda kullanılacaksa aralarında yaklaşık olarak 25 kulaçlık mesafe bırakılmaktadır. Algarna takımları dip yapısının çamurlu olduğu 27-40 kulaç arasındaki derinliklerde çekilmektedir.

Marmara Denizi'nde algarna çekimlerinde Şarköy, Eriklice, Kalamış ve Mürefte kıyılarında 9 (Erden & Erim, 1971), Güneydoğu Marmara Denizi'nde 27 (Bayhan ve ark., 2006), Marmara Denizi'nin güneybatısında 20 (Yazıcı ve ark., 2006), Silivri-Tekirdağ arasında kalan sahada 24 (Öztürk, 2009), Marmara Denizi'nde 28 (Zengin & Akyol, 2009), Kuzey Marmara Denizi'nde 29 (Bök ve ark., 2011), Marmara Denizi'nde farklı örnekleme sahalarında 17 (Daban ve ark., 2020) ve 6 farklı bölgede yapılan çekimde 49 farklı balık türü avlanmaktadır (İhsanoğlu & İşmen, 2020). Marmara Ereğlisi'nde algarna takımları ile 11 farklı balık türü (barbun, berlam, dil, fener, hani, istavrit, izmarit, kalkan, kırlangıç, mezgit ve tekir) avlanmaktadır. Bu türlerden hani, izmarit ve kırlangıç balıkları en fazla avlanan türler arasında olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç

Tekirdağ Karadeniz ve Marmara Denizi'ne kıyısı olan nadir illerimizdendir. Balıkçılık ağırlıklı olarak dip yapısının çamur, kum, taş ya da kayalık olduğu bölgelerde gerçekleştirilmektedir. İldeki bazı sahaların balıkçılığa kapalı olması bölgedeki balık topluluğuna gerek tür çeşitliliği gerekse miktar yönünden önemli derecede katkı sağlamaktadır. Bölgenin su

ürünleri üretiminde derin su pembe karidesi ya da Marmara karidesi olarak bilinen *Parapenaeus longirostris* L. 1758 ve deniz balıkları oldukça büyük önem taşımaktadır. Algarna takımlarının kullanımının yasaklandığı dönemlerde ise bölgede ağırlıklı olarak uzatma ağıları kullanılmaktadır.

Marmara Ereğlisi'nde algarna ve olta takımları haricinde 15 farklı uzatma ağı takımı kullanılmaktadır. Bu ağ takımları ile hedef türler dahil olmak üzere 38 farklı balık türü avlanmaktadır. Bu türlerin 18'i hedef dışı olarak avlanan türlerdir (%49). Bu tür sayısı yörenin küçük ölçekli balıkçılık faaliyeti için önemli bir potansiyele sahip olduğunun bir göstergesidir.

Marmara Ereğlisi ve Marmara Denizi'nde benzer av araçları üzerine yapılmış çalışmalarda, solungaç ve fanyalı ağ takımlarında ağ gözü açıklığı ve ip kalınlığı, olta takımlarında beden ve köstek misina kalınlığı ile iğnelerin tür ve büyüklüğünde benzerlikler görülmüştür. Bu sonuç özellikle envanter çalışmaları için değerli olup, Marmara Denizi'nde benzer av araçlarında belirli bir standardizasyona ulaşıldığını göstermektedir. Marmara Ereğlisi'nde algarna takımlarının ağız yüksekliği, göz açıklığı, torba boyu ve giriş boyu T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan ve Resmi Gazete'de yayınlanan "5/1 numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ" e göre hazırlandığı için algarna takımlarının dizaynının da Bakanlıkça belirlenen sınırlar içinde kalınmaktadır.

Bu araştırma ve Marmara Denizi'ne kıyısı bulunan diğer sahalarında yapılacak benzer araştırmalar birlikte Marmara Denizi'nin balıkçılık potansiyelinin daha net ortaya konulmasını

sağlayacaktır. Bu çalışmada tespit edilen her tür tür çeşitliliği, minimum av boyu ve popülasyon büyüklüğünün tespiti gibi çalışmaları beraberinde getirecektir. Seçicilik parametrelerinin tespiti araştırmaları av aletlerinin gerekli olduğu taktirde yeniden dizayn edilmesini sağlayarak mevcut tür ya da türler üzerindeki av baskısını azaltarak, popülasyonların korunmasını ve sürdürülebilir balıkçılığı sağlayacaktır.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: İstanbul Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu- 2023-1781318

Veri erişilebilirliği: Veriler talep üzerine sağlanacaktır.

Finansal destek: -

Teşekkür: Çalışmamın veri toplama aşamasında yardımlarını esirgemeyen Marmara Ereğlisi balıkçılarına ve özellikle Numan Baydar'a teşekkür ederim.

Açıklama: -

Kaynaklar

Akyol, O., & Ceyhan, T. (2011). Prens Adaları (İstanbul) kıyı balıkçılık av araçları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 28(4), 117-125.

Akyol, O., Ceyhan, T., & Ertosluk, O. (2009). Marmara Adası kıyı balıkçılığı ve balıkçılık kaynakları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 26(2), 143-148.

Akyol, O., & Perçin, F. (2006). Tekirdağ ili (Marmara Denizi) kıyı balıkçılığı ve sorunları. *Ege Su Ürünleri Dergisi*, 23(3-4), 143-148.

Alıçlı, T.Z., Doğan, K., & Altunay, M.A. (2019). Marmara Ereğlisi (Tekirdağ) küçük ölçekli balıkçılık faaliyeti ve balıkçıların sosyo-ekonomik yapısının analizi. *Aquatic Research*, 2(4), 200-210.

<https://doi.org/10.3153/AR19019>

Alıçlı, T.Z., Göktürk, D., & Deniz, T. (2018). Galata Köprüsü olta balıkçılığının av araçları, birim çabadaki av miktarları ve sosyolojik özellikleri bakımından yapısal analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(3), 339-352.

<https://doi.org/10.18016/ksudobil.330559>

Alpbaz, A., & Özen, A. (1996). Tüm Yönleri ile Olta Balıkçılığı, Kendi Yayını, s 415, Türkiye.

Anonymous (2015). Artisanal Fishery. <http://www.thefishproject.weebly.com> (Erişim tarihi:18.07.2023).

Anonymous (2020 a). Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=34823&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 15.11.2023).

Anonymous (2020 b). Tarım ve Orman Bakanlığı. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=34822&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 15.11.2023).

Anonymous (2021). 2021 Yılı Tarım Raporu. <https://www.tekirdag.tarimorman.gov.tr> (Erişim tarihi: 15.11.2023).

Aydın, C., Gurbet, R., & Ulaş, A. (2005). Algarna takımlarının av kompozisyonu ve balıkçılık ortamına etkileri. *Ege Üniversitesi su Ürünleri Dergisi*, 22(1-2), 39-42.

Bayhan, Y.K., Çiçek, E., Ünlüer, T., & Akkaya, M. (2006). Güneydoğu Marmara'da algarna ile karides avcılığında av kompozisyonu ve hedef dışı av. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3-4), 277-283.

Bilge, İ. (1974). Balık ve Amatör Balıkçılık. Kardeş matbaası, s 235, Türkiye.

Bilge, İ. (1978). Balık ve Amatör Balıkçılık. s 351, Türkiye.

Bök, T.D., Göktürk, D., & Kahraman, A.E. (2011). Bycatch in 36 and 40 mm PA Turkish twin rigged beam trawl codends. *African Journal of Biotechnology*, 10(37), 7294-7302.

Ceyhan, T., & Akyol, O. (2005). Marmara Bölgesi'nde lüfer (*Pomatomus saltatrix* L., 1766) avcılığında kullanılan olta takımları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(3-4), 351-355.

Ceyhan, T., Akyol, O., & Ayaz, A. (2005). Marmara Bölgesi'nde lüfer (*Pomatomus saltatrix* L., 1766) avcılığında kullanılan alamana ağları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 22(3-4), 447-450.

Çiftçi, M. (2019). İstanbul İli Küçük Ölçekli Balıkçılık Profili Üzerine Bir Araştırma.

<http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/61172.pdf>
(Erişim tarihi: 27.11.2023).

Daban, İ.B., İhsanoğlu, M.A., İşmen, A., & İnceoğlu, H. (2020). Length-weight relationships of 17 teleost fishes in the Marmara Sea, Turkey. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(5), 1245-1256.
<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.682467>

Erden, İ.S., & Erim, A. (1971). Karides Algarnasının Denenmesi Tecrübeleri, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Enstitüsü. Şirketi Mürettibiye Basımevi, s 17. Türkiye.

Ertan, A. (2010). İstanbul Boğazı'nda Balıkçılık, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, s 147 Türkiye. ISBN-10: 9786053961222

Göktürk, D., & Deniz, T. (2016). İstanbul Prens Adaları'nda küçük ölçekli balıkçılık yapısının değerlendirilmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 19(4), 415-424.

İhsanoğlu, M.A., & İşmen, A. (2020). Marmara Denizi biyoçeşitliliği ve derinsu pembe karidesi av miktarı. *Aquatic Research*, 3(2), 85-97.
<https://doi.org/10.3153/AR20008>

İşmen, A., İnceoğlu, H., İhsanoğlu, M.A., Yiğın, C., Çardak, M., Daban, B., Kocabaş, E., Özer, Z., Kara, A., Şirin, M., & Öktener, A. (2018). Length-weight relationships and abundance distribution of triglidae species caught by beam-trawl in the Sea of Marmara. *Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi*, 1(1), 13-19.

Megep (2008). Olta Avcılığı, .TC. Milli Eğitim Bakanlığı, s 60, Türkiye. https://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul-ler_pdf/Olta%20Avc%20C4%B1%20C4%B1%20C4%9F%20B1.pdf (Erişim tarihi: 18.06.2023).

Mengi, T. (1977). Balıkçılık Tekniği. Mat/Er Matbaası. s 286, Türkiye.

Özalpsan, C. (1955). Oltacılık ve muhtelif olta çeşitleri. *Balık ve Balıkçılık*, 3(7), 23-26.

Öztürk, B. (2009). Investigations of the Rose Shrimp *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) in the Northern Marmara Sea. *Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment*, 15(2-3), 123-134.

Pasiner, A. (1998). Balık ve Olta (2. Baskı), Remzi Kitapevi, s 372. Türkiye.

Şahin (Özen), S. (2006). Tekirdağ ili deniz balıkçılığının sosyo-ekonomik durumu ve pazarlama yapısı. <https://dSPACE.trakya.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/trakya/1515/267.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Erişim tarihi: 27.11.2023).

Türğan, G. (1957). Lüfer *Temnedon saltator* CUVIER. *Balık ve Balıkçılık*, 5(6), 9-14.

Ünal, V. (2003). Yarı zamanlı küçük ölçekli balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi, Foça (Ege Denizi). *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, (1-2), 165-172.

Üner, S. (1958). Çaparı yapılışı ve avlanma usulü (Kısım II). *Balık ve Balıkçılık*, 6(5), 17-20.

Üner, S. (1961). Olta takımları ve yedek aksamaları (Kısım I). *Balık ve Balıkçılık*, 9(3), 7-11.

Üner, S. (1969a). Lüfer ve avcılığı (III). *Balık ve Balıkçılık*, 17(1), 15-20.

Üner, S. (1969b). Palamut-Torik (Kısım I). *Balık ve Balıkçılık*, 17(11), 13-16.

Üner, S. (1972). İstavrit avcılığı ve yemekleri. *Balık ve Balıkçılık*, 20(5), 27-30.

Üner, S. (1984). Balık Avcılığı ve Yemekleri. İnkılap Yayınevi, Türkiye.

Üner, S. (1992). Balık Avcılığı ve Yemekleri. İnkılap Yayınevi. 192 s, Türkiye.

Yazıcı, M.F., İşmen, A., Altınağaç, U., & Ayaz, A. (2006). Marmara Denizi'nde karides algarnasının av kompozisyonu ve hedeflenmeyen av üzerine bir çalışma. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3-4), 269-275.

Yıldız, T., & Karakulak, F.S. (2010 a). İstanbul kıyı balıkçılığında dip uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 27(1), 19-24.

Yıldız, T., & Karakulak, F.S. (2010b). İstanbul kıyı balıkçılığında pelajik uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 27(1), 25-29.

Zengin, M., & Akyol, O. (2009). Description of by-catch species from the coastal shrimp beam trawl fishery in Turkey.

Journal of Applied Ichthyology, 25(2), 211-214.
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01218.x>



The journal "AQUATIC RESEARCH" establishes the highest standards of publishing ethics and benefits from the contents of the [International Committee of Medical Journal Editors \(ICMJE\)](#), [World Association of Medical Editors \(WAME\)](#), [Council of Science Editors \(CSE\)](#), [Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#), [European Association of Science Editors \(EASE\)](#), [Open Access Scholarly and Publishers Association \(OASPA\)](#), and [Directory of Open Access Journals \(DOAJ\)](#).

All authors submitting their works to the "AQUATIC RESEARCH" journal for publication as original articles attest that the submitted works represent their authors' contributions and have not been copied or plagiarised in whole or in part from other works. The authors acknowledge that they have disclosed all and any actual or potential conflicts of interest with their work or its partial benefits. Similarly, the "AQUATIC RESEARCH" journal is committed to objective and fair double-blind peer review of the submitted works for publication and to preventing any actual or potential conflict of interest between the editorial and review personnel and the reviewed material.

The copyright of any open-access article in the "AQUATIC RESEARCH" journal published on the "ScientificWebJournals" web portal hosted by "[DergiPark](#)" belongs to the author(s).

Journal Publisher Policy

1. Aims and Scope

"Aquatic Research" journal aims to contribute to the world of science with high-quality publications based on scientific research on aquatic ecosystems. The journal focuses on a wide range of topics, including aquaculture, sustainable water resources management, aquatic biology, marine ecology, and articles covering all fields of aquatic sciences. The journal's publication language is English or Turkish.

2. Scientific Quality and Objectivity

The journal evaluates and publishes research articles and reviews, adhering to high scientific standards. Adhering to the principle of impartiality, it strictly complies with ethical rules to prevent conflicts of interest among editors, referees, and authors.

3. Open Access

The journal adopts an open-access policy that supports open and free access to information. This aims to increase access to scientific knowledge in society at large by making science available to a wider audience.

Open-access articles in the journal are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.



5. Ethical Standards

The journal maintains a rigorous attitude towards upholding ethical standards among authors and reviewers. The processes of evaluating the effects of research on humans, animals and the environment are carried out in full compliance with national and international ethical rules.

6. Peer Review

The journal employs a double-blind referee system. Referees are selected among experts and experienced people in their fields. The peer review process involves subjecting articles to rigorous review in terms of scientific content, methodology and ethics.

7. Author Rights and Licensing

The journal respects the property rights of authors and grants appropriate licenses to articles. It allows articles to be freely shared and used by others using appropriate licensing models, such as Creative Commons licenses.

8. Diversity and Inclusion

The journal encourages diversity among authors, editors, and reviewers. It fights against inequalities in the scientific world, considering gender, geographical origin, discipline, and other elements of diversity.

9. Communication and Transparency

The journal promotes open communication between authors, reviewers and readers. Publisher policies, article evaluation processes and other important information are transparently published on the journal's website.

10. Archiving

Journal archiving is conducted following the **Republic of Türkiye Ministry of Industry and Technology TÜBİTAK Turkish Academic Network and Information Center (ULAKBİM) "DergiPark"** publication policy ([LOCKSS](#)).

Publication Ethics

1. Scientific Neutrality and Objectivity:

All publications must reflect an impartial and objective perspective. If there are any conflicts of interest, authors must clearly state these conflicts of interest.

2. Scientific Soundness:

Articles should be based on a solid methodology and reliable results. The accuracy of statistical analyses should be at the forefront.

3. Ethical Standards:

The journal supports the principles of the Basel Declaration (<https://animalresearchtomorrow.org/en>) and the guidelines published by the International Council for Laboratory Animal Science (<https://iclas.org/>). In this regard, the research must fully comply with the relevant ethical rules and standards. International ethics committees must conduct studies on humans, animals, or the environment and must be confirmed by the authors of the journal.

For research submitted to this journal, authors are advised to comply with the [IUCN Policy Statement on Research Involving Species at Risk of Extinction and the Convention on Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora for research involving plants](#).

4. Originality and Plagiarism:

Publications must be original, and appropriate attribution must be made when quoting other sources. In our journal, plagiarism is considered a serious crime. For this reason, all articles submitted to the "Aquatic Research" journal must undergo a preliminary evaluation. Advanced Plagiarism Detection Software (iThenticate, etc.) tools will be used.



5. Open Access:

The journal adopts open access principles to promote open and free access to information and complies with the [Budapest Open Access Initiative](#) (BOAI) definition of open access. Open-access articles in the journal are licensed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license.

All journal processes are free of charge. No article processing, submission, or publication fee is charged for submitted or accepted articles.

Peer Review

1. Confidentiality:

The peer review process should be carried out per the principles of double-blind refereeing. Reviewers and authors should not know each other's identities.

2. Expertise:

Referees should be selected among experts and experienced people in relevant fields. Referees must be trusted to make an impartial and ethical assessment.

3. Timely Evaluation:

The peer-review process must be completed on time to publish the articles quickly. Time limits should be set for referees to evaluate within a certain period.

4. Open Communication:

Reviewers should be encouraged to provide open and constructive feedback to authors and editors.

Author Guidelines

1. Article Format:

Authors must write in the article format determined by the journal. Sections such as title, abstract, keywords, introduction, method, findings, discussion and references should be included. All submissions are screened by similarity detection software. The similarity rate in the articles sent to the journal should be below 20%.

2. Citations and Sources:

Authors must appropriately cite the sources used by scientific standards.

3. Submission Process:

Authors must comply with the specified submission process when submitting their articles to the journal. This process should include evaluating, editing and publishing the article.

Manuscripts can only be submitted through the journal's online manuscript submission and evaluation system, available at <http://dergipark.gov.tr/journal/2277/submission/start>.

"Aquatic Research" journal requires corresponding authors to submit a signed and scanned version of the copyright transfer, ethics, and authorship contribution form (available for download at <https://dergipark.org.tr/en/download/journal-file/19583>)

ICMJE Potential Conflict of Interest Disclosure Form (should be filled in by all contributing authors) Download this form from <http://www.icmje.org/conflicts-of-interest/> fill and save. Send this to the journal with your other files.

4. Research Funding and Conflicts of Interest:

Research funding sources and conflicts of interest should be clearly stated. It is important to disclose and not conceal conflicts of interest.



5. Language:

Articles should be written to a scientific journal standard, and care should be taken regarding grammar and spelling errors.

Editors' Responsibilities

1. Maintaining High Scientific Standards:

To ensure that the articles published in the journal comply with high scientific standards.

To ensure full compliance with ethical rules and journal policies.

2. Managing the Article Evaluation Process:

To effectively manage the article evaluation process and support a rapid publication process.

To adopt the principles of double-blind arbitration and maintain the principles of expertise and impartiality in selecting arbitrators.

3. Making Editorial Decisions:

Consider referee evaluations to make decisions about accepting or rejecting articles for publication.

Maintaining transparency and openness in the editorial process.

4. Contact with Authors:

Maintaining effective and constructive communication with authors.

They provide authors with regular updates on the status of their articles, correction requests, and publication dates.

5. Managing Journal Policies:

Keep the journal's policies and guidelines updated and revise them as needed.

To provide a reliable platform between readers and writers.

Responsibilities of Referees

1. Objectivity and Expertise:

To comply with the principles of double-blind refereeing and to evaluate articles impartially.

Evaluating articles by focusing on areas of expertise on the subject.

2. Privacy and Reliability:

To protect the confidentiality of the article evaluation process.

Provide reliable and constructive feedback to authors, journal editors, and other reviewers.

3. Timely Evaluation:

Evaluating articles by the timelines determined by the journal.

Informing editors promptly in case of delays.

4. Compliance with Ethical Rules:

To ensure full compliance with ethical standards and journal policies.

Clearly express conflicts of interest and withdraw from the evaluation process when necessary.

5. Constructive Feedback to Writers:

Provide clear and constructive feedback to authors and suggest improving the article when necessary.



Preparation of the Manuscript

Manuscripts prepared in Microsoft Word must be converted into a single file before submission. Please start with the title page and insert your graphics (schemes, figures, *etc.*) and tables in the one main text (Word Office file).

Title (should be clear, descriptive, and not too long)

Full Name(s) and Surname (s) of author(s)

ORCID ID for all author (s) (<http://orcid.org/>)

Authors complete correspondence Address (es) of affiliations and e-mail (s)

Abstract

Keywords (indexing terms), usually 3-6 items

Introduction

Material and Methods

Results and Discussion

Conclusion

Compliance with Ethical Standards

- **Conflict of Interest:** When you (or your employer or sponsor) have a financial, commercial, legal, or professional relationship with other organisations or people working with them, a conflict of interest may arise that may affect your research. A full description is required when you submit your article to a journal.
- **Ethics committee approval:** Ethical committee approval is routinely requested from every research article based on experiments on living organisms and humans. Sometimes, studies from different countries may not have the ethics committee's approval, and the authors may argue that they do not need support for their work. In such situations, we consult COPE's "Guidance for Editors: Research, Audit, and Service Evaluations" document, evaluate the study with the editorial board, and decide whether or not it needs approval.
- **Data availability:** The data availability statement/data access statement informs the reader where research data associated with an article is available and under what conditions the data can be accessed, and may include links to the dataset, if any.

One of the following should be selected and stated in the submitted article;

1. No data was used for the research described in the article.
2. The data that has been used is confidential.
3. The authors do not have permission to share the data.
4. Data will be made available on request.
5. The author is unable to specify which data has been used or has chosen not to.
6. Other (please explain; for example, I have shared the link to my data in the attached file step).

• **Funding:** If there is any, the institutions that support the research and the agreements with them should be given here.

• **Acknowledgment:** Acknowledgments allow you to thank people and institutions who assist in conducting the research.

• **Disclosure:** Explanations about your scientific / article work that you consider ethically important.

References

Tables (all tables given in the main text)

Figures (all figures/photos shown in the main text)

Manuscript Types

Original Articles: This is the most essential type of article since it provides new information based on original research. The main text should contain "Title", "Abstract", "Introduction", "Materials and Methods", "Results and Discussion", "Conclusion", "Compliance with Ethical Standards", and "References" sections.

Statistical analysis to support conclusions is usually necessary. International statistical reporting standards must conduct statistical analyses. Information on statistical analyses should be provided with a separate subheading under the Materials and Methods section, and the statistical software used during the process must be specified.

Units should be prepared by the International System of Units (SI).

Review Articles: Reviews prepared by authors with extensive knowledge of a particular field

and whose scientific background has been translated into a high volume of publications with a high citation potential are welcomed. The journal may even invite these authors. Reviews should describe, discuss, and evaluate the current knowledge level of a research topic and should guide future studies. The main text should start with the Introduction and end with the Conclusion sections. Authors may choose to use any subheadings in between those sections.

Short Communication: This type of manuscript discusses important parts, overlooked aspects, or lacking features of a previously published article. Articles on subjects within the journal’s scope that might attract the readers’ attention, particularly educative cases, may also be submitted as a “Short Communication”. Readers can also comment on the published manuscripts as a “Short Communication”. The main text should contain “Title”, “Abstract”, “Introduction”, “Materials and Methods”, “Results and Discussion”, “Conclusion”, “Compliance with Ethical Standards”, and “References” sections.

Table 1. Limitations for each manuscript type

| Type of manuscript | Page | Abstract word limit | Reference limit |
|---------------------|-----------|---------------------|-----------------|
| Original Article | ≤30 | 200 | 40 |
| Review Article | no limits | 200 | 60 |
| Short Communication | ≤5 | 200 | 20 |

Tables

Tables should be included in the main document and presented after the reference list, and they should be numbered consecutively in the order they are referred to within the main text. A descriptive title must be placed above the tables. Abbreviations in the tables should be defined below them by footnotes (even if they are defined within the main text). Tables should be created using the “insert table” command of the word processing software and arranged clearly to provide easy reading. Data presented in the tables should not be a repetition of the data presented within the main text but should support the main text.

Figures and Figure Legends

Figures, graphics, and photographs should be submitted through the submission system in the main document's Word files (in JPEG or PNG format). Any information within the images that may indicate an individual or institution should be blinded. The minimum resolution of each submitted figure should be 300 DPI. To prevent delays in the evaluation process, all submitted figures should be clear in resolution and large (minimum dimensions: 100 × 100 mm). Figure legends should be listed at the end of the primary document.

All acronyms and abbreviations used in the manuscript should be defined at first use, both in the abstract and in the main text. The abbreviation should be provided in parentheses following the definition.

When a drug, product, hardware, or software program is mentioned within the main text, product information, including the name of the product, the producer of the product, and city and the country of the company (including the state if in the USA), should be provided in parentheses in the following format: “Discovery St PET/CT scanner (General Electric, Milwaukee, WI, USA).”

All references, tables, and figures should be referred to within the main text and numbered consecutively in the order they are referred to within it.

Limitations, drawbacks, and shortcomings of original articles should be mentioned in the Discussion section before the conclusion paragraph.

References

The citation style and methods that comply with the scientific standards that should be used in the "Aquatic Research" journal for the sources used by the authors in their works are given below.

Reference System is APA 6th Edition (with minor changes)

The APA style calls for three kinds of information to be included in in-text citations. The author's last name and the work's publication date must always appear, and these items must match exactly the corresponding



entry in the references list. The third kind of information, the page number, appears only in a citation to a direct quotation.

....(Bhujel, 2014).

....(Mol & Erkan, 2009).

....(Alofa et al., 2023).

....(Mol & Erkan, 2009; Bhujel, 2014; Alofa et al., 2023).

Citations for a Reference Section:

An article

Alofa, C.S., Olodo, I.Y., Chabi Kpéra Orou Nari, M., Abou, Y. (2023). Effects of the fresh and dried housefly (*Musca domestica*) larvae in the diets of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758): growth, feed utilisation efficiency, body composition, and biological indices. *Aquatic Research*, 6(1), 1-10.

<https://doi.org/10.3153/AR23001>

(if a DOI number is available)

A book in print

Bhujel, R.C. (2014). A manual for tilapia business. CABI Nosworthy Way Wallingford Oxfordshire OX10 8DE UK, 199 p. ISBN 978-1-78064-136-2.

<https://doi.org/10.1079/9781780641362.0000>

(if a DOI number is available)

A book chapter

Craddock, N. (1997). Practical management in the food industry A case study. In Food Allergy Issues for the Food Industry; Lessof, M., Ed.; Leatherhead Food RA: Leatherhead, U.K., pp 25-38. ISBN: 4546465465

A webpage

CDC (2020). Rift Valley Fever | CDC. <https://www.cdc.gov/vhf/rvf/index.html> (accessed 20.08.2020).

Revisions

When submitting a revised version of a paper, the author must submit a detailed “Response to the reviewers” that states point by point how each issue raised by the reviewers has been covered and where it can be found (each reviewer’s comment, followed by the author’s reply and line numbers where the changes have been made) as well as an annotated copy of the main document. Revised manuscripts must be submitted within 15 days from the date of the decision letter. If the revised version of the manuscript is not submitted within the allocated time, the revision option may be cancelled. If the submitting author(s) believe that additional time is required, they should request this extension before the initial 15-day period is over.

Accepted manuscripts are copy-edited for grammar, punctuation, and format. Once the publication process of a manuscript is completed, it is published online on the journal’s webpage as an ahead-of-print publication before it is included in its scheduled issue. A PDF proof of the accepted manuscript is sent to the corresponding author, and their publication approval is requested within two days of their receipt of the proof.