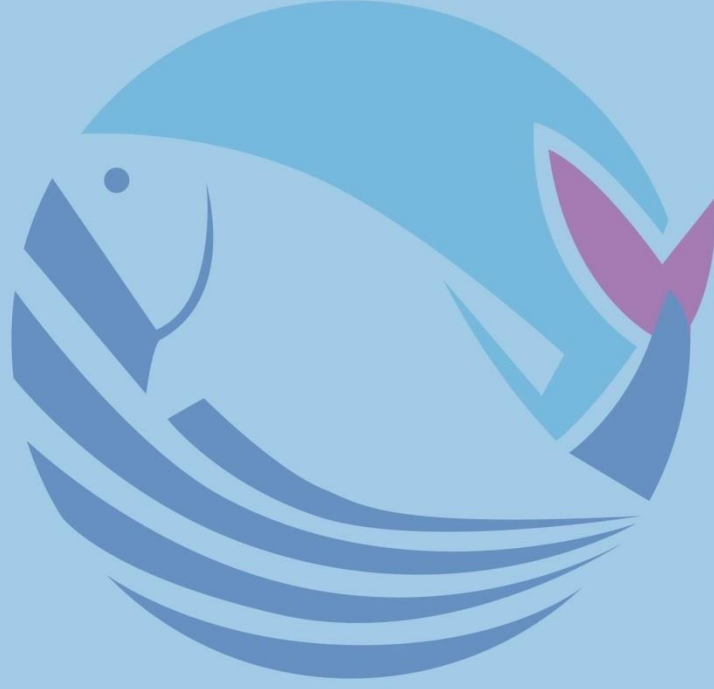


Acta Aquatica Turcica

**Türk Su Bilimleri
Dergisi**



2024

Vol:20

Number:3 | Cilt:20

Sayı:3

e-ISSN: 2651-5474

Yayın Tarihi: Eylül - 2024

ACTA AQUATICA TURCICA
TÜRK SU BİLİMLERİ DERGİSİ
E-ISSN: 2651-5474

(YIL: 2024 – CİLT: 20 – SAYI: 3)

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi
Adına Sahibi /
Owner of Behalf of Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty

Ayşegül KUBİLAY

Baş Editör / Editor in Chief

Yunus Ömer BOYACI

Editörler / Editors

Şengül BİLGİN
Nalan Özgür YİĞİT
Seçil METİN
Mustafa CEYLAN
Salim Serkan GÜÇLÜ
Viktoras LIORANČAS
Tom WIKLUND
Aynur LÖK
Ercüment GENÇ
Selda TEKİN ÖZAN
Hüseyin SEVGİLİ
Mehmet CİLBİZ
Nezire Lerzan ÇİÇEK
Gürkan DİKEN
Öznur ÖZİL
Mehmet Arif ZORAL
Hüseyin KÜÇÜKTAŞ
Laith A. JAWAD
Stamatis ZOGARIS

Mizanpaj Editörleri / Layout Editors

Deniz KARA
Şeydanur KAN
Mustafa AKIN

İngilizce Editörü / English Editor

Aliye SARMAŞIK

İletişim / Contact

Acta Aquatica Turcica
Yayın Komisyonu Başkanlığı,
32260 Doğu Yerleşkesi-İSPARTA
Tel: 0 246 2146401 Faks: 0 246 2146445
<http://dergipark.org.tr/actaquatr>
E-Posta: actaquatr@isparta.edu.tr

E-ISSN: 2651-5474

Yayın Tarihi: Eylül - 2024

ACTA AQUATICA TURCICA
E-ISSN: 2651-5474
(YIL: 2024 – CİLT: 20– SAYI: 3)

YAYIN KURULU / EDITORIAL BOARD*

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

* Liste akademik unvan ve isme göre alfabetik sırayla hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ / RESEARCH ARTICLES:

Edremit Körfezi'nde av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerindeki değişiklikler Alkan Öztekin, Yusuf Şen, Oğuzhan Ayaz, Gençtan Erman Uğur, İsmail Burak Daban, Adnan Ayaz, Fikret Çakır, Uğur Altınağaç, Uğur Özekinci.....	182-194
A Comparative approach to sustainable fish meal: Prussian carp meal (<i>Carassius gibelio</i> Bloch, 1782) Birol Baki, Dilara Kaya Öztürk, Gülşen Uzun Gören.....	195-207
<i>Daphnia magna</i> 'nın popülasyon artışına farklı kültür ortamlarının etkisi Hasan Batuhan Emre Özdoğan, Muhammet Eren Tekin	208-217
Design, development and performance evaluation of a motorized periwinkle meat extraction machine Inemesit Ekop, Joseph Bassey, Ifiok Ekop, Promise Etim, Godwin Akpan, Ololade Olatunji, Paul Tosin, Kayode Simonyan, Udochukwu Onwuka.....	218-241
Determination of biological water qualities of Susurluk, Çapraz and Karadere streams using macroinvertebrates and biotic indices Buse Özalp, Nesil Ertorun.....	242-255
DERLEME / REVIEW:	
Fungus infections in fish Volkan Kaydu, Banu Yardımcı.....	256-266
Türkiye sucul bitkileri sıcak noktaları: Göller Bölgesi habitatları, makrofitleri, biyoçeşitlilik, kullanım, tehditler ve oluşturduğu sorunlar İbrahim Özdal, Osman Çetinkaya	267-286
EDİTÖRE MEKTUP / LETTER TO THE EDITOR:	
Prof. Dr. Gülşen Timur'un otobiyografisi Gülşen Timur.....	287-297

Edremit Körfezi'nde Av Araçlarının Teknik ve Yapısal Özelliklerindeki Değişiklikler

Changes in Technical and Structural Characteristics of Fishing Gears in Edremit Bay

Alkan Öztekin^{1*}, Yusuf Şen², Oğuzhan Ayaz³, Gençtan Erman Uğur³, İsmail Burak Daban¹, Adnan Ayaz¹, Fikret Çakır¹, Uğur Altınağaç¹, Uğur Özekinci¹

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Çanakkale-TÜRKİYE

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Çanakkale-TÜRKİYE

³Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Anabilim Dalı, Çanakkale-TÜRKİYE

*Sorumlu yazar: alkanoztekin@comu.edu.tr

Geliş: 02.11.2023

Kabul: 13.12.2023

Yayın: 01.09.2024

Alıntılama: Öztekin, A., Şen, Y., Ayaz, O., Gençtan, E. U., Daban, İ. B., Ayaz, A., Çakır, F., Altınağaç, U., & Özekinci, U. (2024). Edremit Körfezi'nde av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerindeki değişiklikler. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 182-194. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1385321>

Özet: Bu çalışmada, Nisan- Eylül 2023 tarihleri arasında Edremit Körfezi'nde küçük ölçekli balıkçılar tarafından kullanılan av araçlarının teknik ve yapısal özellikleri belirlenerek, av araçlarındaki yıllar içerisindeki değişim tespit edilmiştir. Çalışmada Edremit Körfezi'ndeki Behramkale (Asos), Küçükkuyu, Altınoluk, Güre, Akçay, Burhaniye (Ören), Gömeç, Ayvalık (Merkez) ve Ayvalık (Cunda) bölgelerinde toplam 9 farklı alanda, 399 ticari tekne içerisinde 256 ticari balıkçı ile anket çalışması yapılmıştır. Yapılan anket çalışması neticesinde bölgedeki küçük ölçekli balıkçıların farklı özelliklerde 3 ince ve 4 kalın paragat takımı, 1'er adet karides ağı, zargana ağı, dil ağı, bırakma ağı, bakalyaro ağı, 16 barbun ağı, 3 alamana ağı, 7 voli ağı, 2 köpekbalığı ağı, 4 uskumru-kolyoz ağı, 6 mezgit ağı, 8 kupes ağı ve 17 adet farklı tipte marya ağı kullandığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada Edremit Körfez'inde yapılan önceki çalışmalara göre, uzatma ağlarında farklı özelliklerde 32 adet uzatma ağı, 3 adet farklı özellikte paragat takımı tanımlanmıştır. Sonuç olarak Edremit Körfezi'ndeki balıkçılık alanlarında küçük ölçekli balıkçıların kullandığı uzatma ağları ve paragat takımlarının çeşidi artarken, yıllara göre takımların teknik ve yapısal özelliklerinde değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Av araçlarındaki bu değişimlerin bölgedeki balık stokları üzerindeki etkilerini ortaya koyan çalışmalar yürütülmelidir.

Anahtar kelimeler

- Uzatma ağı
- Paragat
- Küçük ölçekli balıkçılık
- Balıkçılık yönetimi
- Anket yöntemi

Abstract: In the present study, the technical and structural characteristics of the fishing gear used by small-scale fishermen in Edremit Bay were determined between the months of April and September in 2023. In addition, the observed innovations in fishing gear were compared with the previous years. Interview studies were conducted with 256 commercial fishermen among the total of 399 commercial boats from the following 9 locations in the Bay of Edremit: Behramkale (Asos), Küçükkuyu, Altınoluk, Güre, Akçay, Burhaniye (Ören), Gömeç, Ayvalık (Center) and Ayvalık (Cunda). As a result of the interview studies, we identified 3 thin and 4 thick longlines with different characteristics used among small-scale fishermen in this region. In addition, we determined the use of 16 mullet nets, 3 encircling nets, 7 encircling trammel nets, 2 shark nets, 4 scombrid nets, 6 whiting nets, 8 bogue nets, 17 marya nets, and one of each of the following gears: shrimp net, garfish net, sole net, passive gillnet, scombrid net and european hake net. Among these, 32 gillnets and 3 longline sets had different characteristics than the characteristics defined in the previous studies in Edremit Bay. In conclusion, an increasing number of innovations was determined in the technical and structural characteristics of gillnets and longline sets

Keywords

- Gillnets
- Longline
- Small scale fisheries
- Fisheries management
- Questionnaire method



used by small-scale fishermen in Edremit Bay, when compared to the previous years. Further studies need to be conducted in order to determine the effects of the innovations in fishing gear on fish stocks in this region.

1. GİRİŞ

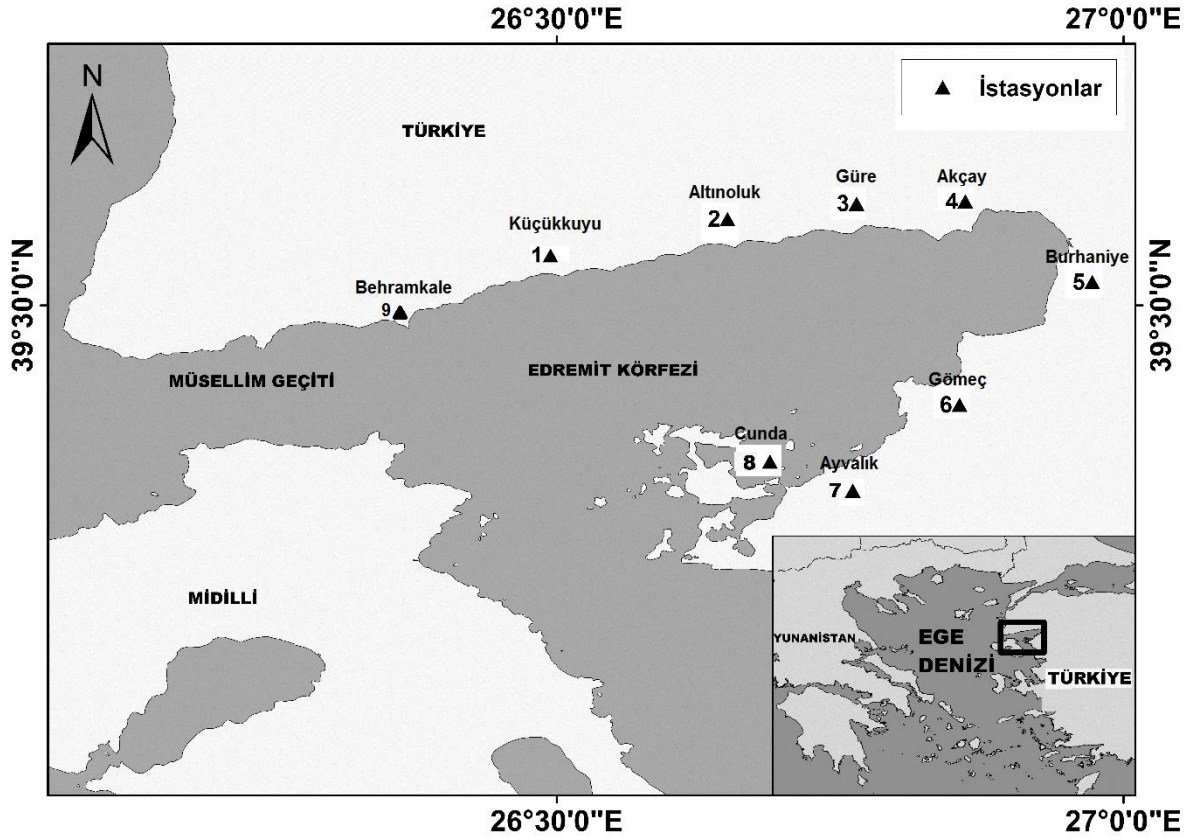
Balıkçılık otoriteleri su ürünleri avcılığı ile ilgili düzenlemeler, balıkçılığın ve balık stoklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması üzerine odaklanmaktadır. Ticari balıkçılıkta ise av araç gereçlerindeki teknolojik gelişmelere ve avcılığın ekonomik boyutuna yoğunlaşmaktadır. Bu bağlamda ulusal ve uluslararası balıkçılık mevzuatının gelişmesinde av araçlarına bir standart getirme konusu son dönemde önemli bir konu haline gelmektedir. Bu nedenle balıkçılık yöneticilerinin doğru karar ve politikalar geliştirmesinde, bir balıkçılık sahasındaki av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerinin bilinmesi son derece önemlidir (Kara, 2004; Doyuk, 2006; Ayaz vd., 2012; Samsun & Emirbuyuran, 2017).

Ege Denizi'nin kuzeyindeki Edremit Körfezi birçok tür için önemli yaşam ve balıkçılık alanıdır (Kocataş & Bilecik, 1992). Körfezin besince zengin sularla beslenmesi, dip balıklarının bu sulara yoğun olarak bulunmasını sağlamaktadır. Körfezin önemli balıkçılık alanlarının Babakale, Sivrice, Assos, Küçükkuyu, Altınoluk, Güre, Ören ve Ayvalık olduğu bildirilmiştir. Edremit Körfezi, dip yapısının düz olması ve su derinliğinin fazla olmaması nedeniyle geleneksel küçük ölçekli balıkçılık için oldukça uygundur (Altınağaç vd., 2008). Bunun yanısıra büyük ölçekli trol ve gırgır takımları da zaman zaman faaliyet göstermektedir (Ceyhan vd., 2006). Bölgede küçük ölçekli balıkçılar tarafından en çok kullanılan av araçları ise paragat takımları ve uzatma ağlarıdır. Edremit Körfezi'nde kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri ile ilgili bugüne kadar yapılmış sadece bir çalışma bulunmaktadır (Altınağaç vd., 2008). Yine bölgede paragat av aracının özelliklerinin belirlendiği bir çalışma bulunmaktadır (Öztekin vd., 2012).

Av araçlarının yapısı ve kullanım şekilleri bölgeden bölgeye değişiklik gösterebilmektedir. Yine aynı bölgede dahi bir türü avlamak için kullanılan av araçları, hedeflenen türlerin stok yapısındaki değişiklikler, zaman ve çevresel faktörlere bağlı olarak farklılaşma gösterebilmektedir (Özdemir & Erdem, 2006). Bu çalışmada küçük ölçekli balıkçılık için büyük öneme sahip olan Edremit Körfezi'nde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerinin tespit edilmesi ve bu teknik özelliklerde geçmişten günümüze olan değişimlerin belirlenip balıkçılık yönetimi açısından yorumlanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Çalışma alanında Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlükleri ve Su Ürünleri Kooperatifleri ile görüşmeler doğrultusunda araştırma bölgesinde 399 ticari tekne olduğu belirlenmiştir. Çalışmada Edremit Körfezi'ndeki liman ve balıkçı barınaklarında bulunan ticari balıkçıların av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerini belirlemek için anket çalışmalarının tamamı yerinde ve yüz yüze görüşmeyle olmak üzere çalışma ekibi ile gerçekleştirilmiştir. Anket çalışmalarında araştırma bölgesindeki resmi kayıtlı ticari tekneler ana kitleyi oluşturmuş, basit tesadüfi örnekleme yöntemiyle, %95 güven seviyesinde %5 hata payı ve %50 görülme sıklığı ile anket yapılacak minimum balıkçı sayısı 196 olarak hesaplanmıştır. Anket çalışmaları Behramkale (Asos), Küçükkuyu, Altınoluk, Güre, Akçay, Burhaniye (Ören), Gömeç, Ayvalık (Merkez) ve Ayvalık (Cunda) limanlarında olmak üzere toplam 9 farklı alanda çalışma süresince ulaşılabilen 256 ticari balıkçı ile yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Edremit Körfezi'nde anket çalışması yapılan alanlar.

Anket çalışmalarında paragat takımları kullanılan alanlardaki paragat tipi, beden tipi, beden kalınlığı (mm), iğne boyutu (numara), iki köstek arası mesafe (kulaç), köstek kalınlığı (mm), köstek boyu (kulaç) özellikleri kayıt altına alınmıştır. Uzatma ağları kullanılan bölgelerde ise tor ve fanya göz genişliği (mm), mantar büyüklüğü (numara), kurşun ağırlığı (gr), mantar ve kurşun yaka donamı, tor ve fanya ip kalınlığı (denye), tor ve fanya yükseklik göz sayıları (adet), donam faktörü, kurşun ve yaka halatları kalınlıkları (numara) ve çako boyu (mm) ile çakoda göz sayısı (adet) özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler önceki çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Yapılan anket ve saha çalışmaları sonucunda bölgede kullanılan küçük ölçekli balıkçıların av araçlarındaki teknik ve yapısal farklılıklar, uzatma ağları için Altınağaç vd. (2008) ile paragat takımları için ise, Öztekin vd. (2012) çalışmaları ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Paragat takımlarında 11, 12, 13 iğne numarasına ait paragat takımları Öztekin vd. (2012)'e göre ince paragat olarak göz önüne alınmıştır. 6, 7, 8, 9 iğne numarasına ait paragat takımları kalın paragat olarak değerlendirilmiştir (Öztekin vd., 2012; Demir, 2018).

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında Edremit Körfezi'nde küçük ölçekli balıkçılar ile yapılan anketler neticesinde farklı özelliklere sahip farklı iğne boyutunda 3 adet ince ve 4 adet kalın paragat takımı kullanıldığı belirlenmiştir. Uzatma ağları değerlendirildiğinde ise farklı özelliklerde 1 adet karides ağı, 1 adet zargana ağı, 1 adet dil ağı, 1 adet bırakma ağı, 1 adet bakalyaro ağı, 3 adet alamana ağı, 7 adet voli ağı, 2 adet köpekbalığı ağı, 4 uskumru-kolyoz ağı, 6 adet mezigit ağı, 8 adet kupes ve 1 adet sardalya ağı ile 17 adet marya ağının kullanıldığı tespit edilmiştir. Bölgede kullanılan av araçlarından paragat ve uzatma ağı takımlarının teknik ve yapısal detaylı özellikleri Tablo 1, 2, 3 ve 4'te gösterilmektedir.

Edremit Körfezi'nde kullanılan paragat takımlarının teknik özellikleri incelendiğinde, bölgedeki balıkçıların tamamının paragat yapımında monofilament misina materyal kullandığı belirlenmiştir. Ancak bölgeler arasında paragat ile hedeflenen türler değişiklik gösterebildiği için kullanılan beden ve köstek kalınlıkları ile kullanılacak yemin canlı ya da ölü yem olmasına göre iki köstek arası mesafe,

iğne numarası gibi özellikler değişmektedir. Körfezde kullanılan en ince paragatın bedeninin kalınlığı 0,40 mm, en kalın paragatın bedeninin kalınlığı ise 1,20 mm olarak belirlenmiştir. Bölgede kullanılan paragatlarda en ince köstek kalınlığı 0,40 mm, en kalın köstek kalınlığı 0,80 mm tespit edilmiştir. Kullanılan köstekler genellikle 1 kulaç (1,83 metre) uzunluğundadır. Yalnızca Güre bölgesinde kalın paragatlarda 1,5 kulaç köstek boyu kullanıldığı belirlenmiştir. Kullanılan iğne büyüklükleri ise 5-12 numara arasında değişmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Edremit Körfezi'nde kullanılan paragat takımlarının teknik özellikleri.

Paragat adı	Bölge	Paragat beden tipi	Paragat beden kalınlığı (mm)	Paragat iğne numarası	İki köstek arası mesafe (kulaç)	Köstek kalınlığı (mm)	Köstek boyu (kulaç)
Kalın 1	Altınoluk	Misina	0,80-1,20	8-10	7	0,80	1
İnce 1	Altınoluk	Misina	0,60-0,90	11	4	0,60	1
İnce 2	Ayvalık-Cunda	Misina	0,40-0,70	10-12	4	0,60	1
Kalın 2	Ayvalık	Misina	1,00	8	5-7	0,80	1
İnce 3	Burhaniye	Misina	0,60	13	5	0,50	1
Kalın 3	Burhaniye	Misina	0,60	8	1	0,40	1
Kalın 4	Güre	Misina	0,80-1,00	5-6	6	0,60	1,5

Edremit Körfezi'nde yoğun olarak barbun ağı kullanıldığı belirlenmiştir. Barbun ağları incelendiğinde tercih edilen göz genişliklerinin 18-22 mm, ağ göz yüksekliklerinin 30-50 ve tor ip kalınlıklarının 210d/2-3 numara olduğu belirlenmiştir. Sadece Altınoluk bölgesinde barbun ağlarında fanyalı (100 mm) kullanımı görülmüştür. Küçükkuşu ve Ayvalık bölgeleri dışındaki alanlarda barbun avcılığında misina ağ kullanımının olmadığı belirlenmiştir. Körfezde barbun ağlarında 2-3 numara mantar tercih edildiği tespit edilmiştir. Batırıcı olarak kullanılan kurşunların 40-50 gr arasında değiştiği, Gömeç bölgesinde 30 gr kurşunların da kullanıldığı belirlenmiştir. Mantar ve kurşun yakada 4-5 numara halat kullanılırken, Ayvalık ve Gömeç'te kurşun yakada 3,5 numara halat da kullanıldığı tespit edilmiştir. Kurşun ve mantar yakalarda koşma ipi olarak 2-3-3,5-4 numara halatlar tercih edilmektedir. Barbun ağlarında mantar yaka donamının 3 boş 1 doludan, 6 boş 1 doluya değiştiği; kurşun yakada ise 2 boş 1 doludan, 5 boş 1 doluya kadar değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Ağların yükseklik göz sayılarının 20-50 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Donam faktörünün ise bölgelere göre 0,26 ile 0,50 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 2).

Edremit Körfezi'nde kullanılan marya ağlarının teknik özelliklerine bakıldığında küçük ölçekli balıkçılar tarafından kullanılan marya ağlarının ağ göz genişliğinin 25 mm ile 42 mm, tor ağı göz yüksekliğinin 40-60, fanya göz genişliğinin 110-180, fanya ağı göz yüksekliğinin ise 4,5-7 aralığında olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ağların yapımında kullanılan ip kalınlıkları, kurşun ve mantar miktarları gibi özellikleri incelendiğinde, kullanılan marya ağlarının körfezdeki bölgelerde belirli bir standarda sahip olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 3).

Edremit Körfezi'nde çeşitli liman ve balıkçı barınaklarında yapılan anketler incelendiğinde teknik ve yapısal özelliklerinde bölgelere göre farklılıklar bulunan sardalya, kupes, dil, bakalyaro, kolyoz/uskumru, kıyı bırakma, voli, alamana, zargana, karides, köpek balığı ve mezigit ağlarının bölgedeki küçük ölçekli balıkçılar tarafından kullanıldığı belirlenmiştir. Farklı özelliklerdeki her bir ağın kullanıldığı bölgelere göre detaylı teknik ve yapısal özellikleri Tablo 4'de sunulmaktadır.

Tablo 2. Edremit Körfezi'nde kullanılan barbun ağlarının teknik özellikleri.

Ağ Adı	Bölge	Göz Gen	Fanya Göz Gen	Mant No	Kurş Ağ	Mant Yaka No	Kurş Yaka No	Mant Yaka Don	Kurş Yaka Don	Tor Ağ İp Kal	Fan İp Kal	Der Göz Say	Der Fan Göz Say	Mant Yaka Koşma İp No	Kurş Yaka Koşma İp No	E	Çakoda Göz sayısı	Çako Boyu
Barbun1	Behramkale	20		2	40	4	4	4B1D	3B1D	2		40		2	4	0,50	5	100
Barbun2	Küçükkuşu	20		3	50	4-5	4	3B1D	3B1D	2		50		3	4	0,375-0,50	6	90-120
Barbun3	Küçükkuşu	22		3	50	5	4-5	6B1D	3B1D	2		40		3	4	0,29	7	88
Barbun4	Küçükkuşu	20-22		3	50	5	4-5	6B1D	3B1D	Mono 0,18		40-50		3	4	0,45	5	90-99
Barbun5	Altınoluk	18-20		3	40-50	4	4	4B1D	4B1D	2		20-35		2	3	0,42	6	90-100
Barbun6	Altınoluk	20	100	2	40	4	4	4B1D	4B1D	2	6	30	6	2	3	0,5	6	120
Barbun7	Güre	18		2-3	40-50	5-4	4	5B1D, 6B1D	4B1D, 3B1D, 2B1D	2		40-50		3-3,5-4	3-4	0,37-0,56	6	80-120
Barbun8	Güre	20		2	40-50	5-4	4	4B1D	5B1D, 4B1D	2		40-50		3-4	3-4	0,29-0,33	6-7	80
Barbun9	Edremit	18-20		2	50	4	3	4B1D	3B1D	2		50		3	3	0,33-0,37	6	80
Barbun10	Burhaniye	18-20-22		2	50	4	3	4B1D	3B1D	2		50		3	3	0,29-0,31-0,35	7	88
Barbun11	Ayvalık	20		2	50	5	4	4B1D	4B1D	2-3		33			4	0,5	4	80
Barbun12	Ayvalık	21		2	50	4	3,5	5B1D	4B1D	2		35			4	0,38-0,42	5	80-88
Barbun13	Ayvalık	20-22		2	50	5	4	4B1D	4B1D	Mono 0,18		33			4	0,5	4	80-88
Barbun14	Akçay	18-20		2	50	4	4	5B1D	5B1D	3		40		3	3	0,23-0,46	6	50-100
Barbun15	Ayvalık	22		2-3	50	5	4	4B1D	4B1D	3		30-40			4	0,30-0,33	6	80-88
Barbun16	Gömeç	20-22		2	30-40-50	4	3,5-4	5B1D	4B1D, 3B1D	2		40		3	3	0,36-0,4	5	80

Tablo 3. Edremit Körfezi'nde kullanılan marya ağlarının teknik özellikleri.

Ağ Adı	Bölge	Göz Gen	Fanya Göz Gen	Mant No	Kurş Ağ	Mant Yaka No	Kurş Yaka No	Mant Yaka Don	Kurş Yaka Don	Tor Ağ İp Kal	Fan İp Kal	Der Göz Say	Der Fan Göz Say	Mant Yaka Koşma İp No	Kurş Yaka Koşma İp No	E	Çakoda Göz sayısı	Çako Boyu
Marya1	Behramkale	25	110	2	50	4	4	7B1D	4B1D	4	9	60	7	3	4	0,43	4lü 3lü	75
Marya2	Behramkale	36	160	3	50	5	4	4B1D	2B1D	6	9	50	5	4	4	0,50	3lü 2li	90
Marya3	Behramkale	42	160	3	50	5	4	7B1D	4B1D	6	9	50	6	3	4	0,50	3lü 2li	105
Marya4	Güre	40	140	2	50	5	5	5B1D	4B1D	4	6	50	6,5	4	4	0,47	4	150
Marya5	Güre	36	140	2-3	50	5	5-4	5B1D 4B1D	5B1D 4B1D	3-4	6	50	6,5	3	3	0,49- 0,52	4	140- 150
Marya6	Güre	30	140	2	50	5	5	5B1D	5B1D	3	6	50	6,5	4	4	0,63	4	150
Marya7	Akçay	36	180	3	50	4	4	5B1D	5B1D	4	9	60	4,5	3	3	0,52	4	150
Marya8	Burhaniye	36	160	2	50	6	4	6B1D	3B1D	4	9	40	4,5		3	0,50	4	144
Marya9	Burhaniye	36	160	4	50	6	4	6B1D	3B1D	4	9	40	4,5		3	0,50	4	144
Marya10	Ayvalık	36	140	3	50	5	4-5-6	4B1D	4B1D	4	6	40	5,5		4	0,50	4	144
Marya11	Edremit	32	140	3	50	5	4	6B1D	3B1D	3	6	40	4,5		3	0,50	4	128
Marya12	Edremit	36	160	2	50	6	4	6B1D	3B1D	4	9	40	“		3	0,50	4	144
Marya13	Edremit	40	180	4	50	3	4	5B1D	4B1D	3-4-6	6	40-50	5-5,5	3,5	4	0,38	5	150
Marya14	Cunda	32	160	3	50	6	4	5B1D	2B1D	3	4	40-50	6		4	0,56	4	144
Marya15	Cunda	36	160	3	50	5	4	5B1D	4B1D	4-6	6	40	5,5	2,5	2,5	0,50	4	144
Marya16	Gömeç	36	180	4	30- 40-50	2-3	4	5B1D	5B1D 4B1D	3-4-6	6	40-50	5-5,5	3,5	4	0,42	5	150
Marya17	Gömeç	40	180	4	50	3	4	5B1D	4B1D	3-4-6	6	40-50	5-5,5	3,5	4	0,38	5	150

Tablo 4. Edremit Körfezi'nde kullanılan diğer ağların teknik özellikleri.

Ağ Adı	Bölge	Göz Gen	Fanya Göz Gen	Mant No	Kurş Ağ	Mant Yaka No	Kurş Yaka No	Mant Yaka Don	Kurş Yaka Don	Tor Ağ İp Kal	Fan İp Kal	Der Göz Say	Der Fan Göz Say	Mant Yaka Koşma İp No	Kurş Yaka Koşma İp No	E	Çakoda Göz Sayısı (adet)	Çako Boyu (mm)
Sardalya1	Küçükkuyu	12,7		6	50	9	9	5B1D	3 kulaçta 1,5 kg taş	4		100x8		2,5	2,5	0,5	5	63,75
Sardalya2	Altınoluk	12,65		5		6	6	3B1D	kulaçta 4,5 kg taş	4-6		100x6-8		3	5-6	0,67	6	101,2
Sardalya3	Güre	12,5		4		8-6	6	2B1D	3 kulaçta 1,5 kg taş	2		100x6	4	4-5	0,59- 0,60- 0,67	6	88,55- 89,25- 100	
Sardalya4	Burhaniye	12,5		4		6	5	2B1D	3 kulaçta 1,5 kg taş	2		100x6		5	0,5	6	75	
Sardalya5	Akçay	12,6- 12,75		5		6	6	5B1D	kulaçta 1,5 kg taş	3		520x2		6-4	0,5	8	100,8- 102	
Sardalya6	Gömeç	12,5- 12,6		5-6	50	10	10	7B1D	4,5 kulaçta 1,5 kg taş	3		650	3,5	3,5	0,63- 0,64	5	80	
Sardalya7	Ayvalık	12- 12,6		5		6	6	5B1D	4,5 kulaçta 1,5 kg taş	3		520x2		6-4	0,50- 0,53	8	100,8- 102	
Sardalya8	Ayvalık	12,6- 12,75		5		6	6	5B1D	kulaçta 1,5 kg taş	3		400		6-4	0,42- 0,43	7	75,6- 76,5	
Kupes1	Behramkale	20		3	50	4	4	3B1D	2B1D	2		100-200	3	4	0,3	3lü 2li	60	
Kupes2	Küçükkuyu	20		3	50	5	5	3B1D	2B1D	2		120	5	4	0,5	3	60	
Kupes3	Altınoluk	18-20		3-4	50	5	4	3B1D	3B1D	2		200	3	4	0,5	4	72-80	
Kupes4	Burhaniye	18-20		3-4	50	5	4	3B1D	3B1D	2		100		3	0,5	4	72-80	
Kupes5	Gömeç	20- 22-23		3	50	4	4	4B1D- 3B1D- 6B1D	3B1D- 4B1D- 6B1D	2-3		100	3-4	3-4	0,43 0,45- 0,5	5	100	
Kupes6	Ayvalık	20-22		3	50	5	3	3B1D	3B1D	2-3		60		4	0,5	4	80-88	
Kupes7	Güre	20		5	100	7	6	1B1D	1B1D	2		450	4	4	0,5	6	120	
Kupes8	Güre	22		3	50	4	4	4B1D	5B1D	2		50	3	3	0,33	6	88	
Bakalyaro	Küçükkuyu	25- 28- 30		3-	50	5	4	3B1D	3B1D	3		80-120		4	4	0,42- 50- 60	5	125- 140- 150

Dil	Küçükkuyu	36	160	3	50	5	5	6B1D	3B1D	2-3	6	50	6	2	3	0,5	3	108
Kıyı Bırakma	Küçükkuyu	28-30-32	140	5	50	6	4	3B1D	2B1D	3-4	9	100	13,5	3	5	0,58	3	98-105-112
Mezgit1	Altınoluk	23-25		3	50	4-5	4-5	4B1D	3B1D	2-3		100		2-3	2-3	0,5	4	92-100
Mezgit2	Akçay	24		2-3	50-100-120	4-5	4-5	3B1D-4B1D	3B1D-4B1D-5B1D	2		100-120		3-4	3-4	0,50-0,52	5-6	120-150
Mezgit3	Küçükkuyu	25		2-3	50	5	5	3B1D	3B1D	2		100		4	4	0,6	5	150
Mezgit4	Küçükkuyu	18-20		2-3	50	6	5	3B1D	3B1D	2-3		50		4	4	0,45-0,50	5	90
Mezgit5	Burhaniye	23		2-3	50	4	4	4B1D	4B1D	2		100		3	3	0,5	7	160
Mezgit6	Güre	24		2-3	50-100-120	4-5	4-5	3B1D-4B1D	3B1D-4B1D-5B1D	2		100-120		3-4	3-4	0,5	5-6	120-150
Kolyoz-Uskumru1	Altınoluk	25		4	50	6-5	5	4B1D	3B1D	3		120-150-200		4	4	0,52	4	100
Kolyoz-Uskumru2	Güre	24		3	50	5-4	5-4	3B1D-4B1D	3B1D-4B1D	2-3		100		3	5	0,58	5	140
Kolyoz-Uskumru3	Edremit	23		3	50	5	4	3B1D	3B1D	3		100			4	0,4	3lü 2li	93
Kolyoz-Uskumru4	Akçay	23-24-25		3-4	50	4-5	4	4B1D	3B1D	3		100			4	0,40-0,42-0,43	3lü 2li-5	100
Köpek Balığı1	Altınoluk	110		3	50	6	5	3B1D	3B1D	21		20		4	4	0,45	1	55
Köpek Balığı2	Ayvalık	70		4	50	6	5	3B1D	3B1D	9		18		6	5	0,5	2	140
Voli Dönek1	Altınoluk	32	160	5	100	8	8	2B1D	2B1D	4	9	100	13,5	5	5	0,5	3lü 2li	160
Voli Dönek2	Akçay	25	125	3	50	4	4	2B1D	2B1D	3	9	50-100	6,5 13	3	4	0,5	3lü 2li	120
Voli Dönek3	Burhaniye	25	125	3-4	50	6	4	3B1D	3B1D	2	4	100	13,5		3	0,4	4	100
Voli Dönek4	Burhaniye	28	140	4	100	5	4	2B1D	1B1D	4	9	300	14	4	5	0,45	4	100
Voli Dönek5	Ayvalık	28-30	140-160	5	100	6	6	3B1D	3B1D	3-4	9	50-100-150	13-16		6	0,5	4	112-120

Voli Dönek6	Güre	28	140	5	100	6	6	3B1D	3B1D	3-4	9	50-100-150	6,5 13,5 17	6	0,50 0,54	4	112-120	
Voli Dönek7	Gömeç	30-32	140	4	50	5	5	5B1D	5B1D	3	4-6	80-100-120	20	3	4	0,55-0,58	4	140
Zargana	Güre	8		5	100	5	-	30 m'de 1kurşun	20 cm'de 1 kurşun	4		100x3		5	6			Gırgır donamı
Karides	Akçay	18	100	2	100	4	4	3B1D	3B1D	1	4	100	14	3	3	0,44	5	80
Alamana1	Küçükkuuyu	28	140	5	100	5-6	8-10	1B1D	2B1D	4-6	9-12	100	10,5	5	5		3lü 2li	
Alamana2	Ayvalık	25-28	140	5	50	10	10	1B1D	2B1D	4	9	100	13,5	5	5		3lü 2li	
Alamana3	Güre	28	140	5	50	10	10	1B1D	2B1D	4	9	100	13,5	5	5		3lü 2li	

B: Boş

D: Dolu

Göz Gen.: Göz genişliği, iki düğüm arasındaki mesafe (mm)

Fanya göz gen.: Fanyadaki göz genişliği (mm)

Mant. No: Mantar numarası (numara)

Kurş. Ağ.: Gram cinsinden kurşun ağırlık (gram)

Mant. Yaka don.: Mantar yaka donamı. Mantar yakada, mantarın dizilme şekli

Kurş. Yaka don.: Kurşun yaka donamı. Kurşun yakada kurşunun dizilme şekli

Tor ağ ip kal.: Tor ağın ip kalınlığı. Tor ağın denye cinsinden numarası

Fan ip kal.: Fanya ip kalınlığı. Fanya ağın denye cinsinden numarası

Der. Göz say.: Ağın donamdan sonraki derinliğine göz sayısı (Adet)

E: Donam faktörü

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada küçük ölçekli balıkçılık için büyük öneme sahip olan Edremit Körfezi'nde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerinin tespit edilmesi ve bu teknik özelliklerde geçmişten günümüze olan değişimlerin belirlenip balıkçılık yönetimi açısından yorumlanması amaçlanmıştır. Bunun için bölgede bulunan 399 ticari tekneden, ulaşılabilen 256 ticari balıkçı ile yeterli sayının üzerinde anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Küçük ölçekli balıkçılar tarafından Edremit Körfezi'nde kullanılan av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerinin zamansal değişimi incelendiğinde bölgedeki uzatma ağı ve paragat av araçlarının teknik ve yapısal özelliklerinde önceki çalışmalara göre değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Altınağaç vd. (2008) yılında Edremit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada bölgede kullanılan dip uzatma ağlarının teknik planlarını belirlemişlerdir. Yapılan çalışmada mezgit avcılığında kullanılan ağların en küçük göz genişlikleri 23-25 mm iken, bu çalışmada 18-20 mm göz genişliğine sahip ağların kullanıldığı belirlenmiştir. Buna ek olarak aynı çalışmada uskumru-kolyoz avcılığında kullanılan ağların en küçük göz genişliği 25 mm iken günümüzde kullanılan ağların göz genişlikleri 23 mm'ye kadar düştüğü tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda bölgedeki mezgit, kolyoz, uskumru gibi ekonomik türlerin avcılığında av sahasındaki hedef türleri yakalamaya uygun göz genişliğini küçülterek avcılık yaptığı düşünülmektedir. Bu değişimin nedeni olarak balıkçıların bölgede bulunan daha küçük boydaki bireyleri yakalama isteği olduğu düşünülmektedir. Literatürde de uzatma ağlarında en ideal göz açıklığının seçilmesi, hedef tür oranını arttırdığı belirtilmiştir (Brandt, 1984; Aydın & Hacıoğlu, 2017; Karakulak & Erk, 2008). Fakat bu durum stoklarda av baskısı oluşturmasından dolayı da avlanan bireylerin boylarında küçülmeye sebep olabilmektedir. Bu durumun ise ilgili türler üzerinde aşırı avcılığa neden olarak, türlerin stoklarını tehlike altına sokabileceği düşünülmektedir. Bunun yerine uygun ağ gözü genişliği seçimi veya değişikliği balıkçıların davranışlarına göre değil, av araçlarında seçicilik çalışmaları yapıp belirlenmeli, yakalanan bireylerin av yasaklarına uygun olup olmadığı izlenmeli ve sonrasında av araçlarında değişiklikler gerçekleştirilmelidir.

Altınağaç vd. (2008) bölgede 9 adet marya, 10 adet barbun, 6 adet sardalya, 5 adet kupes, 3 adet kolyoz-uskumru, 2 adet mezgit, 2 adet köpek balığı, 3 adet voli-dönek, 1 adet bakalyaro, 1 adet dil ve 1 adet kıyı bırakma ağı olmak üzere toplam 44 çeşit farklı yapı ve donam özelliklerine sahip uzatma ağı kullanıldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışma da ise 76 çeşit farklı yapı ve donam özelliklerine sahip uzatma ağı kullanıldığı belirlenmiştir. Paragat takımlarında ise bu çalışmada 7 farklı özellikte takım belirlenirken, Öztekin vd. (2012) çalışmasında 4 farklı özellikte paragat takımı belirlenmiştir. 2012 yapılan çalışmaya göre kılıç ve mezgit paragat takımlarının kullanılmadığı tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Mevcut çalışma ile önceki çalışmalarda belirlenen farklı özellikteki av araçlarının sayıları.

Uzatma ağları	Bu çalışma (adet)	Altınağaç vd. (2008) (adet)
Karides ağı	1	-
Zargana ağı	1	-
Dil ağı	1	1
Bırakma ağı	1	1
Bakalyaro ağı	1	1
Barbun ağı	16	10
Voli ağı	7	4
Köpekbalığı ağı	2	2
Uskumru-kolyoz ağı	4	3
Mezgit ağı	6	2
Kupes ağı	8	5
Sardalya ağı	8	6
Alamana ağları	2	3
Marya ağları	17	9
Paragat takımları	Bu çalışma	Öztekin vd. (2012)
Kalın	4	1
İnce	3	1
Kılıç	-	1
Mezgit	-	1

Altınağaç vd. (2008) Edremit Körfezi'nin farklı bölgelerinde 10 farklı özellikte barbun ağının kullanıldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada ise 16 farklı barbun ağı tespit edilmiştir. Altınağaç vd. (2008)'deki çalışmalarında barbun ağlarında 18 mm göz genişliğinde 1 adet ağı Altınoluk'ta tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Altınoluk, Güre, Edremit, Burhaniye, Akçay'da olmak üzere 5 farklı ağ tespit edilmiştir. Altınağaç vd. (2008)'de barbun ağlarında 40 gr ağırlığında kurşunların daha yoğun kullanıldığını, mantar yaka koşma ip numarası olarak 2,3 numara kullanıldığını, donam faktörünün 0,41-0,5 arasında değişim gösterdiğini, çakodaki göz sayısı 4-5-6, çako boyunun ise 90-100 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise 50 gr kurşunun daha yoğun kullanıldığı, mantar yaka koşma ip numarası olarak 2-3-3,5-4 numara ip kullanıldığı, donam faktörünün 0,29-0,5 arasında değiştiği, çakodaki göz sayısının 4-5-6-7 olduğu ve çako boyunun 80-90 mm arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu durum 2008 yılında aynı bölgede yapılan çalışmaya göre ağların teknik ve yapısal özelliklerinde değişiklikler olduğunu göstermektedir.

Diğer taraftan av araçlarındaki en büyük değişim marya ağlarında görülmektedir. Marya ağları karşılaştırıldığında Altınağaç vd. (2008)'de 9 farklı özellikte marya ağı bildirilmiştir. Bu çalışmada ise 17 farklı özellikte marya ağı tespit edilmiştir. En büyük değişimin ağ göz genişliklerinde olduğu görülmektedir. Bu çalışmada marya ağlarında 30 mm göz genişliğindeki ağların ilk kez kullanılmaya başlandığı belirlenmiştir. Fanya olarak da 180 mm göz genişliğinin kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Bu çalışmada ve Altınağaç vd. (2008)'de marya ağlarında 36 mm göz genişliğinde ağların en sık kullanıldığı tespit edilmiştir. Diğer farklılık ise fanyada kullanılan ağların ip kalınlığındadır. Mevcut çalışmada marya ağlarında genellikle 210d/6 numara kullanılırken, Altınağaç vd. (2008)'de ip kalınlığını genellikle 210d/9 numara olarak bildirmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada mantar yakada koşma yaka ipi kullanımının arttığı tespit edilmiştir. Koşma kullanımı donamı güçlendirmektedir. Mantar yaka ve kurşun yaka da koşma kullanımının artması mekanik gücün teknelerde attığının açık göstergesidir.

Her iki çalışmada da kullanılan, türe özgü avcılık yapılan (mezgıt, sardalya, kupes, voli) ağlarda önemli değişiklikler bulunmaktadır. Dil, bakalyaro, köpekbalığı, bırakma ise önemli bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir. Mezgit ağları incelendiğinde Altınağaç vd. (2008)'de 2 farklı mezgit ağı bildirmiştir. Bu çalışmada ise 6 farklı özellikte mezgit ağı tespit edilmiştir. En büyük değişim yine ağ göz genişliklerinde olduğu görülmektedir. Mezgit ağlarında Altınağaç vd. (2008)'de 23 mm, 25 mm göz genişliğinde ağların en sık kullanıldığı belirlenirken, bu çalışmada kullanılan mezgit ağlarının göz genişliklerinin 18 mm, 20 mm'ye kadar düştüğü, Güre ve Akçay bölgelerinde 24 mm göz genişliğinde ağlarında kullanılmaya başlandığı tespit edilmiştir. Altınağaç vd. (2008)'deki çalışmasında 25 mm ağ göz genişliğinde belirlenen uskumru/kolyoz ağlarının, bu çalışmada ağ göz genişliklerinin 23 mm, 24 mm ye düştüğü belirlenmiştir. Sardalya ağında Küçükkuşu bölgesinde ağların göz genişliğinde 12,75 mm, 12,70 mm'ye küçük bir değişiklik olmuştur. Yine Ayvalık bölgesinde 12 mm göz genişliğinde ağların kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Ayrıca; Altınağaç vd. (2008)'in çalışmalarında tanımlanmayan, 1 adet zargana, 1 adet karides ve 3 adet alamana ağına bu çalışmada rastlanmıştır. Bölgedeki ticari balıkçıların ağların yapım ve donam işlemlerinde net bir hesaplama yapmadığı, balık türleri ve boylarındaki değişimin ya da balıkçıların birbirlerinden veya büyüklerinden gördüğü örneklerin ağ yapımına etki ettiği düşünülmektedir.

Edremit Körfezi'nde paragat takımlarının teknik özelliklerine ilişkin çalışmalara bakıldığında, Öztekin vd. (2012) kalın paragat takımlarında 1-1,2 mm kalınlığındaki beden ve 6, 7, 8, 9 numara iğnelerin kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise kalın paragat takımlarında beden kalınlıklarının 0,60, 0,80 mm'ye ve iğne numaralarının ise 10 numaraya kadar düştüğü belirlenmiştir. İnce paragat takımlarında ise Öztekin vd. (2012), 0,5-1,2 mm kalınlığındaki beden ve 8-14 numara iğnelerin kullanıldığını tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise ince paragat takımlarında beden kalınlıklarının 0,60-0,80 mm ve iğne kalınlıklarının 10, 11, 12, 13 numara olduğu belirlenmiştir. Paragat takımlarında daha küçük balık yakalamak için daha küçük ağız açıklığında iğnelerin kullanılması bu av araçlarında da hedef türler üzerinde bir av baskısı oluşturabileceğini göstermektedir. Özellikle yaz aylarında turizm kaynaklı bölgedeki nüfus artışı balık talebini arttırmaktadır. Bu durum ise balıkçıların ekonomik türleri yakalamak için kullanılan ağların göz genişliklerinde ve paragat takımlarında da iğne ağız açıklıklarında küçülmelere gidilmesinin bir diğer sebebi olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak, Edremit Körfezi'ndeki balıkçılık alanlarında küçük ölçekli balıkçıların kullandığı uzatma ağları ve paragat takımlarının teknik ve yapısal özelliklerinde yıllara göre değişiklikler olduğu belirlenmiştir. Bu durumun stoklarda azalma, yeni neslin atadan gelme bilgi ve tecrübelerinde değişikliklere gitmesi ile teknolojiye yeni gelişmelerin sebep olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca 2011 yılında Edremit Körfezi'nde Altınoluk Bölgesi'nde başlayan yapay resif çalışmalarının (Savut, 2013; Pelister, 2014) bölgedeki stokları ve tür yapısının değişimine ve dolayısıyla av araçlarında değişikliklere sebep olabileceği düşünülmektedir. Nitekim Pelister (2014), Edremit Körfezi'ndeki çalışmasında farklı av araçları kullanarak 78 türe ait bireyler tespit etmiştir. Bu çalışmada av araçlarında meydana gelen değişimlerin yapay resif sisteminin oluşturulmasıyla bölgedeki balık stokları ve tür çeşitliliği üzerindeki etkilerini ortaya koyan detaylı çalışmalar yürütülmelidir. Yine bu çalışmada körfezdeki 9 farklı alanda av araçlarının özellikleri tespit edilmiştir. Bazı araçlarının her bölgede kullanımının olmaması veya sadece bir bölgede kullanımının görülmesi, bölgelerin dip yapısının kayalık, çamur veya deniz çayırılı ile kaplı olması ile ilişkilendirilebilir. İlerleyen süreçte küçük ölçekli balıkçıların av araçlarının yapı ve özelliklerinde oluşabilecek değişiklikler balık stoklarının ve balıkçılığın sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından balıkçılık yöneticileri tarafından izlenmelidir.

TEŞEKKÜR

Çalışmaya katkılarından dolayı bölgedeki su ürünleri kooperatif başkanları ile bölge balıkçılarına ve anket yapımında desteklerinden dolayı Mehmet HEZER, Ahmet TANER, Haluk KIZMAZ, Umur TUNCER, Osman ODABAŞI ve Mehmet Yılmaz TABANLI'ya teşekkür ederiz.

FİNANS

Bu çalışma, ÇOMÜ/BAP FBA 2023/4274 No'lu proje tarafından desteklenmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Kurgu: AÖ; Metodoloji: AÖ, YŞ, OA, GEU, İBD, AA, FÇ, UA, UÖ; Saha çalışmaları: AÖ, YŞ, OA, GEU, İBD, AA, FÇ, UA, UÖ; Veri Analizi: Makale Yazımı: AÖ, YŞ, OA; Son Okuma: AA, YŞ, İBD. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

ETİK ONAY BEYANI



Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun 17.11.2022 tarihli, 19/05 nolu toplantısındaki kararı doğrultusunda yürütülmüştür. Ticari balıkçılar ile yapılan görüşmeler de Kişisel Verileri Koruma Kanunu dikkate alınarak kişisel veri alınmamıştır.

KAYNAKLAR

- Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U., & Öztekin, A. (2008). Edremit Körfezi dip uzatma ağlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Journal Of Fisheriesciences.Com*, 2(4), 432-439.
- Ayaz, A., Öztekin, A., & Cengiz, Ö. (2012). Gökçeada ve Bozcaada'da (Kuzey Ege Denizi) kullanılan uzatma ağlarının yapısal özellikleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 104-111.
- Aydın, M., & Hacıoğlu, M. N. (2017). Trabzon Bölgesi'nde kullanılan mezgit uzatma ağlarının av verimi ve tür kompozisyonunun belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 226-238.
- Brandt, A. (1984). *Fish catching methods of the world, fishing news books*. Farnham, Survey, England.
- Ceyhan, T., Akyol, O., & Ünal, V., (2006). Edremit Körfezi (Ege Denizi) Kıyı Balıkçılığı Üzerine Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 373-375.
- Demir, O. (2018). Kuzeydoğu Akdeniz'de kalın paragat balıkçılığı ve istenmeyen avın geri salınması üzerine araştırmalar. [Doktora Tezi, Mersin Üniversitesi].
- Doyuk, S. A. (2006). Çanakkale Bölgesinde kullanılan av araçlarının teknik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma. [Yüksek lisans tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi].
- Kara, A. (2004). Av araçlarının markalanması ve Türkiye'de uygulanabilirliği üzerine öneriler. *Su Ürünleri Dergisi*, 21(1-2), 157-165.
- Karakulak, F. S., & Erk, H. (2008). Gill net and trammel net selectivity in the Northern Aegean Sea, Turkey. *Scientia Marina*, 72(3), 527-540. <https://doi.org/10.3989/scimar>
- Kocataş, A., & Bilecik, N. (1992). *Ege Denizi canlı kaynakları*. Bodrum Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Yayınları Seri A No: 7.
- Samsun, S., & Emirbuyuran, Ö. (2017). Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Su Ürünleri Dergisi*, 34(3), 269-275. <https://doi.org/10.12714/egejfas.2017.34.3.04>
- Özdemir, S., & Erdem, Y. (2006). Uzatma ağlarının ağ materyali ve yapısal özelliklerinin türlerin yakalanabilirliği ve tür seçiciliği üzerindeki etkisi. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(3-4), 429-433.
- Öztekin, A., Cengiz, Ö., & Özekinci, U. (2012). Kuzey Ege Denizi'nde (Türkiye) kullanılan paragat takımlarının teknik özellikleri ve yapısal farklılıkları. *Tabiat ve İnsan*, 1(1), 12-16.
- Pelister, C. (2014). *Altınoluk Yapay Resif Alanında Kullanılan Küçük Ölçekli Av Araçlarının Av Kompozisyonu*. [Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi].
- Savut, M. (2013). *Altınoluk Yapay Resif Projesi Örneğinde Yapay Resiflerde Planlama ve Uygulama*. [Yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi].

A Comparative Approach to Sustainable Fish Meal: Prussian Carp Meal (*Carassius gibelio* Bloch, 1782)

Sürdürülebilir Balık Ununa Karşılaştırmalı Bir Yaklaşım: İsrail Sazanı Unu (*Carassius gibelio* Bloch, 1782)

Birol Baki¹, Dilara Kaya Öztürk^{1*}, Gülşen Uzun Gören¹

¹Sinop University, Faculty of Fisheries, Department of Aquaculture, Sinop-TÜRKİYE

*Corresponding author: dilara.kaya55@gmail.com

Received: 25.09.2023

Accepted: 25.01.2024

Published: 01.09.2024

How to Cite: Baki, B., Kaya Öztürk, D., & Uzun Gören, G. (2024). A Comparative approach to sustainable fish meal: Prussian carp meal (*Carassius gibelio* Bloch, 1782). *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 195-207. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1365977>

Abstract: In the present study, the usability of Prussian carp (*Carassius gibelio*) meal (PCM) as an alternative animal protein source in fish feeds was investigated by comparing it with anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sprat (*Sprattus sprattus*) meals in terms of their biochemical, fatty acid, amino acid and element compositions. Prussian carp were obtained by fishing and made into a meal (PCM). Anchovy (AM), and sprat (SM) meals were purchased from a commercial company. The amino acid analysis results show that PCM's total, essential, and non-essential amino acid values were lower than that of AM and SM ($P < 0.05$). The polyunsaturated fatty acids (PUFA) and Omega-6 values of PCM were higher than AM and SM; and lower than saturated fatty acids (SFA), Omega-3, eicosapentaenoic acid (EPA), docosahexaenoic acid (DHA), atherogenicity index (AI) values ($P < 0.05$). According to the element analysis, the P and Ca values of the PCM were higher than the AM and SM ($P < 0.05$), and the Na, K, Fe, Cu, Zn and Se values were lower. According to the results of the present study, PCM can be utilized in the feed industry to boost the sustainability of fish meals used in feed production, which in turn will reduce the foreign dependency on vegetable and fish meals, and lower feed costs.

Keywords

- Prussian carp meal
- Anchovy meal
- Sprat meal
- Fatty acid composition
- Amino acid composition

Özet: Çalışmada İsrail sazanı (*Carassius gibelio*) ununun hamsi (*Engraulis encrasicolus*) ve çaça (*Sprattus sprattus*) unlarının biyokimyasal, yağ asidi, amino asit ve element kompozisyonları ile karşılaştırılarak balık yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. İsrail sazanı avcılık yoluyla elde edilip un haline getirilmiş (PCM); hamsi (AM) ve çaça (SM) unları ise ticari bir firmadan alınmıştır. Çalışma sonunda PCM'nin toplam esansiyel ve esansiyel olmayan amino asit değerleri AM ve SM'den düşük olduğu belirlenmiştir ($P < 0.05$). PCM'nin çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve Omega-6 değerleri AM ve SM'den yüksek; doymuş yağ asitleri (SFA), Omega-3, eikosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA) ve aterojenite indeks (AI) değerleri düşük bulunmuştur ($p < 0.05$). Element analizine göre PCM'nin P ve Ca değerleri AM ve SM'den yüksek ($p < 0.05$), Na, K, Fe, Cu, Zn ve Se değerleri ise düşük olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda, yem üretiminde kullanılan balık unlarının sürdürülebilirliğinin artırılması, bitkisel ve balık unlarında dışa bağımlılığın azaltılması ve yem maliyetlerinin düşürülmesi amacıyla PCM'nin yem sektöründe kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

- İsrail sazanı unu
- Hamsi unu
- Çaça unu
- Yağ asitleri kompozisyonu
- Amino asit kompozisyonu

1. INTRODUCTION

Population increases, dwindling terrestrial and aquatic supplies, increased demand for products



made from animals, excessive dependence on fossil fuels, and a changing climate are all major pressures on the world food system (Neff et al., 2011; Gerile et al., 2017). The production of seafood has also undergone significant change in recent decades. Currently, aquaculture, or farmed fish, accounts for half of all seafood consumption worldwide and is growing more quickly than any other area of animal production (FAO, 2014). The dietary requirements of aquatic species vary, and they are grown in a variety of ways. Feed is needed for around two-thirds of the output of farmed aquatic animals. Some species, such as tilapia (*Oreochromis sp.*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) are herbivorous and can consume 100% vegetarian feed derived from crops, other foods, and agricultural waste. Carnivores species such as Atlantic salmon (*Salmo salar*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), and bream (*Sparus aurata*), always consume fish/animal protein and lipids as part of their diet. Fish meal is a key component of aquaculture diets and is commonly used in animal diets to increase feed palatability, which promotes feed efficiency and animal growth, as well as taking in nutrients, digestion, and absorption (Mile & Chapman, 2006). It is estimated that roughly 30% of the entire fish catch is converted into fish meal and fish oil for use in animal and fish feeds (Ogunji et al., 2006). Fish used in diets are generally obtained from short-lived, fast-growing fish (e.g., anchovy: *Engraulis encrasicolus*, sprat: *Sprattus sprattus*, herring: *Clupea harengus*, capelin: *Mallotus villosus*, etc.), that are not intended for human consumption or byproducts of seafood processing plants. However, fish populations are constantly changing due to the variability of stocks, fishing pressure, and environmental conditions. The development of sustainable aquaculture, on the other hand, is dependent on the availability of raw resources such as fish meals. Many studies were conducted with alternative and low-cost different vegetable protein sources (Kaushik et al., 2004; Naylor et al., 2009; Rana et al., 2009; Cabral et al., 2011, Siddik et al., 2021) and animal protein sources (Yang et al., 2004; Xiaoming et al., 2010; Tabinda & Butt, 2012; Da et al., 2012; van Huis & De Prins, 2013; Sevgili et al., 2015; Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2016; Wang et al., 2017; Devic et al., 2018; Ye et al., 2019; Choi et al., 2020) to fish meal.

Carassius gibelio, which will be evaluated as meal in the current study, is a species found in streams, lakes, and ponds in Northern, Central, and Eastern Europe, the Balkans, and Asia (Hong et al., 2005). Because of its rapid distribution, it has gained interest in many nations, and surveillance studies have increased in recent years (Wheeler, 2000; Halačka et al., 2003; Paschos et al., 2004; Tsoumani et al., 2006 Gozacan & Becer, 2018). *C. gibelio* benefits from a considerable portion of the nutrients in its environment due to its omnivorous nature (benthic and planktonic invertebrates, insects and fish larvae, plants, and so on) (Balık et al., 2003; İnnal & Erkakan, 2006; Yılmaz et al., 2007). The *C. gibelio* was captured in its native habitat and its biochemical components were examined in several investigations (İzci, 2010; Süle, 2011; Dağtekin Gözü & Baştürk, 2014). Following these investigations, research was conducted to introduce the species into the economy by employing several processing processes to ensure customer preference (Baygar, 2012; Dağtekin Gözü, 2013; İzci & Bilgin, 2015). In this study, the possibilities of using the Prussian carp (*C. gibelio* Bloch, 1782), which is reported as invasive in Turkish waters (Özuluğ et al., 2004; Yılmaz et al., 2007), as fishmeal were investigated. In addition, a comparative analysis of Prussian carp meal with anchovy and sprat meals, which are currently used as fish meals, was conducted in terms of biochemical, fatty acid, amino acid, and element compositions, and their usability as an alternative raw material for aquaculture was evaluated.

2. MATERIAL and METHODS

Prussian carp (*C. gibelio*) samples were obtained from the Bafra Fish Lakes (Bafra, Samsun, Türkiye) by fishing monthly throughout the year (2019). The sampled fish were transferred to the Feed Technology Laboratory (Sinop University). The whole body was used in the production of fish meal and no sorting was done. The fish were placed on drying trays and dried in an oven at 105°C for 12 hours. After the drying process, the fish were allowed to cool down to room temperature (24°C), and they were ground into meal. Prussian carp meals (PCM) were kept in plastic bags in a deep freezer until they were analyzed. In the study, anchovy (*E. encrasicolus*) (AM) and sprat meals (*S. sprattus*), (SM) used in fish feeds were obtained from a commercial production company (Kardez Seafood Company -Samsun/Turkey). Biochemical analyses of Prussian carp, anchovy, and sprat meals were

made according to AOAC (1995). Dry matter analysis was performed in an oven ($105\pm 1^\circ\text{C}$), crude protein analysis was performed using the Kjeldahl method, crude oil analysis was performed using soxhlet extraction, and crude ash analysis was performed using a muffle furnace ($550\pm 1^\circ\text{C}$). All biochemical analyses in meals were triplicated. Element, amino acid, and fatty acid analyzes of meals were made by Sinop University Scientific Research and Application Center (SUBITAM). The elemental measurements of fish meals were based on EPA Method 200.3 (Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues). Fish meals (up to 0.5g) (HPR-FO-67) were prepared using a microwave digestion system (Milestone SK10), concentrated grade HNO_3 (suprapur 65%) and H_2O_2 (suprapur 30%) according to temperature and pressure profile (7:1) was digested in teflon containers containing the mixture. After adding the acid, the teflon bombs were closed and heated at 200°C for 15 min. and kept at the same temperature for another 15 min. The digested solution was transferred to 50ml polypropylene falcon tubes and filled with ultrapure water to 50ml. Concentrations of elements were measured with an Inductively Coupled Plasma Mass Spectrophotometer (ICP-MS, Agilent 7700X). Quality assurance and control were performed using triplicate measurement and certified reference material (UME CRM 1201-UME CRM 1204). Multi-element standard solutions (27-element mixtures: 8500-6940 2A and 8500-6940 Hg) supplied by Agilent were used for calibration curves. Analytical precision was within $\pm 10\%$. In this study, a 1 ppm internal standard (Agilent 5188–6525) was analyzed continuously with samples. The accuracy of items in the CRM ranged from 90% to 100%. Amino acid analyses of fish meals were performed using the Jasem LC-MS/MS amino acid assay kit. The concentration of the target amino acids was determined using the electrospray ionization (ESI)-based multiple reaction monitoring (MRM) mode. 0.5g sample was taken into a glass vial with a screw cap, and 4ml of reagent-2 was added, and then, a hydrolysis reaction was performed at 110°C for 24 hr. The hydrolysate was centrifuged for 5 min at 4000 rpm when it reached room temperature. Then, 100 μl of the supernatant was transferred to a vial and completed to 1 ml with distilled water. This dilution procedure was repeated one more time to yield 800-fold diluted hydrolysate of the sample. 50 μl of the diluted hydrolysate was transferred to a sample vial and 50 μl of internal standard mixture with isotope labelled and 700 μl of reagent-1 was added, respectively, and then, the mixture was vortexed for 5s. All samples were prepared according to the above procedures and injected into the LC-MS/MS system where the amounts of amino acids were read. The following formulae were used to determine the quantity and quality of amino acids (Li et al., 2009).

Essential Amino Acids (EAA) = Histidine + Lysine + Phenylalanine + Methionine + Threonine + Leucine + Isoleucine + Valine + Arginine + Tryptophan

Semi-Essential Amino Acids (SEAA) = Histidine + Arginine

Non-Essential Amino Acids (NEAA) = Alanine + Aspartic acid + Glutamic acid + Tyrosine + Glycine + Serine + Proline

Branched-chain amino acid (BcAA) = Leucine + Isoleucine + Valine

Sulfur-containing amino acids (SAA) = Cystine + Methionine

Aromatic amino acids (AraA) = Phenylalanine + Tyrosine

Basic (alkaline) amino acids (BAA) = Lysine + Arginine + Histidine

Acidic amino acids (AAA) = Aspartic acid + Glutamic acid

For fatty acid analysis, fish meals were transformed to methyl esters by derivatizing fat samples in a gas chromatography instrument (Thermo Scientific Trace 1310). For this purpose, 0.25g of the extracted oil was removed, and 4 ml of heptane and 0.4ml of 2N KOH were added. The mixture was stirred in a vortex for 2 min, and then centrifuged at 5000rpm for 5 min. After centrifugation, 1.5–2ml of the heptane phase was collected and transferred to glass tubes for GC/MS analysis. The injection of samples into the device was carried out with an automatic sampler (Autosampler AI 1310). Samples were analyzed by Thermo Scientific ISQ LT model GC/MS. For this analysis, Trace Gold TG-WaxMS capillary column (Thermo Scientific code: 26088-1540) with a film thickness of 0.25 μm and 60 m length was used. The injection block temperature was set to 240°C , and the column temperature was increased from 100°C to 240°C in the temperature program. Helium gas (1 ml/min) was used as a carrier gas at constant flow, and 1:20 split ratio was applied. The MS unit (ISQ LT) was used in electron ionization mode. Fatty acids were defined by comparing the standard FAME mixture of 37

components based on the arrival times. Additionally, the quality of fatty acids (peroxidability index (PI), atherogenicity index (AI), thrombogenicity index (TI) and hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH)) was determined according to Arakawa & Sagai, (1987); Ulbricht & Southgate, (1991), and Santos-Silva et al., (2002).

Total saturated fatty acids (\sum SFA) = C12:0 + C13:0 + C14:0 + C15:0 + C16:0 + C17:0 + C18:0 + C20:0 + C21:0 + C22:0 + C23:0 + C24:0

Total monounsaturated fatty acids (\sum MUFA) = C14:1 + C15:1 + C16:1 + C17:1 + C18:1n-9c + C18:1n-9t + C20:1n-9c + C22:1n-9 + C24:1

Total polyunsaturated fatty acids (\sum PUFA) = C18:2n-6t + C18:2n-6c + C18:3n-3 + C18:3n-6 + C20:2 + C22:2 + C20:3n-6 + C20:5n-3 + C20:4n-6 + C22:6n-3

\sum Omega-3 = C18:3n-3+C20:3n-3+C20:5n-3+C22:5n-3+C22:6n-3;

\sum Omega-6 = C18:2n-6t + C18:2n-6c + C18:3n-6+ C20:4n-6+ C20:3n-6

\sum Omega-9 = C18:1n-9c+ C18:1n-9t+ C20:1n-9c+ C22:1n-9

Atherogenicity Index (AI)= [(C12:0+ (4 x C14:0)+ C16:0)] / (MUFA+Omega-3+Omega-6)

Thrombogenicity Index (TI)= (C14:0+C16:0+C18:0) / [(0.5 x MUFA) + (0.5xOmega-6) + (3xOmega-3) + (Omega-3/Omega-6)]

Hypocholesterolemic/Hypercholesterolemic ratio (HH)= (C18:1n-9+ C18:2n-6+ C18:3n-3+ C20:4n-6+ C20:5n-3+ C22:6n-3) / (C14:0+C16:0)

Peroxidisability index (PI)= (MUFAx0.025) + (C18:2n-6+C20:2) x 1 + [(C18:3n-6+C18:3n-3)x2] + [(C18:4n-3+C20:4n-6+C22:4n-6) x 4] + [(C20:5n-3+C22:5n-3) x 6] + [(C22:6n-3) x 8]

The data were reported as average values with standard error (SE). Statistical analysis was performed using the IBM-SPSS21 statistical package program. The differences between the values were tested with a one-way analysis of variance (ANOVA), these differences were compared with the Tukey test, and the significance values were taken as $P < 0.05$.

3. RESULTS

The biochemical compositions of Prussian carp, anchovy, and sprat meals are given in Table 1. When the biochemical composition of PCM were examined, it was determined that the crude protein value was lower than AM and SM ($P < 0.05$). The statistical difference between the crude fat value of fish meals was not significant ($P > 0.05$). The crude ash values were in high amounts ($28.09 \pm 0.37\%$) in PCM and the statistical difference was significant ($P < 0.05$).

Table 1. The biochemical compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM), and sprat (SM) meals (%).

	Crude protein	Crude Fat	Crude Ash	Dry Matter
PCM	58.43 \pm 0.23 ^a	12.39 \pm 1.17	28.09 \pm 0.37 ^b	97.47 \pm 0.04 ^c
AM	74.93 \pm 0.50 ^b	10.18 \pm 0.01	18.90 \pm 0.63 ^a	94.08 \pm 0.03 ^a
SM	73.02 \pm 1.28 ^b	11.47 \pm 0.01	18.93 \pm 0.11 ^a	96.07 \pm 0.23 ^b

Each value represents the mean \pm standard error. Values expressed with different exponential letters on the same column are statistically different from each other ($P < 0.05$).

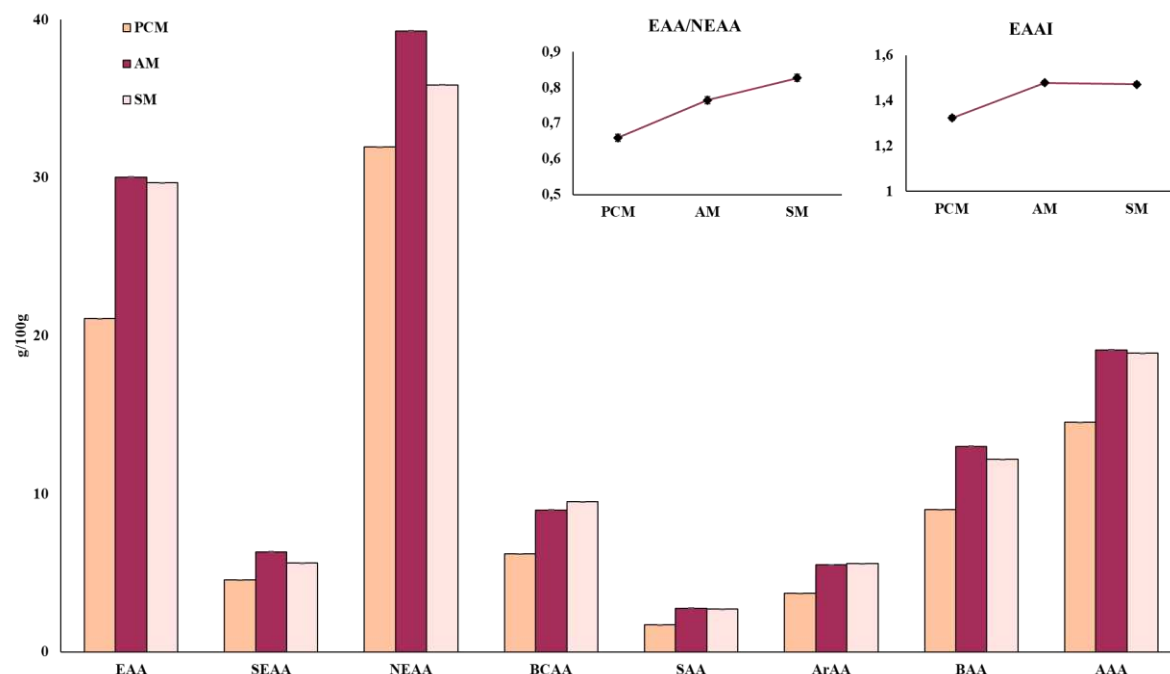
The amino acid compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM) are given in Table 2. The highest total amino acid values (TAA) were determined in AM and the lowest in PCM ($P < 0.05$).The glycine and proline values were high in PCM ($P < 0.05$).The alanine, arginine, cystine, glutamic acid, histidine, leucine, lysine, phenylalanine and taurine were prominent in AM ($P < 0.05$).The aspartic acid, isoleucine, methionine, serine, threonine, tyrosine and valine values peaked in SM ($P < 0.05$).

Table 2. The amino acid compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM), and sprat meals (SM) (g/100g).

Amino acid	PCM	AM	SM
Essential Amino Acids			
Arginine	3.43±0.01 ^a	4.12±0.01 ^b	4.11±0.01 ^b
Histidine	1.12±0.01 ^a	2.23±0.01 ^c	1.54±0.01 ^b
Isoleucine	1.00±0.01 ^a	1.49±0.01 ^b	1.78±0.01 ^c
Lysine	4.45±0.01 ^a	6.67±0.01 ^c	6.54±0.01 ^b
Leucine	3.75±0.01 ^a	5.27±0.01 ^c	5.13±0.02 ^b
Methionine	1.65±0.01 ^a	2.32±0.01 ^b	2.39±0.01 ^c
Phenylalanine	2.06±0.03 ^a	2.90±0.01 ^c	2.65±0.01 ^b
Tyrosine	1.67±0.01 ^a	2.62±0.01 ^b	2.93±0.01 ^c
Valine	1.48±0.01 ^a	2.24±0.01 ^b	2.59±0.01 ^c
Taurine	ND	0.46±0.01 ^b	0.12±0.01 ^a
Non Essential Amino Acids			
Alanine	4.16±0.01 ^a	5.60±0.01 ^c	4.30±0.01 ^b
Aspartic Acid	7.37±0.01 ^a	8.51±0.01 ^b	9.55±0.01 ^c
Cystine	0.06±0.01 ^a	0.45±0.01 ^c	0.32±0.01 ^b
Glutamic Acid	7.18±0.01 ^a	10.61±0.01 ^c	9.37±0.01 ^b
Glycine	5.27±0.01 ^b	5.24±0.05 ^b	3.61±0.01 ^a
Proline	3.50±0.01 ^c	3.35±0.01 ^b	2.76±0.01 ^a
Serine	2.83±0.01 ^a	3.36±0.01 ^b	3.37±0.01 ^b
Threonine	2.16±0.01 ^a	2.83±0.01 ^b	2.96±0.01 ^c
∑TAA	53.09±0.01 ^a	70.25±0.01 ^c	65.99±0.01 ^b

Each value means mean±standard error. Values expressed with different exponential letters on the same line are statistically different from each other ($P < 0.05$). ND: not detected.

The amino acid quality of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM) (g/100g) are shown in Figure 1. The ∑EAA, ∑SEAA and ∑NEAA values were highest in AM and lowest in PCM, and the statistical difference was significant ($P < 0.05$). The highest ∑EAA/∑NEAA ratio was in SM (0.82±0.01) and the lowest in PCM (0.66±0.01) ($P < 0.05$).

**Figure 1.** The amino acid quality of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM) (g/100g).

The ∑BCAA, ∑KAA, ∑BAA, and ∑AAA values were high in AM, and ∑ArAA value was in SM. The lowest EAAI value was in PCM and the highest in AM, and the statistical difference between the

EAAI values of the meals is not significant ($P > 0.05$).

According to the fatty acid composition analysis, the most determined fatty acids in meals were C16:0, C18:0, C18:1n-9c, C18:2n-6c, C18:3n-3, C20:4n-6, C20:5n-3, and C22:6n-3 (Table 3). The highest \sum SFA value was in AM, while the lowest was in PCM ($P < 0.05$). While the \sum MUFA value was the highest in SM, the lowest was in AM and the statistical difference was significant ($P < 0.05$).

Table 3. The fatty acid compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM), and sprat meals (SM) (%).

Fatty acids	PCM	AM	SM
C12:0	0.20±0.01 ^c	0.08±0.01 ^a	0.11±0.01 ^b
C13:0	0.12±0.01 ^c	0.08±0.01 ^a	0.10±0.01 ^b
C14:0	4.70±0.01 ^a	6.04±0.04 ^b	6.07±0.02 ^b
C15:0	1.32±0.01 ^a	1.55±0.01 ^b	1.61±0.01 ^c
C16:0	14.69±0.01 ^a	17.31±0.18 ^c	15.10±0.05 ^b
C17:0	1.13±0.01 ^b	1.60±0.01 ^c	0.97±0.01 ^a
C18:0	5.33±0.01 ^b	7.00±0.03 ^c	4.60±0.03 ^a
C20:0	0.47±0.01 ^a	1.46±0.01 ^c	1.24±0.01 ^b
C21:0	0.04±0.01	0.04±0.04	0.08±0.07
C22:0	0.20±0.03 ^a	0.82±0.01 ^c	0.70±0.04 ^b
C23:0	0.13±0.02 ^b	0.04±0.02 ^a	0.06±0.02 ^a
C24:0	0.12±0.01 ^b	0.03±0.01 ^a	0.03±0.01 ^a
\sum SFA	28.45±0.03 ^a	36.05±0.16 ^c	30.65±0.14 ^b
C14:1	1.33±0.01 ^c	0.46±0.01 ^a	0.73±0.01 ^b
C15:1	0.77±0.01 ^b	0.28±0.01 ^a	0.29±0.01 ^a
C16:1	0.85±0.01 ^a	1.14±0.01 ^b	1.19±0.01 ^c
C17:1	1.81±0.01 ^b	0.85±0.01 ^a	0.95±0.04 ^a
C18:1n-9c	14.59±0.05 ^b	14.20±0.06 ^a	13.98±0.08 ^a
C18:1n-9t	6.07±0.14 ^c	3.97±0.02 ^b	3.55±0.01 ^a
C20:1n-9c	3.05±0.02 ^b	2.71±0.01 ^a	5.86±0.08 ^c
C22:1n-9	2.17±0.02 ^b	1.43±0.03 ^a	6.26±0.06 ^c
C24:1	0.61±0.01 ^a	2.17±0.01 ^b	3.36±0.01 ^c
\sum MUFA	31.24±0.09 ^b	27.20±0.08 ^a	36.16±0.18 ^c
C18:2n-6t	0.70±0.01 ^c	0.11±0.01 ^a	0.20±0.01 ^b
C18:2n-6c	9.18±0.01 ^c	3.78±0.01 ^a	4.05±0.01 ^b
C18:3n-3	7.42±0.02 ^c	1.99±0.01 ^a	2.53±0.01 ^b
C18:3n-6	0.10±0.01 ^b	0.01±0.01 ^a	0.02±0.01 ^a
C20:2	2.30±0.01 ^b	0.76±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a
C20:3n-3	1.64±0.01 ^c	0.45±0.01 ^b	0.39±0.01 ^a
C20:5n-3	6.37±0.04 ^a	8.58±0.03 ^c	6.74±0.03 ^b
C20:4n-6	4.00±0.01 ^c	1.97±0.01 ^b	1.45±0.06 ^a
C22:6n-3	7.83±0.02 ^a	18.73±0.11 ^c	16.39±0.06 ^b
C22:2	0.07±0.01 ^b	0.01±0.01 ^a	0.01±0.01 ^a
C20:3n-6	0.66±0.03 ^c	0.31±0.02 ^a	0.55±0.01 ^b
\sum PUFA	40.26±0.07 ^c	36.70±0.12 ^b	33.10±0.06 ^a

Each value means mean±standard error. Values expressed with different exponential letters on the same line are statistically different from each other ($P < 0.05$).

The highest \sum PUFA value was in the PCM value, the lowest was in SM and the statistical difference between the \sum PUFA values of the meals was significant ($P < 0.05$). The C20:5n-3 (EPA) values of PCM, AM and SM were 6.37±0.04, 8.58±0.03 and 6.74±0.03%, respectively ($P < 0.05$). The

DHA value of PCM was approximately half of the C22:6n-3 (DHA) values of SM and AM and the statistical difference between the DHA values of the meals was significant ($P < 0.05$).

The $\sum\omega\text{-}3$, $\sum\omega\text{-}6$, and $\sum\omega\text{-}9$ values and $\omega\text{-}3/\omega\text{-}6$ and $\omega\text{-}6/\omega\text{-}9$ ratios of the meals used in the study are shown in Figure 2.

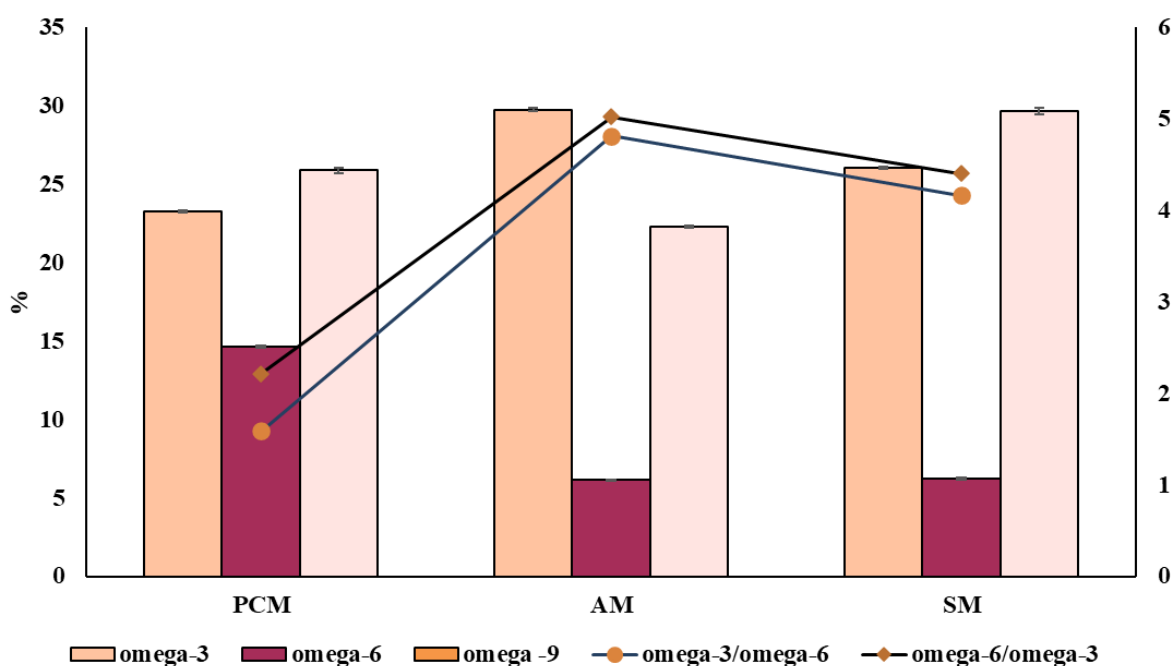


Figure 2. The $\sum\omega\text{-}3$, $\sum\omega\text{-}6$, and $\sum\omega\text{-}9$ values (%) and $\omega\text{-}3/\omega\text{-}6$ and $\omega\text{-}6/\omega\text{-}9$ ratios of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM).

In the current study, the $\sum\omega\text{-}3$ value was prominent in AM ($P < 0.05$), $\sum\omega\text{-}6$ value in PCM ($P < 0.05$) and $\sum\omega\text{-}9$ value in SM ($P < 0.05$). The $\omega\text{-}3/\omega\text{-}6$ ratio was calculated as 1.59 ± 0.01 , 4.81 ± 0.02 , and 4.16 ± 0.06 for PCM, AM, and SM, respectively ($P < 0.05$). The $\omega\text{-}6/\omega\text{-}9$ ratio was the highest in PCM and it was statistically different from the $\omega\text{-}6/\omega\text{-}9$ ratios of other meals ($P < 0.05$).

The atherogenicity index (AI), thrombogenicity index (TI), hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH), and peroxidisability index (PI) values of fish meals are shown in Figure 3. When lipid quality values were evaluated, the atherogenicity index (AI) values were highest in AM and lowest in PCM, and the statistical difference in AI values was significant ($P < 0.05$). Thrombogenicity index (TI) values of fish meals were found to be similar ($P < 0.05$). The hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH) value was high in PCM and statistically different from the HH values of other meals ($P < 0.05$). Peroxidisability index (PI) values of fish meals were highest in AM and lowest in PCM, and it was determined that the statistical difference between PI values was significant ($P < 0.05$).

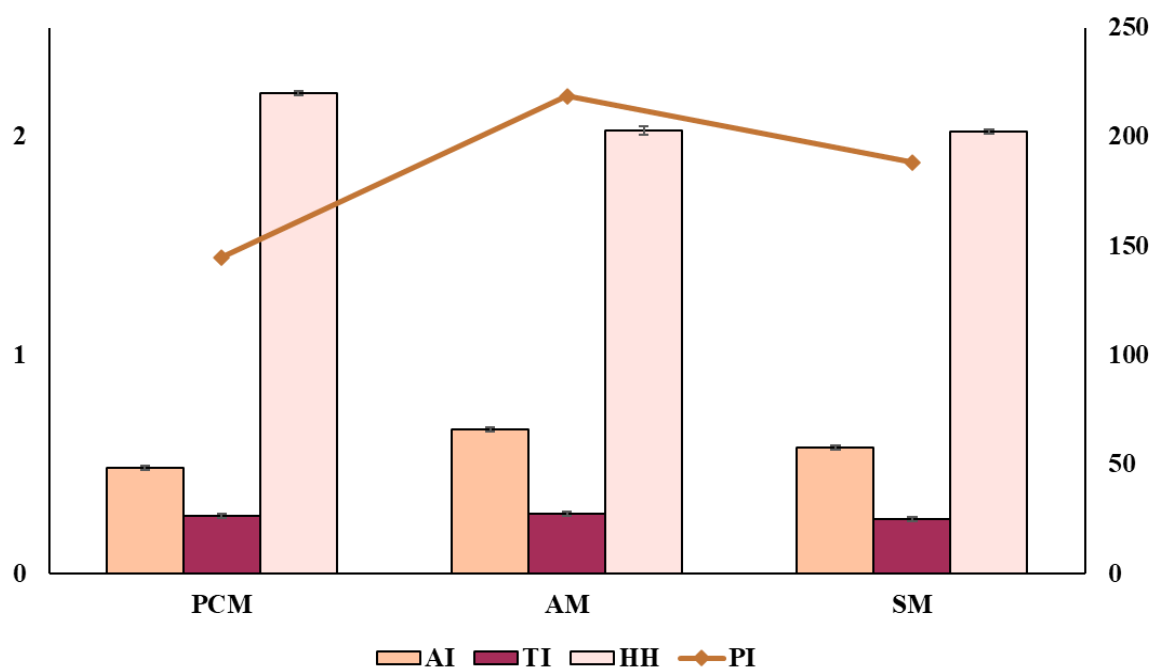


Figure 3. The atherogenicity index (AI), thrombogenicity index (TI), hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio (HH), and peroxidisability index (PI) values of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM).

The element compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM) and sprat meals (SM) are given in Table 4. The most abundant elements in anchovy meal were K, Ca, Fe, Cu, and Zn. Na, Mg, Mn, Se, Al, Cr, Co, and Ni were prominent in the sprat meal.

Table 4. The element compositions of Prussian carp (PCM), anchovy (AM), and sprat (SM) meals (mg/kg).

Elements	PCM	AM	SM
Na	5743.30±28.99 ^a	8425.03±34.81 ^b	9578.28±28.48 ^c
Mg	3360.96±22.41 ^a	3333.81±10.80 ^a	4343.22±21.47 ^b
P	66364.80±445.23 ^c	30240.92±142.43 ^a	31158.00±157.84 ^b
K	11144.59±34.15 ^a	11860.15±61.24 ^b	11714.80±56.94 ^b
Ca	128353.32±1021.10 ^c	45816.52±440.51 ^b	41678.76±215.40 ^a
Mn	33.14±0.28 ^b	23.73±0.11 ^a	36.28±0.21 ^c
Fe	241.30±0.84 ^a	514.95±3.12 ^b	524.21±1.70 ^b
Cu	2.94±0.02 ^a	4.43±0.02 ^c	3.92±0.04 ^b
Zn	136.65±0.38 ^a	176.42±1.02 ^b	171.62±0.63 ^b
Se	1.09±0.06 ^a	2.32±0.04 ^b	3.00±0.03 ^c
Al	190.99±1.40 ^b	40.73±0.37 ^a	333.55±2.25 ^c
Cr	0.45±0.01 ^a	0.55±0.01 ^b	2.39±0.02 ^c
Co	0.16±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	0.25±0.01 ^b
Ni	0.77±0.01 ^a	0.72±0.01 ^a	1.93±0.01 ^b

Each value means mean±standard error. Values expressed with different exponential letters on the same line are statistically different from each other ($P < 0.05$).

The most P was determined in Prussian carp meal. While the statistical difference between the Mg values of Prussian carp and anchovy meals was not significant ($P > 0.05$), the Mg value of the sprat meal was significant ($P < 0.05$). The Fe and Zn values of the Prussian carp meal were statistically different from the Fe and Zn values of the anchovy and sprat meals ($P < 0.05$).

4. DISCUSSION

In the current study, biochemical, fatty acid, amino acid, and element compositions of the Prussian carp, which was recorded as an invasive species in Turkey, were determined and compared to anchovy

and sprat flours, which are commonly utilized as the primary animal protein source in fish diets. In the current study, the CP values of PCM were lower than that of AM and SM ($P < 0.05$), and the CF value was higher than the CF value in other meals ($P < 0.05$, Table 1). A report on the biochemical compositions of different fish meals (herring meal, sardine meal, Peruvian anchovy meal, haddock meal, sprat meal, tuna meal, capelin meal, mackerel meal, sand eel meal, salmon meal, cod meal) used in fish feeds disclosed that the CP values of the fish meal in question are between 53.24 and 76.6% (Windsor & Barlow, 1981; Widsor et al., 2001; Kop & Korkut, 2010; Suresh et al., 2011; Tabinda & Butt, 2012; Sevgili et al., 2015; Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2016; Guo et al., 2019). The CP value of the different fish meals in the mentioned references was higher than the CP value of the PCM, and the CP values of the AM and SM were similar. When compared with alternative animal raw material sources that can be used as protein, except for fish meals, it is observed that the protein values of PCM were similar [meat-bone meals: 27.35-50.40% (NRC, 1994; Hardy, 1996); meat meals: 54% (NRC, 1994); chicken scraps meals: 46.6-66.88% (Firman, 2003; Ertürk & Çelik, 2004; Feedipedia, 2023); fishery by-products meals: 51.71% (Kop & Korkut, 2010); apple snail meals: 56.4% (Da et al., 2012); krill meals 58.8-59.4% (Suresh et al., 2011; Choi et al., 2020); yellow mealworm larvae meals 51.93% (Bovera et al., 2015)]. The CF values were the opposite of CP, and the CF values of fish meals in many studies (Windsor, 2001; Kop & Korkut, 2010; Suresh et al., 2011; Tabinda & Butt, 2012; Sevgili et al., 2015; Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2016; Guo et al., 2019; Choi et al., 2020) were lower than the CF value of PCM in the current study. These differences in the biochemical compositions of different fish meals are thought to be due to the living environments (sea/inland water), feeding, and breeding conditions of the fish used as meals.

In the study, the AM was found higher \sum TAA, \sum EAA, \sum SEAA, \sum NEAA, \sum SAA, \sum ArAA, \sum AAA, and \sum BAA, the SM was higher of EAA/NEAA ratio and \sum BcAA (Figure 1). Since there is no literature on the evaluation of total amino acids of animal protein sources added to feeds such as fish meals, an evaluation could not be made. The total amino acid values show that the amino acid values of AM and SM were better than PCM. When essential amino acids are evaluated separately, the leucine value in different studies (Windsor & Barlow, 1981; NCR, 1994; Windsor, 2001; Sevgili et al., 2015; Choi et al., 2020; Feedipedia, 2023) was higher than the leucine values in all meals in the current study. Otherwise, lysine values, which is an essential amino acid determined in meals obtained from animal protein sources in different studies, were lower or similar to the lysine values in the current study (NRC, 1994; Da et al., 2012; Bovera et al., 2015; Rahman, 2016; Guo et al., 2019; Feedipedia, 2023). These differences in amino acid compositions are assumed to be effective in the life stage, nutritional conditions, and freshness of the animal protein source, as well as being of terrestrial or aquatic origin.

In the current study, the highest \sum SFA value was in AM, the highest \sum MUFA value in SM, and the highest \sum PUFA value in PCM, and the statistical difference was significant for each fatty acid ($P < 0.05$) (Table 3). The \sum omega-3 value was high in AM and \sum omega-6 value in PCM ($P < 0.05$) (Figure 2). In studies conducted with meals used in fish feeds and especially obtained from marine products (Sevgili et al., 2015; Rahman et al., 2016), the total fatty acids values in question differ from the values in the current study. It is thought that these differences are caused by the nutritional characteristics of the fish used in making the meals, the fishing season, the processing conditions and the stocking conditions.

The element values determined in fish meals in the current study are given in Table 4. Elemental values of fish meals to be used in fish feeds (Çaklı, 2007), especially Ca and P values are very important in fish feed ration preparation (Chavez-Sanchez et al., 2000). Ca and P values of PCM in the present study were approximately two times higher than AM and SM ($P < 0.05$). The fact that both Ca and P values of PCM are higher than the other two meals can be explained by the fact that the bone and awn structure of Prussian carp is larger than that of sprat and anchovy. The reason why the Na value in AM and SM is higher than that of PCM can be explained by their living environments (marine). The element values of AM and SM were different from the values given in the literature (Windsor & Barlow, 1981; Guo et al., 2019; Anonymous, 2023). These differences are assumed to be caused by the periods in which the fish were caught, biological (age, species, size) and environmental (marine/inland water, salinity, etc.) factors, and the processing method used to make fish meal.

5. CONCLUSION

As a result, when all analyzes in the current study are evaluated, it does not seem possible to use PCM in fish feeds instead of 100% AM and SM. Although PCM contains around 60% protein and may be used as an animal protein source, its high raw ash values limit its utilization. In addition, it is known that the main problems of vegetable raw materials include an unbalanced profile in terms of essential amino acids and high antinutritional factors. By limiting the use of these vegetable raw materials in fish feed, terrestrial animal by-product meals appear as a suitable and practical alternative at the technical and economic level. However, there are strict regulations and restrictions on the use of these meals. Apart from these, insect meals, which are used as feed raw materials as an alternative, are rich in \sum omega-6 and poor in \sum omega-3. When all these factors are evaluated together, it is thought that PCM can be used instead of AM and SM in certain proportions. In conclusion, the comparison between Prussian carp, anchovy, and sprat meal reveals that Prussian carp meal has the potential to be used in fish feeds, but further experimental studies are needed to validate this. Our study highlights the need for continued research and analysis in this field to determine the best options for fish feed.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank Kardez Seafood Company (in Samsun), for providing the experimental fish meal samples.

FUNDING

This work was supported by Sinop University Scientific Research Coordination Unit. Project Number: SÜF-1901-21-005, 2021.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fiction: BB; Literature: BB, DKÖ; Methodology: BB, DKÖ, GUG; Performing the experiment: DKÖ, GUG; Data analysis: DKÖ; Manuscript writing: DKÖ; Supervision: BB; All authors approved the final draft.

ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data supporting the findings of the present study are available from the corresponding author upon reasonable request.

REFERENCES

- AOAC. (1995) *Official methods of analysis* (16th ed.). Arlington, VA: Association of Analytical Chemists
- Arakawa, K., & Sagai, M. (1987). Species differences in lipid peroxide and investigation of their determining factors. *Lipids*, 21(12), 769–775. <https://doi.org/10.1007/BF02535410>
- Balık, İ., Karaşahin, B., Özkök, R., Çubuk, H., & Uysal, R. (2003). Diet of silver crucian carp *Carassius gibelio* in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3(2), 87-91.
- Baygar, T. (2012). Gümüşü Havuz Balığı (*Carasius gibelio*, Bloch, 1782)'nin Farklı İşleme Yöntemleri ile Değerlendirilerek Ekonomiye Kazandırılması, *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Bireysel Araştırma Projesi* (Proje No:12/02).
- Bovera, F., Piccol, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi,



- P., Attia, Y. A., & Nizza, A. (2015) Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science*, 56(5), 569-575. <https://doi.org/10.1080/00071668.2015.1080815>
- Cabral, E. M., Bacelar, M., Batista, S., Castro-Cunha, M., Ozorio, R. O. A., & Valente, L. M. P. (2011). Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese Sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*, 322(323), 74e81. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.023>
- Chavez-Sanchez, C., Martinez-Palacios, C. A., Martinez-Perez, G., & Ross, L. G. (2000). Phosphorus and calcium requirements in the diet of the American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther). *Aquaculture Nutrition*, 6(1), 1-10. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.2000.00118.x>
- Choi, J., Lee, K. W., Han, G. S., Byun, S. G., Lim, H. J., & Kim, H. S. (2020). Dietary inclusion effect of krill meal and various fish meal sources on growth performance, feed utilization, and plasma chemistry of grower walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*, Pallas 1811). *Aquaculture Reports*, 17, 100331. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100331>
- Çaklı, S. (2007). *Su ürünleri işleme teknolojisi*. Ege Üniversitesi Yayınları. Yayın no:76. Bornova/İzmir
- Da, C. T., Lundh, T., Lindberg, & J. E. (2012). Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilisation and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. *Aquaculture*, 364, 150-156. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.08.010>
- Dağtekin Gözü, B. B., & Baştürk, Ö. (2014) Çıldır Gölü'nde Yaşayan Gümüşü Havuz Balığının (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) Et Verimi ve Biyokimyasal Kompozisyonu, *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 15-22.
- Dağtekin Gözü, B. B. (2013). Gümüşü Havuz Balığı (*Carassius gibelio* (Bloch, 1782))'ndan Geleneksel Surimi Üretimi ve pH Ekstraksiyon Yöntemleriyle Üretilen Protein İzolatlarının Depolama Sürecindeki Kalite Değişimlerinin Belirlenmesi, *Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Doktora Tez Projesi* (BAP-FBE SÜ (BBG) 2011-4 DR).
- Devic, E., Leschen, W., Murray, F., & Little, D. C. (2018). Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. *Aquaculture Nutrition*, 24, 416e423. <https://doi.org/10.1111/anu.12573>
- Ertürk, M. M., & Çelik, S. (2004). Damızlık japon bildircını (*Coturnix coturnix japonica*) rasyonlarında tavuk kesimhane artıkları ununun soya küspesi yerine kullanım olanakları: 2-kuluçka ve yumurta kalite özelliklerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(1), 67-74. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akdenizfderg/issue/1583/19666>
- FAO. (2014). The State of World Fisheries and Aquaculture (Rome) Online. <http://www.fao.org/3/a-i3720e/index.html>
- Feedipedia. (2023). Animal feed resources information system. <https://www.feedipedia.org/content/feeds?category=13586> Accessed Jan 2023.
- Firman, J. D. (2003) Kanatlı yemlerinde kanatlı yan ürün unu ve tüy unu kullanımının besin ve ekonomik değeri. *NRA Bülteni*, 29.
- Gerile, S., & Pirhonen, J. (2017). Replacement of fishmeal with corn gluten meal in feeds for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) does not affect oxygen consumption during forced swimming. *Aquaculture* 479, 616e618. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.07.002>
- Gozacan, N. M., & Becer, Z. A. (2018). The association of some physicochemical characteristics and remote sensing based spectral characteristics of the habitat of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) in lake Egirdir. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(6), 4502-4510.
- Guo, J., Swanepoel, A., Qiu, X., Reis, J., Rhodes, M., & Davis, D. A. (2019). Use of salmon by-product meals as a replacement for anchovy meal in practical diets for the Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 26(2), 490-501. <https://doi.org/10.1111/anu.13011>
- Halačka, K., Luskova, V., & Lusk, S. (2003). *Carassius* "gibelio" in fish communities of the Czech Republic. *Ecohydrol Hydrobiol*, 3(1), 133-138.

- Hardy, R. W. (1996). Alternative protein sources for salmon and trout diets. *Animal Feed Science Technology*, 59, 71-80. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00888-8](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00888-8)
- Hong, Y. J., Yu, Z. J., Zhou, L., & Gui, J. F. (2005). A population of red-transparent, triploid *Carassius auratus*. *Journal of fish biology*, 67(4), 1139-1143. <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00789.x> 3
- Innal, D., & Erk'akan, F. (2006). Effects of exotic and translocated fish species in the inland waters of Turkey. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 16, 39-50. <https://doi.org/10.1007/s11160-006-9005-y>
- İzci, L. (2010). Utilization and quality of fish fingers from Prussian Carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782). *Pakistan Veterinary Journal*, 30(4), 207-210.
- Izci, L., & Bilgin, Ş. (2015). Sensory acceptability and fatty acid profile of fish crackers made from *Carassius gibelio*. *Food Science and Technology*, 35, 643-646. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6723>
- Kaushik, S.J, Coves, D., Dutto, G., & Blanc, D. (2004). Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230(1-4), 391-404. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00422-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00422-8)
- Kop, A., & Korkut, A. Y. (2010). Effects of diets with different fish meal origins on the performance of Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(3), 581-583. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.581.583>
- Li, P., Mai, K., Trushenski, J., & Wu, G. (2009). New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids* 37, 43-53. <https://doi.org/10.1007/s00726-008-0171-1>
- Miles, R. D., & Chapman, F. A. (2006). The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets: FA122/FA122, 5/2006. *EDIS*, (12).
- Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin, D. M., Goldburg, R. J., Hua, K., & Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(36), 15103-15110. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905235106>
- Neff, R. A., Parker, C. L., Kirschenmann, F. L., Tinch, J., & Lawrence, R. S. (2011). Peak oil, food systems, and public health. *American Journal of Public Health*, 101(9), 1587-1597. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2011.300123>
- NRC. (1994). National Research Council. *Nutrient requirements of poultry*: National Academies Press Ninth Revised Edition.
- Ogunji, J. O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., & Rennert, B. (2006, October 11-13). Housefly maggot meal (maggot meal): an emerging substitute of fishmeal in tilapia diets. Conference on International Agricultural Research for Development; Deutscher Tropentag, Bonn, Germany. <http://www.tropentag.de/2006/abstracts/full/76.pdf>
- Özuluğ, M., Meriç, N., & Freyhof, J. (2004). The distribution of *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) (Teleostei: Cyprinidae) in Thrace (Turkey). *Zoology in the Middle East*, 31(1), 63-66. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_2_30
- Paschos, I., Nathanailides, C., Tsoumani, M., Perdikaris, C., Gouba, E., & Leonardos, I. (2004). Intra and inter-specific mating options for gynogenetic reproduction of *Carassius gibelio* (Bloch, 1783) in Lake Pamvotis (NW Greece). *Belgian Journal of Zoology*, 134(1), 55-60.
- Rahman, M. M., Han, H. S., Kim, K. W., Kim, K. D., Lee, B. J., & Lee, S. M. (2016). Apparent digestibility coefficients of the extruded pellet diets containing various fish meals for olive flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/s41240-016-0027-7>
- Rana, K. J., Siriwardena, S., & Hasan, M. R. (2009). Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production (No. 541). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). <https://www.fao.org/3/i1143e/i1143e00.htm>
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., & Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77(2-3), 187-194. [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)

- Sevgili, H., Kurtoğlu, A., Oikawa, M., Fedekar, D., Emre, Y., & Takeno, N. (2015). Evaluation of nutritional values of selected commercial fish meal sources in turbot (*Psetta maxima*) diets. *Aquaculture Research*, 46(10), 2332-2343. <https://doi.org/10.1111/are.12389>
- Siddik, M. A., Pham, H. D., Francis, D. S., Vo, B. V., & Shahjahan, M. (2021). Dietary supplementation of fish protein hydrolysate in high plant protein diets modulates growth, liver and kidney health, and immunity of barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, 27, 86-98. <https://doi.org/10.1111/anu.13404>
- Suresh, A.V., & Nates, S. (2011). Attractability and palatability of protein ingredients of aquatic and terrestrial animal origin, and their practical value for blue shrimp, *Litopenaeus stylirostris* fed diets formulated with high levels of poultry byproduct meal. *Aquaculture*, 319(1-2), 132-140. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.06.039>
- Süle, Ö. (2011). *Carassius gibelio*'dan Surimi Yapımı ve Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesinin Belirlenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi* (Yüksek Lisans Tezi).
- Tabinda, A. B., & Butt, A. (2012). Replacement of fish meal with poultry by-product meal (chicken intestine) as a protein source in grass carp fry diet. *Pakistan Journal of Zoology*, 44(5), 1373-1381.
- Tsoumani, M., Liasko, R., Moutsaki, P., Kagalou, I., & Leonardos, I. (2006). Length–weight relationships of an invasive cyprinid fish (*Carassius gibelio*) from 12 Greek lakes in relation to their trophic states. *Journal of Applied Ichthyology*, 22(4), 281-284. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00768.x>
- Ulbricht, T., & Southgate, D. (1991). Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*, 338(8773), 985–992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- van Huis, A., & De Prins, J. (2013). Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security. FAO 02, 47e48. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Wang, L., Li, J., Jin, J. N., Zhu, F., Roffeis, M., & Zhang, X. Z. (2017). A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. *Aquaculture Nutrition*, 23, 983e993. <https://doi.org/10.1111/anu.12466>
- Windsor, M., & Barlow, S. (1981). *Introduction to Fishery By-Products*. Fishing News Books. Farnham, Surrey, England. 52-71.
- Windsor, M. L. (2001). *Fish Meal*. Tory Research Station. Torry Advisory Note. No:49. FAO. <https://www.fao.org/3/x5926e/x5926e00.htm#Contents>
- Wheeler, A. C. (2000). Status of the crucian carp, *Carassius carassius* (L.), in the UK. *Fisheries management and ecology*, 7(4), 315-322. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2400.2000.007004315.x>
- Xiaoming, C., Ying, F., Hong, Z., & Zhiyong, C. (2010). *Review of the nutritive value of edible insects*. In P.B. Durst, D.V. Johnson, R.L. Leslie, & K. Shono, eds. Forest insects as food: humans bite back, proceedings of a workshop on Asia-Pacific resources and their potential for development. Bangkok, FAO Regional Office for Asia and the Pacific.
- Yang, Y., Xie, S., Cui, Y., Lei, W., Zhu, X., Yang, Y., & Yu, Y. (2004). Effect of replacement of dietary fish meal by meat and bone meal and poultry by-product meal on growth and feed utilization of gibel carp, *Carassius auratus gibelio*. *Aquaculture Nutrition*, 10(5), 289-294. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00301.x>
- Ye, H., Zhou, Y., Su, N., Wang, A., Tan, X., Sun, Z., Zou, C., Liu, Q., & Ye, C. (2019). Effects of replacing fish meal with rendered animal protein blend on growth performance, hepatic steatosis and immune status in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀ × *Epinephelus lanceolatus*♂). *Aquaculture*, 511, 734203. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734203>
- Yılmaz, M., Yılmaz, S., Bostancı, D., & Polat, N. (2007). Bafra Balık Göllerinde yaşayan havuz balığı (*Carassius gibelio*)'nın beslenme rejimi. *Journal of Fisheries Sciences.com*. 1(2):48-57.
- Zhang, Y., Ji, W., Wu, Y., Han, H., Qin, J., & Wang, Y. (2016). Replacement of dietary fish meal by soybean meal supplemented with crystalline methionine for Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture Research*, 47(1), 243-252. <https://doi.org/10.1111/are.12486>

Daphnia magna'nın Popülasyon Artışına Farklı Kültür Ortamlarının Etkisi

The Effect of Different Culture Environments on the Population Growth of *Daphnia magna*

Hasan Batuhan Emre Özdoğan^{1,*}, Muhammet Eren Tekin¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta-TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar: hasanozdogan@isparta.edu.tr

Geliş: 16.10.2023

Kabul: 04.04.2024

Yayın: 01.09.2024

Alıntılama: Özdoğan, H. B. E., & Tekin, M. E. (2024). *Daphnia magna*'nın popülasyon artışına farklı kültür ortamlarının etkisi. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 208-217. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1376690>

Özet: Bu çalışmada, *Daphnia magna* kültürüne 3 farklı besinin (*Chlorella vulgaris*, Toz *Spirulina*, Ekmek mayası) tek tek ve kombine şekilde kullanımının popülasyon artışı üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme grupları sırasıyla; Besin olmayan grup (Kontrol/I. Grup), Toz *Spirulina* (II. Grup), *Chlorella vulgaris* (III. Grup), Ekmek mayası (IV. Grup), Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* (V. Grup), Toz *Spirulina* + Ekmek mayası (VI. Grup), *C. vulgaris* + Ekmek mayası (VII. Grup), Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + Ekmek mayası (VIII. Grup) olarak belirlenmiştir. Deneme 1 litre hacimli balon joje içinde 700 mL'lik su hacminde başlangıç yoğunluğu 25 adet birey olacak şekilde başlamış, 21 gün boyunca günlük olarak birey sayımları yapılmıştır. Araştırmanın sonunda *D. magna* kültürlerindeki popülasyon artışında en yüksek toplam birey sayısı Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + Ekmek mayası ile beslenen grupta $5541,33 \pm 57,83$ birey/700ml olarak 16. günde belirlenmiştir. Çalışmada 16 gün sonundaki en yüksek birey sayısı Toz *Spirulina* + Ekmek mayası ile beslenen grup ile istatistiki olarak benzerlik göstermiş olsa da diğer gruplar arasında istatistik olarak fark tespit edilmiştir ($P < 0,05$). *D. magna*'ya uygulanan besleme rejimine göre en yüksek büyüme hızı 14. gün sonunda Toz *Spirulina* + ekmek mayası ile beslenen grupta $0,87 \pm 0,02$ bölünme/gün olarak belirlenmiş olup bu sonuç istatistiki olarak *C. vulgaris* ile beslenen gruba istatistiki olarak benzerlik gösterse de diğer gruplardan farklı bulunmuştur ($P < 0,05$). Çalışmada Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + Ekmek mayası ilavesinin *D. magna*'nın popülasyon artışı ve büyüme hızını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler

- *Daphnia magna*
- *Chlorella vulgaris*
- Toz *Spirulina*
- Ekmek mayası
- Popülasyon artışı

Abstract: In this study, the effect of 3 different ingredients (*Chlorella vulgaris*, Powder *Spirulina*, Baker's yeast) individually and in combination on the population growth of *Daphnia magna* was investigated. Experimental groups were non-fed or starvation group (Control/Group I), Powder *Spirulina* (Group II), *Chlorella vulgaris* (Group III), Baker's yeast (Group IV), Powder *Spirulina* + *C. vulgaris* (Group V), Powder *Spirulina* + Baker's yeast (Group VI), *C. vulgaris* + Baker's yeast (Group VII), Powder *Spirulina* + *C. vulgaris* + Baker's yeast (Group VIII). The treatments were tested using volumetric flasks of 1 liter with a volume of 700 ml of water. The initial density in each flask was 25 individuals, and daily individual counts were made for 21 days. At the end of the study, the highest total number of individuals was determined on the 16th day as 5541.33 ± 57.83 individuals/700 ml in the group fed with Powder *Spirulina* + *C. vulgaris* + Baker's yeast. Although the highest number of individuals on day 16 was statistically similar to the group fed with Powdered *Spirulina* + Baker's yeast, there were statistical differences among other groups ($P < 0.05$). According to the feeding regimens applied to *D. magna*, the highest growth rate was determined as 0.87 ± 0.02 divisions/day in the group fed with Powdered *Spirulina* + Baker's yeast on day 14. This treatment was statistically comparable to the group fed with *C. Vulgaris* but significantly higher than the other groups ($P < 0.05$). In

Keywords

- *Daphnia magna*
- *Chlorella vulgaris*
- Powder *Spirulina*
- Baker's yeast
- Population growth



conclusion, it was determined that the addition of Powder *Spirulina* + *C. vulgaris* + Baker's yeast positively affected the population increase and growth rate of *D. magna*. Future studies in this area should focus on water quality and nutrient compositions of *D. magna* along with the population increase and growth rate.

1. GİRİŞ

Damızlık balıkların gamet üretimi sürecinde kullanılan yemlerin kalitesi üreme performansları üzerine belirleyici role sahiptir (Kruger vd., 2001; Lim vd., 2003). Balıklar daha iyi büyüme, üreme ve yüksek yaşama oranı için protein başta olmak üzere besin maddeleri açısından yeterli ve dengeli canlı yemlere ihtiyaç duyar (Lall & Tibbetts, 2009). Balığın erken yaşam evrelerinde canlı yemlerle beslenmesi ile büyüme için gerekli olan amino asitler, doymamış yağ asitleri, vitaminler, mineraller ve diğer bileşenlerin vücuda alınımını sağlar (Das vd., 2012, Tuchapska & Krazhan, 2014). Günümüzde balık larvalarının erken dönemlerinde ticari yem kullanımı amaçlanmakla birlikte, larvaların besin maddesi gereksinimlerinin karşılanması, hayatta kalma oranları ve deformasyon oranları bakımından hala alınması gereken çok yol vardır (Fouzi vd., 2021). Canlı yemler protein, aminoasit, mineral, vitamin ve endojen enzim içeriği açısından önemli bir besin kaynağıdır (Kandathil Radhakrishnan vd., 2020). Artemia, Rotifer ve Daphnia gibi canlı yemler yaygın olarak kültürü yapılan balık ve kabuklu larvalarının ilk beslenme periyodunda kullanılmaktadır (Conceição vd., 2010; Hamre vd., 2013; Hossain & Yoshimatsu, 2014; Hagiwara & Marcial, 2019). *Daphnia magna* özellikle tatlı su balıklarının larva üretiminde başarıyla kullanılmaktadır (Hoff & Snell, 1987). *D. magna*, %45-70 oranında protein ve %11-27 oranında lipit içeren oldukça besleyici bir canlı yemdir (German vd., 2016). Balıklar için *D. magna* yetiştirilmesinin ve tedarik etmenin temel faydası, hızlı üremeleri, aktif olarak hareket edebilmeleri ve larvaların ağız açıklığına uygun olmasıdır (Cheban vd., 2017). Artemia su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe yaygın olarak kullanılmasına rağmen çok pahalı ve tedariki zor bir canlı yemdir. Bu nedenle, ekonomik olarak daha avantajlı olabilecek benzer besin kalitesine sahip daha ucuz alternatiflerine ihtiyaç vardır (Khan vd., 2020). *D. magna*, düşük maliyetleri ve tedarikinin kolay olması nedeniyle Artemia'ya alternatif canlı yem kaynağıdır. Ayrıca, larvaların beslenmesinde *D. magna* kullanımı besleme maliyetini düşürerek yetiştiriciliğin karlılığını artırmaktadır (Fouzi vd., 2021). *D. magna*'nın larva beslemede kullanımında besinsel içeriğinin zenginleştirilmesi, Artemia ve Rotiferlerde olduğu gibi sindirilen besinlere göre değişmektedir. Yapılan çalışmalar genellikle *D. magna*'nın besinsel içeriğinin artırılmasına yönelik olup popülasyon artışı ile ilgili çalışmalar sınırlıdır (Ferrão-Filho vd., 2003; Kang vd., 2006). Bu nedenle *D. magna*'nın büyüme performansı ve fekondite oranını optimize etmek için daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Bu çalışma hem balık hem de kabuklu yetiştiriciliğinde canlı yem olarak önemli bir yeri olan *D. Magna*'nın farklı besleme rejimlerinin (kurutulmuş mikrolag olarak toz *Spirulina*, canlı mikroalg *C. vulgaris* ve ekmek mayası) popülasyon artışı ve büyüme oranı üzerine etkilerini belirlemek amacı ile planlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Araştırma yeri

Araştırma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Canlı Yem Laboratuvarı'nda 01 Ekim 2022 – 01 Kasım 2022 tarihleri arasında yürütülmüştür.

2.2. Deneme materyali

Denemede kullanılan *D. magna* (Crustacea: Cladocera) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Canlı Yem Laboratuvarında uzun yıllardır tutulan stok kültüründen temin edilmiştir.

2.3. Kültür koşulları

D. magna kültürü için artezyen suyu kullanılmıştır. Denemede *D. magna* üretimi 20±1°C su sıcaklığı ve 6,5-8,00 pH'da gerçekleştirilmiştir. Deneme grupları araştırma boyunca doğal aydınlatmaya tabi tutulmuştur. Muameleler havalandırma destekli 1 L'lik balon jöjelerde test edilmiştir.

2.4. Besin kaynakları

D. magna'nın beslenmesinde Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Canlı Yem Laboratuvarı stok kültüründe bulunan *Chlorophyta* filumuna ait tatlı su mikroalgi *C. vulgaris*, piyasadan satın alınmış olan toz formdaki *Spirulina* ve ekmekek mayası (e-ticaret firmasından alınmış, Türkiye Firması) kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan toz formdaki *Spirulina* ve ekmekek mayası 15 g/L, *C. vulgaris* ise 1.5x10⁶ h/ml konsantrasyonunda sabit oranda ortama ilave edilmiştir.

2.5. Besleme rejimi

Bu çalışmada üç farklı besin (kurutulmuş mikrolag ürünü toz *Spirulina*, canlı mikroalg *C. vulgaris* ve ekmekek mayası) ile kültüre alınan *D. magna*'nın en yüksek popülasyon artışı ve büyüme hızının belirlenmesi hedeflenmiştir. 1 litrelik kültür hacminde 700 mL'lik su hacminde gerçekleştirilen denemelerde 25 adet birey stoklanarak denemelere başlanmış ve 21 gün boyunca her gün birey sayımları gerçekleştirilmiştir.

D. magna'ya uygulanan besleme rejimleri aşağıda özetlenmiştir;

- I. Besin olmayan ya da aç bırakılan grup
- II. Sadece toz spirulina
- III. Sadece *Chlorella vulgaris*
- IV. Sadece ekmekek mayası
- V. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris*
- VI. Toz *Spirulina* + ekmekek mayası
- VII. *C. vulgaris* + ekmekek mayası
- VIII. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekmekek mayası

Buna göre kontrol grubu dahil olmak üzere 8 besleme rejimi 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre test edilmiştir. Denemede *D. magna*'nın stoklandığı balon jöjelerdeki su günlük olarak %100 oranında değiştirilmiştir.

2.6. Birey sayımları

Deneme gruplarına göre *D. magna*'nın toplam birey sayımları her bir tekerrür için bireyler yeni ortamlarına aktarılmadan önce tespit edilmiştir. Deneme boyunca günlük olarak yapılan birey sayımlarına göre popülasyondaki büyüme hızı (r) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Naylor vd., 1992);

$$r = (\ln N_t - \ln N_0) / t$$

N₀=Başlangıçtaki birey yoğunluğu

N_t= t zamanı sonundaki birey yoğunluğu

t=birim hacimde (ml) maksimum birey sayısına ulaşma süresi (gün)

2.7. İstatistiksel analizler

İstatistiksel değerlendirmelerin tümü SPSS 21,00 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Varyans homojenlik testleri (Levene testi) uygulandıktan sonra tek yönlü ANOVA testi yapılmış ve grup ortalaması arasındaki farklılıklar Tukey'in çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerde önem seviyesi p = 0,05 düzeyi olarak dikkate alınmıştır.

3. BULGULAR

Bu çalışmada *D. magna*'nın toplam birey sayısı, büyüme hızı ve fekondite oranı üzerine farklı besin ortamlarının etkisi araştırılmıştır. *D. magna* kültüründe elde edilen birey sayısına ait bulgular Tablo 1'de, büyüme hızına ait bulgular ise Tablo 2'de verilmiştir.

D. magna kültürlerindeki popülasyon artışına ait en yüksek toplam birey sayısı Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekme mayası ile beslenen grupta $5541,33 \pm 57,83$ birey/700 mL olarak 16. günde belirlenmiştir. Çalışmada 16 gün sonundaki en yüksek birey sayısı Toz *Spirulina* + ekme mayası ile beslenen grup ile istatistiki olarak benzerlik göstermiş olsa da diğer gruplar arasında istatistik olarak fark tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Uygulanan besleme rejimine göre 16. gün sonundaki en düşük birey sayısı kontrol grubunda $32,33 \pm 2,33$ birey/700 mL olarak belirlenmiştir.

Çalışmada 21 gün sonundaki en yüksek birey sayısı $3186,67 \pm 80,58$ birey/700 mL olarak Toz *Spirulina* + ekme mayası ile beslenen grupta belirlenmiş olup istatistiki olarak Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekme mayası ile beslenen gruba benzerlik göstermesine rağmen diğer gruplardan istatistiki olarak farklıdır ($P < 0,05$).

D. magna'ya uygulanan besleme rejimine göre en yüksek büyüme hızı 14. gün sonunda Toz *Spirulina* + ekme mayası ile beslenen grupta $0,87 \pm 0,02$ bölünme/gün olarak belirlenmiş olup bu sonuç istatistiki olarak *C. vulgaris* ile beslenen gruba istatistiki olarak benzerlik gösterse de diğer gruplardan farklı bulunmuştur ($P < 0,05$). Çalışmada herhangi bir besin verilmeyen kontrol grubuna ait büyüme hızı değerleri diğer gruplardan istatistiki olarak önemli oranda düşük bulunmuştur ($P < 0,05$).

Tablo1. *Daphnia magna* kültürlerindeki popülasyon artışı (birey/700ml).

Gün	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00	25,00 ± 0,00
2	36,66 ± 1,67 ^c	45,67 ± 0,67 ^{abc}	42,33 ± 1,45 ^{bc}	42,33 ± 2,67 ^{bc}	47,33 ± 1,45 ^{ab}	50,33 ± 2,91 ^{ab}	46,67 ± 1,66 ^{ab}	53,33 ± 1,67 ^a
3	118,33 ± 3,76 ^{ab}	131,67 ± 2,91 ^a	117,67 ± 3,76 ^{ab}	107,33 ± 4,33 ^b	105,00 ± 4,93 ^b	103,00 ± 4,04 ^b	133,33 ± 6,39 ^a	133,33 ± 4,41 ^a
4	123,33 ± 4,91 ^{bc}	143,00 ± 5,20 ^b	141,00 ± 1,73 ^b	132,33 ± 4,33 ^{bc}	116,67 ± 4,84 ^c	121,67 ± 2,03 ^{bc}	174,66 ± 4,80 ^a	192,00 ± 7,21 ^a
5	123,00 ± 2,51 ^d	161,00 ± 8,89 ^c	159,33 ± 2,91 ^c	174,00 ± 5,51 ^c	148,67 ± 7,54 ^{cd}	154,33 ± 6,06 ^{cd}	218,00 ± 3,06 ^b	255,00 ± 11,55 ^a
6	120,33 ± 3,18 ^e	182,00 ± 2,00 ^d	180,00 ± 8,33 ^d	190,33 ± 9,13 ^{cd}	199,33 ± 2,91 ^{bcd}	223,00 ± 4,73 ^{bc}	232,67 ± 5,93 ^b	350,00 ± 13,23 ^a
7	111,00 ± 2,65 ^e	273,00 ± 4,04 ^{bcd}	235,00 ± 13,00 ^d	253,33 ± 5,36 ^{cd}	240,33 ± 3,76 ^d	287,67 ± 10,40 ^{bc}	298,33 ± 6,57 ^b	405,67 ± 16,70 ^a
8	100,33 ± 4,91 ^c	295,67 ± 6,06 ^b	289,67 ± 8,95 ^b	285,33 ± 11,05 ^b	274,00 ± 6,66 ^b	368,00 ± 13,70 ^{ab}	352,33 ± 8,99 ^{ab}	450,00 ± 15,50 ^a
9	93,00 ± 5,20 ^e	373,67 ± 16,76 ^{bc}	338,00 ± 11,36 ^{cd}	313,33 ± 10,09 ^d	394,33 ± 4,98 ^{bc}	601,67 ± 15,30 ^a	421,67 ± 8,67 ^b	649,00 ± 15,62 ^a
10	85,00 ± 3,79 ^e	431,33 ± 8,11 ^{bcd}	407,00 ± 5,77 ^{cd}	378,00 ± 10,97 ^d	504,00 ± 8,50 ^b	812,33 ± 23,79 ^a	488,00 ± 10,97 ^{bc}	821,33 ± 9,13 ^a
11	72,33 ± 5,81 ^d	501,00 ± 6,08 ^{bc}	473,33 ± 16,05 ^c	432,67 ± 6,44 ^c	626,00 ± 9,87 ^b	1220,67 ± 57,03 ^a	537,00 ± 5,86 ^{bc}	1304,33 ± 56,63 ^a
12	63,33 ± 3,53 ^d	553,67 ± 13,35 ^{bc}	566,33 ± 25,98 ^{bc}	518,67 ± 8,95 ^c	743,33 ± 8,67 ^b	1580,00 ± 90,67 ^a	648,00 ± 5,51 ^{bc}	1535,67 ± 73,79 ^a
13	51,67 ± 1,20 ^c	742,33 ± 28,30 ^b	752,33 ± 60,73 ^b	593,00 ± 8,39 ^b	818,67 ± 13,28 ^b	2134,33 ± 150,96 ^a	811,00 ± 12,77 ^b	1998,33 ± 16,90 ^a
14	44,33 ± 1,20 ^d	1240,67 ± 48,21 ^{bc}	1075,33 ± 44,60 ^c	978,33 ± 19,43 ^c	1453,67 ± 40,52 ^b	3295,00 ± 85,99 ^a	1170,67 ± 11,62 ^{bc}	3437,00 ± 161,52 ^a
15	39,33 ± 0,67 ^c	2646,67 ± 40,13 ^b	2504,33 ± 31,97 ^b	2527,67 ± 62,37 ^b	2739,67 ± 58,89 ^b	4659,00 ± 127,99 ^a	2840,00 ± 40,93 ^b	4644,00 ± 184,93 ^a
16	32,33 ± 2,33 ^d	3656,33 ± 42,36 ^{bc}	3393,33 ± 130,84 ^c	3457,00 ± 103,73 ^{bc}	3797,33 ± 39,33 ^b	5206,33 ± 96,89 ^a	3523,00 ± 87,20 ^{bc}	5541,33 ± 57,83 ^a
17	25,33 ± 2,91 ^e	2670,33 ± 18,21 ^d	2807,67 ± 11,78 ^d	2715,67 ± 40,91 ^d	2864,00 ± 17,35 ^{cd}	4223,00 ± 150,40 ^b	3147,33 ± 34,85 ^c	4612,67 ± 52,23 ^a
18	21,33 ± 3,38 ^d	2517,67 ± 16,80 ^c	2573,67 ± 24,06 ^c	2556,67 ± 8,29 ^c	2727,00 ± 20,81 ^{bc}	4031,37 ± 140,87 ^a	2879,67 ± 20,34 ^b	1471,00 ± 50,59 ^a
19	14,00 ± 0,58 ^c	2292,67 ± 93,12 ^b	2272,67 ± 62,46 ^b	2450,00 ± 25,01 ^b	2506,33 ± 40,46 ^b	3752,00 ± 85,51 ^a	2542,33 ± 81,96 ^b	3715,00 ± 52,25 ^a
20	11,33 ± 0,88 ^c	2202,33 ± 89,64 ^b	2138,00 ± 39,68 ^b	2398,33 ± 10,53 ^b	2177,33 ± 41,98 ^b	3409,00 ± 62,48 ^a	2281,33 ± 36,33 ^b	3443,67 ± 80,22 ^a
21	10,00 ± 0,58 ^e	2144,67 ± 88,02 ^{bc}	1834,67 ± 40,01 ^d	2353,67 ± 17,13 ^b	2001,67 ± 24,88 ^{cd}	3186,67 ± 80,58 ^a	2106,00 ± 75,64 ^{bc}	3168,00 ± 37,29 ^a

I. Besin olmayan grup, II. Toz *Spirulina*, III. *C. vulgaris*, IV. Ekmek mayası, V. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris*, VI. Toz *Spirulina* + ekmek mayası, VII. *C. vulgaris* + ekmek mayası, VIII. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekmek mayası.

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($P < 0,05$).

Tablo 2. *Daphnia magna* kültürlerindeki büyüme hızı (bölünme/gün)

Gün	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	0,19 ± 0,02 ^c	0,30 ± 0,01 ^{ab}	0,26 ± 0,02 ^{bc}	0,26 ± 0,03 ^{bc}	0,32 ± 0,02 ^{ab}	0,35 ± 0,03 ^{ab}	0,31 ± 0,02 ^{ab}	0,38 ± 0,02 ^a
2	0,39 ± 0,02 ^a	0,35 ± 0,01 ^{ab}	0,34 ± 0,02 ^{abc}	0,31 ± 0,01 ^{abcd}	0,26 ± 0,01 ^{cd}	0,24 ± 0,03 ^d	0,35 ± 0,02 ^{ab}	0,31 ± 0,00 ^{bcd}
3	0,04 ± 0,01 ^d	0,08 ± 0,02 ^{cd}	0,18 ± 0,03 ^{bcd}	0,21 ± 0,04 ^{bc}	0,11 ± 0,03 ^{cd}	0,17 ± 0,05 ^{bcd}	0,27 ± 0,03 ^{ab}	0,36 ± 0,01 ^a
4	0,02 ± 0,03 ^b	0,12 ± 0,04 ^{ab}	0,12 ± 0,02 ^{ab}	0,27 ± 0,04 ^a	0,24 ± 0,08 ^a	0,24 ± 0,04 ^a	0,22 ± 0,04 ^a	0,28 ± 0,03 ^a
5	0,02 ± 0,03 ^c	0,13 ± 0,05 ^{abc}	0,12 ± 0,06 ^{abc}	0,09 ± 0,07 ^{bc}	0,30 ± 0,04 ^{ab}	0,37 ± 0,04 ^a	0,06 ± 0,01 ^{bc}	0,32 ± 0,08 ^{ab}
6	0,08 ± 0,03 ^c	0,41 ± 0,02 ^a	0,27 ± 0,10 ^{ab}	0,29 ± 0,07 ^{ab}	0,19 ± 0,02 ^{ab}	0,25 ± 0,04 ^{ab}	0,25 ± 0,00 ^{ab}	0,15 ± 0,01 ^{bc}
7	0,10 ± 0,04 ^b	0,08 ± 0,02 ^{ab}	0,21 ± 0,05 ^a	0,12 ± 0,03 ^{ab}	0,13 ± 0,03 ^{ab}	0,23 ± 0,12 ^a	0,17 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^{ab}
8	0,08 ± 0,01 ^c	0,23 ± 0,06 ^{ab}	0,15 ± 0,06 ^{bc}	0,09 ± 0,01 ^{bc}	0,36 ± 0,01 ^{ab}	0,51 ± 0,12 ^a	0,18 ± 0,05 ^{bc}	0,37 ± 0,06 ^{ab}
9	0,09 ± 0,01 ^c	0,15 ± 0,03 ^b	0,19 ± 0,02 ^{ab}	0,19 ± 0,06 ^{ab}	0,25 ± 0,02 ^{ab}	0,30 ± 0,03 ^a	0,15 ± 0,02 ^b	0,24 ± 0,02 ^{ab}
10	0,17 ± 0,04 ^b	0,15 ± 0,02 ^b	0,15 ± 0,02 ^b	0,14 ± 0,04 ^b	0,22 ± 0,03 ^b	0,41 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,46 ± 0,05 ^a
11	0,13 ± 0,03 ^{ab}	0,10 ± 0,01 ^b	0,18 ± 0,06 ^{ab}	0,18 ± 0,03 ^{ab}	0,17 ± 0,00 ^{ab}	0,26 ± 0,03 ^a	0,19 ± 0,02 ^{ab}	0,16 ± 0,00 ^{ab}
12	0,20 ± 0,04 ^{ab}	0,29 ± 0,06 ^a	0,28 ± 0,04 ^a	0,13 ± 0,03 ^{ab}	0,10 ± 0,00 ^b	0,30 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,02 ^{ab}	0,27 ± 0,04 ^{ab}
13	0,15 ± 0,03 ^c	0,51 ± 0,02 ^{ab}	0,36 ± 0,06 ^b	0,50 ± 0,01 ^{ab}	0,57 ± 0,01 ^a	0,44 ± 0,04 ^{ab}	0,37 ± 0,01 ^b	0,54 ± 0,04 ^a
14	0,12 ± 0,04 ^d	0,76 ± 0,05 ^{ab}	0,85 ± 0,05 ^a	0,51 ± 0,01 ^b	0,63 ± 0,02 ^b	0,35 ± 0,03 ^c	0,87 ± 0,02 ^a	0,30 ± 0,04 ^c
15	0,20 ± 0,08 ^{ab}	0,32 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,01 ^a	0,33 ± 0,03 ^a	0,11 ± 0,02 ^b	0,22 ± 0,01 ^{ab}	0,18 ± 0,03 ^{ab}
16	0,25 ± 0,05 ^{ab}	0,31 ± 0,02 ^a	0,19 ± 0,03 ^{bc}	0,24 ± 0,02 ^{ab}	0,28 ± 0,00 ^{ab}	0,21 ± 0,02 ^{bc}	0,11 ± 0,03 ^c	0,18 ± 0,01 ^{bc}
17	0,13 ± 0,07	0,06 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,09 ± 0,02	0,10 ± 0,01
18	0,04 ± 0,12	0,10 ± 0,04	0,13 ± 0,04	0,04 ± 0,02	0,08 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,13 ± 0,04	0,12 ± 0,02
19	0,03 ± 0,07 ^b	0,04 ± 0,02 ^b	0,06 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,01 ^b	0,14 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,01 ^{ab}	0,10 ± 0,02 ^{ab}	0,08 ± 0,02 ^{ab}
20	0,02 ± 0,02 ^b	0,03 ± 0,00 ^b	0,15 ± 0,00 ^a	0,02 ± 0,00 ^b	0,08 ± 0,03 ^{ab}	0,07 ± 0,01 ^{ab}	0,08 ± 0,02 ^{ab}	0,08 ± 0,01 ^{ab}
21	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,00	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,04 ± 0,02

I. Besin olmayan grup, II. Toz *Spirulina*, III. *C. vulgaris*, IV. Ekmek mayası, V. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris*, VI. Toz *Spirulina* + ekmek mayası, VII. *C. vulgaris* + ekmek mayası, VIII. Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekmek mayası

*Aynı satırda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılık istatistikî olarak önemlidir ($P < 0,05$).

4. TARTIŞMA

D. magna'nın popülasyon artışı tükettiği besine göre değişiklik gösterdiğini tespit eden çok sayıda araştırma mevcuttur. Örneğin Antunes vd. (2016), *D. magna* ve *D. longispina*'nın özellikle *Rhodospirellula rubra* ile beslendiğinde popülasyon artışının olumsuz yönde olduğunu bildirmiştir. Ancak su pirelerinin tek besin ile değil de iki besin kaynağıyla beslendiğinde popülasyon artış hızında herhangi bir değişiklik kaydedilmediği belirtilmiştir. Benzer şekilde Da Conceição Marinho vd. (2019), tarafından *R. rubra*'nın, *D. magna*'ya tamamlayıcı besin kaynağı olarak günlük kullanımı ve nesiller arası popülasyonların beslenmesindeki fizibilitesi araştırılmıştır. *R. rubra*'nın hücre konsantrasyonunun artmasıyla birlikte *D. magna* veriminde bir artış olduğu görülmüş ancak genel olarak tek besin kaynağı olarak sağlandığındaki analiz edilen tüm parametreler *R. rubra*'nın besin açısından yetersiz olduğunu göstermiştir. Dahası Marinho vd. (2018) tarafından *Daphnia magna* için alternatif veya tamamlayıcı besin kaynağı olarak *Gemmata obscuriglobus* ve *Rhodospirellula rubra*'nın potansiyeli incelenmiştir. Yalnızca bakterilerle beslenme, tek besin kaynağı olarak hem planktomisetlerin hem de aktinobakterilerin etkisizliğini göstermiştir. Ancak, *R. subcapitata*'ya takviye olarak kullanıldığında, test edilen bakterilerin en yüksek hücre yoğunluklarında ilk üreme yaşında azalma, üreme, somatik büyüme ve popülasyon artış hızında ise önemli bir artış bulunmuştur. Ayrıca farklı besinler ile beslenen *D. magna*'nın yağ asidi içeriği incelendiğinde gruplar arasında herhangi bir ilişki farkı bulunmamıştır. Martin-Creuzburg vd. (2011) yüksek konsantrasyonlarda tek besin ile *D. magna*'nın beslenmesinin de olumsuz etkilere neden olduğunu belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda da *D. magna*'nın karma besin ile beslenmesinin tekli besine göre daha iyi performans gösterdiğini kanıtlamıştır. Benzer şekilde Wenzel vd. (2012), Khan vd. (2020) ve Fouzi vd. (2021) yaptıkları çalışmada *D. magna*'nın üretimini laboratuvar koşullarında incelemiş ve *D. magna*'nın tek besin yerine kombine besini tercih ettiğini bildirmiştir. *D. magna* kültürlerindeki popülasyon artışına ait en yüksek toplam birey sayısı Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekme mayası ile beslenen grupta $5541,33 \pm 57,83$ birey/700mL olarak 16. günde belirlenmiştir. Uygulanan besleme rejimine göre 16. gün sonundaki en düşük birey sayısı kontrol grubunda $32,33 \pm 2,33$ birey/700mL olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda belirlediğimiz en yüksek birey sayısının elde edildiği gruba benzer şekilde Fouzi vd. (2021)'de *D. magna*'da en yüksek popülasyon artışını ekme mayası + kurutulmuş balık içeren besin ile beslenen grupta belirlemiştir.

Ölmez vd. (2009) tarafından yapılan çalışmada *Scenedesmus acuminatus* ile beslenen *D. magna*'da en yüksek birey sayısını $3600,00 \pm 41,00$ birey/500 mL olarak belirlemiş olup söz konusu değer bizim çalışmamızda yalnızca mikroalg (*C. vulgaris*) ile beslenen gruptan elde edilen birey sayısı ($3393,33 \pm 130,84$ birey/700 mL) ile benzerlik göstermiştir.

D. magna'ya uygulanan besleme rejimine göre en yüksek büyüme hızı 14. gün sonunda Toz *Spirulina* + ekme mayası ile beslenen grupta $0,87 \pm 0,02$ bölünme/gün olarak belirlenmiş olup bu sonuç istatistiki olarak *C. vulgaris* ile beslenen gruba (0,85) istatistiki olarak benzerlik göstermiştir. Çalışmamızın sonucu German vd. (2016)'nin *C. vulgaris* ile beslenen *D. magna*'nın büyüme oranı verileri (0,82) ile paralellik göstermektedir. Ayrıca çalışmamızdaki en yüksek büyüme hızı verisi Repka (1997)'nin *S. obliquusla* beslenen *D. galeatada* elde ettiği değerden (0,34) ve Ölmez vd. (2009)'nin *S. acuminatus* ile beslenen *D. magna*'dan elde ettiği değerden (0,36) daha yüksektir. Yetiştirilen hedef tür farklı olmasına rağmen beslenme türüne bağlı olarak, *Ceriodaphnia dubia*'nin popülasyon artış hızı 0,07 - 0,26 gün, *Moina macrocopa*'nın ise 0,14 - 0,61 arasında olduğu Alva-Martínez vd. (2007) tarafından bildirilmiş ve söz konusu sonuçlar bizim sonuçlarımız ile benzerlik göstermiştir. Çalışmada elde edilen sonuçların araştırmacılardan daha yüksek olmasının nedeninin ise kültür koşullarındaki farklılıklar veya araştırmacıların *D. magna*'yı tek bir tür ile beslemesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışmada *D. magna* üretimi açısından en iyi sonuçlar Toz *Spirulina* + *C. vulgaris* + ekmeke mayası ile beslenen grupta bulunmuştur. Ürünlerin tek tek kullanılmasının yerine kombine şekilde kullanılması hem popülasyon artışını hem de büyüme hızını olumlu yönde etki etmiştir. Çalışmanın kuluçkahanelerde larval yetiştiricilikte önemli yere sahip olan *D. magna*'nın popülasyon artışı ile ilgili yapılacak ileriki araştırmalara ışık tutulacağı ve yetiştiricilik sektörüne katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar, laboratuvar çalışmalarında yardımlarından dolayı Prof. Dr. Sevgi SAVAŞ'a (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye) teşekkür etmektedir.

FİNANS

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/A Öğrenci projesi (2021/2) tarafından desteklenmiştir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Kurgu: HBEÖ, MET; Metodoloji: HBEÖ, MET; Deneyin gerçekleştirilmesi: HBEÖ, MET; Veri analizi: HBEÖ, MET; Makale yazımı: HBEÖ, MET; Denetleme: HBEÖ. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

- Antunes, S. C., Almeida, R. A., Carvalho, T., & Lage, O. M. (2016). Feasibility of planctomycetes as a nutritional or supplementary food source for *Daphnia* spp. *In Annales de Limnologie-International Journal of Limnology*, 52, 317-325. <http://dx.doi.org/10.1051/limn/2016019>
- Alva-Martínez, A. F., Sarma, S. S. S., & Nandini, S. (2007). Effect of mixed diets (cyanobacteria and green algae) on the population growth of the cladocerans *Ceriodaphnia dubia* and *Moina macrocopa*. *Aquatic Ecology*, 41, 579-585. <https://doi.org/10.1007/s10452-007-9115-1>
- Cheban, L. M., Grynko, O. E., M. M., & Marchenko, M. M. (2017). Nutritional value of *Daphnia magna* (straus, 1820) under conditions of co-cultivation with fodder microalgae. *Biological systems*, 9(2), 166-170.
- Conceição, L. E., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S., & Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquaculture Research*, 41(5), 613-640. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02242.x>
- Da Conceição Marinho, M., Lage, O. M., Sousa, C. D., Catita, J., & Antunes, S. C. (2019). Assessment of *Rhodospirellula rubra* as a supplementary and nutritional food source to the microcrustacean *Daphnia magna*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 112, 1231-1243. <https://doi.org/10.1007/s10482-019-01255-x>

- Das, P., Mandal, S. C., Bhagabati, S. K., Akhtar, M. S., & Singh, S. K. (2012). Important live food organisms and their role in aquaculture. *Frontiers in Aquaculture*, 5(4), 69-86.
- Ferrão-Filho, A. S., Fileto, C., Lopes, N. P., & Arcifa, M. S. (2003). Effects of essential fatty acids and N and P-limited algae on the growth rate of tropical cladocerans. *Freshwater Biology*, 48(5), 759-767. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2003.01048.x>
- Fouzi, M. N. M., Surakshima, H. A. B., & Withanage, P. M. (2021). Influence of fish meal, yeast and maize on the growth and survival of freshwater zooplankton *Daphnia Magna*. *Sri Lankan Journal of Technology*, 46-52.
- German, C. C. I., del Carmen, M. D. M., & Daniel, B. C. (2016). Laboratory production of *Daphnia magna* (Straus 1820) fed with microalgae and active dry yeast. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4, 548-553.
- Hamre, K., Yufera, M., Rønnestad, I., Boglione, C., Conceição, L. E., & Izquierdo, M. (2013). Fish larval nutrition and feed formulation: knowledge gaps and bottlenecks for advances in larval rearing. *Reviews in Aquaculture*, 5, S26-S58. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01086.x>
- Hagiwara, A., & Marcial, H. S. (2019). The use of non-*Brachionus plicatilis* species complex rotifer in larviculture. *Hydrobiologia*, 844(1), 163-172. <https://doi.org/10.1007/s10750-018-3837-z>
- Hoff, F. H., & Snell, T. W. (1987). Plankton culture manual Florida Aqua Farms. Inc, Florida.
- Hossain, M. A., & Yoshimatsu, T. (2014). Dietary calcium requirement in fishes. *Aquaculture Nutrition*, 20(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/anu.12135>
- Kandathil Radhakrishnan, D., AkbarAli, I., Schmidt, B. V., John, E. M., Sivanpillai, S., & Thazhakot Vasunambesan, S. (2020). Improvement of nutritional quality of live feed for aquaculture: An overview. *Aquaculture Research*, 51(1), 1-17. <https://doi.org/10.1111/are.14357>
- Kang, C. K., Park, H. Y., Kim, M. C., & Lee, W. J. (2006). Use of marine yeasts as an available diet for mass cultures of *Moina macrocopa*. *Aquaculture Research*, 37(12), 1227-1237. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01553.x>
- Khan, M. A., Hasan, M. M., Sumon, K. A., & Rashid, H. (2020). Culture of freshwater zooplankton *Daphnia magna* fed with different feed combination. *Bangladesh Journal of Fisheries*, 32(1), 55-59.
- Kruger, D. P., Britz, P. J., & Sales, J. (2001). The influence of livefeed supplementation on growth and reproductive performance of swordtail (*Xiphophorus helleri* Heckel 1848) broodstock. *Aquarium Sciences and Conservation*, 3(4), 265-273. <https://doi.org/10.1023/A:1013109128120>
- Lall, S. P., & Tibbetts, S. M. (2009). Nutrition, feeding, and behavior of fish. *Veterinary Clinics of North America: Exotic Animal Practice*, 12(2), 361-372. <https://doi.org/10.1016/j.cvex.2009.01.005>
- Lim, L. C., Dhert, P., & Sorgeloos, P. (2003). Recent developments in the application of live feeds in the freshwater ornamental fish culture. *Aquaculture*, 227(1-4), 319-331. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00512-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00512-X)
- Marinho, M. C., Lage, O. M., Catita, J., & Antunes, S. C. (2018). Adequacy of planctomycetes as supplementary food source for *Daphnia magna*. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 111, 825-840. <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0997-1>
- Martin-Creuzburg, D., Beck, B., & Freese, H. M. (2011). Food quality of heterotrophic bacteria for *Daphnia magna*: evidence for a limitation by sterols. *FEMS Microbiology Ecology*, 76(3), 592-601. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2011.01076.x>
- Naylor, C., Bradley, M. C., & Calow, P. (1992). Effect of algal ration-quality and method of quantification-on growth and reproduction of *Daphnia magna*. *Archiv für Hydrobiologie*, 311-321.
- Ölmez, M., Savaş, S., Güçlü, Z., Demir, O., & Gümüş, E. (2009). Farklı Ortamlarda Üretilmiş *Scenedesmus acuminatus* Alginin ve Ekmek Mayasının (*Saccharomyces cerevisiae*) *Daphnia*
-

- magna'nın Populasyon Artışına Etkisi. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 26(1), 49-53.*
- Repka, S. (1997). Effects of food type on the life history of *Daphnia* clones from lakes differing in trophic state. I. *Daphnia galeata* feeding on *Scenedesmus* and *Oscillatoria*. *Freshwater Biology, 38(3), 675-683.* <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00236.x>
- Tuchapska, A., & Krazan, S. (2014). Cultivation of Cladoceran (cladocera) for increasing provision of young-of-the-year carp (*Cyprinus carpio*) with natural feeds (review). *Ribogospodars'ka Nauka, Ukraini, 2(28), 55- 68.*
- Wenzel, A., Bergström, A. K., Jansson, M., & Vrede, T. (2012). Survival, growth and reproduction of *Daphnia galeata* feeding on single and mixed *Pseudomonas* and *Rhodomonas* diets. *Freshwater Biology, 57(4), 835-846.* <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2012.02751.x>
-

Design, Development and Performance Evaluation of a Motorized Periwinkle Meat Extraction Machine

Motorlu Deniz Salyangozu Et Ekstraksiyon Makinesinin Tasarımı, Geliştirilmesi ve Performans Değerlendirmesi

Inemesit Ekop^{1*}, Joseph Bassey², Ifiok Ekop³, Promise Etim¹, Godwin Akpan¹,
Ololade Olatunji¹, Paul Tosin⁴, Kayode Simonyan⁴, Udochukwu Onwuka⁴

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Akwa Ibom State University, Ikot Akpaden, P.M.B. 1167, Uyo, Akwa Ibom State-NIGERIA

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Akwa Ibom State University, Ikot Akpaden, P.M.B. 1167, Uyo, Akwa Ibom State-NIGERIA

³Department of Building, Faculty of Environmental Studies, University of Uyo. P.M.B. 1017, Uyo, Akwa Ibom State-NIGERIA

⁴Department of Agricultural and Bioresources Engineering, College of Engineering and Engineering Technology, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike, P.M.B 7262, Umuahia, Abia State-NIGERIA

*Corresponding Author: inemesitekop@aksu.edu.ng

Received: 15. 01.2024

Accepted: 22.04.2024

Published: 01.09.2024

How to Cite: Ekop, I., Bassey, J., Ekop, I., Etim, P., Akpan, G., Olatunji, O., Tosin, P., Simonyan, K. & Onwuka, U. (2024). Design, development and performance evaluation of a motorized periwinkle meat extraction machine. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 218-241. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1418335>

Abstract: Efficient cracking and separation of periwinkle shells are essential unit operations in periwinkle meat processing. Mechanization remains the panacea to achieving timely processing of periwinkle meat. This study was carried out to design, develop, and evaluate the performance of a viable machine for the extraction of meat from periwinkle. The performance of the machine was dependent on certain processing parameters, such as cracking speed (CS), Agitating speed (AS), feed rate (FR) and heat conditioning time (HCT), while periwinkle cracking efficiency (CE), separating efficiency (SE), Throughput capacity (TP) and periwinkle meat loss (PML) were the responses. The maximum periwinkle meat CE of 84.05 % was obtained at CS of 130 rpm, FR of 0.2 kgs⁻¹ and HCT of 6 min. The result for SE indicated that most efficient periwinkle meat separation of 78.79% can be achieved when HCT, CS, AS and FR set at 6 min, 130 rpm, 1.11m/s and 0.40 kg/s respectively. Highest TP value of 26.79 kg/h was obtained when the machine was operated at CS of 130 rpm, AS of 1.23 m/s under the HCT of 6 min at FR of 0.40 kg/s. Also, the lowest PML value of 10.71 % was obtained when the machine was operated at CS of 120 rpm, AS of 1.04 m/s under the HCT of 4 min at feed rate of 0.30 kg/s. These machine parameters have significant effects on the periwinkle meat processing. The study has provided a viable option to replace the time-consuming, crude manual method of periwinkle meat postharvest processing.

Keywords

- Periwinkle meat
- Extraction
- Design
- Development
- Performance evaluation

Özet: Deniz salyangozu kabuklarının verimli bir şekilde parçalanması ve ayrılması, deniz salyangozu eti işlemede temel birim işlemlerdir. Mekanizasyon, deniz salyangozu etinin zamanında işlenmesini sağlamak için her derde deva olmaya devam ediyor. Bu çalışma, deniz salyangozundan et ekstraksiyonu için uygun bir makinenin tasarımını yapmak, geliştirmek ve performansını değerlendirmek için yapılmıştır. Makinenin performansı, çatlama hızı (CS), Çalkalama hızı (AS), ilerleme hızı (FR) ve ısı şartlandırma süresi (HCT) gibi belirli işleme parametrelerine bağlıyken, deniz salyangozu kırma verimliliği (CE), ayırma verimliliği (SE), Verim kapasitesi (TP) ve deniz salyangozu et kaybı (PML) yanıtlardı. Maksimum deniz salyangozu eti %84.05 CE, 130 rpm CS, 0.2 kgs⁻¹ FR ve 6 dakika HCT'de elde edildi. SE için elde edilen sonuç, HCT, CS, AS ve FR sırasıyla 6 dk, 130 rpm, 1,11 m/s ve 0,40 kg/s'ye ayarlandığında %78,79'luk en verimli deniz salyangozu eti ayırmasının elde edilebileceğini gösterdi. 26,79 kg/s ile en yüksek TP değeri, makine 130 rpm'lik CS'de, 0,40 kg/s'lik FR'de 6 dakikalık HCT altında 1,23 m/s'lik AS'de çalıştırıldığında elde edildi. Ayrıca, %10,71'lik en düşük PML değeri, makine 120 rpm'lik CS'de, 0,30 kg/s'lik ilerleme hızında 4 dakikalık HCT altında 1,04 m/s'lik AS'de çalıştırıldığında

Anahtar kelimeler

- Deniz salyangozu eti
- Çıkarma
- Tasarım
- Gelişme
- Performans değerlendirme



elde edilmiştir. Bu makine parametrelerinin deniz salyangozu eti işleme üzerinde önemli etkileri vardır. Çalışma, deniz salyangozu etinin hasat sonrası işlenmesinin zaman alıcı, ham manuel yönteminin yerini almak için uygun bir seçenek sağlamıştır.

1. INTRODUCTION

Periwinkle meat contains high-quality proteins, minerals such as calcium, potassium, iron, and phosphorus, as well as vitamins. It includes sufficient amounts of the most important amino acids for human nutrition. The periwinkle shells are possible sources of calcium for animal feeds (Ekop et al., 2019). In most producing places in Nigeria, there is no information on the annual harvest or output of periwinkle. A recent survey of some riverine communities in Itu, Oron, Issiet, Okobo, and Uta-ewa in Akwa Ibom State shows an abundance of periwinkle, with over 10 tons harvested annually. Thirty-five mangrove villages in Nigeria's Delta and Rivers States harvest roughly 40.3 tons of periwinkle each year. Some localities in Nigeria's Bayelsa, Cross River, and Edo states have reported large scale periwinkle output (Ekop et al., 2021; Mmom & Arokoyu, 2010; Jamabo & Chinda, 2010).

Over the years, the processing of periwinkle has been carried out through traditional manual methods, which involve using a knife to trim the tapered end and cooking it with its shell after thorough washing. The process includes immersing it in hot water until it froths (flash pasteurization) and then using a sterile needle to extract the meat from its shell (Odu et al., 2010). This makes the processing of periwinkle tedious, time consuming, unwholesome, and uneconomical. Additionally, the shape, size, varieties, and other physiological factors further make the development of efficient processing of periwinkle difficult, thereby limiting its economic potential. Considering the processing challenges associated with the crude manual method of processing periwinkle, this work focused on developing an efficient mechanize system for periwinkle meat processing.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Design considerations for periwinkle meat processing machine

For hygienic and safe processing of periwinkle meat, the following design criteria were considered:

- i. Material selection was done in conformity to salubrious design principles, periwinkle meat contact surfaces were made with materials that are plane, easy to clean, non-toxic, non-corrosive, and inert to periwinkle meat and cleaning agent.
- ii. Design related to the physical, mechanical and thermal characteristics of the machine were made using appropriate standards (i.e., according to the American Society of Mechanical Engineering (ASME) standard) and were also based on the computed theoretical analysis.
- iii. Raw materials used were locally sourced for the construction of the machine.
- iv. Minimal power requirement was targeted; hence, a 2.5 HP electric motor was adopted to run the machine.
- v. The operation and maintenance of the machine were made simple with friendly user-interface.

2.2. Design concept

The periwinkle meat processing machine comprised of the following:

- (i) Feed hopper to receive the periwinkle into the machine.
- (ii) Two cylindrical cracking rollers for cracking the periwinkle shell to obtain the meat.
- (iii) Transmission unit; which is the machine's prime mover.
- (iv) The separating and cleaning units for actual sorting and separating periwinkle meats from the shells.

2.3. Design analysis and calculations of machine components

Several analysis and calculations were made based on the results of the measured engineering properties of the periwinkle.

2.4. Design of the hopper

The hopper is the receptacle through which periwinkle is admitted into the machine for cracking. It has a composition of a trapezium and rectangle cross-section made with stainless steel sheet. Figure 1 (a) and (b) show the assembly and exploded view of the hopper respectively.

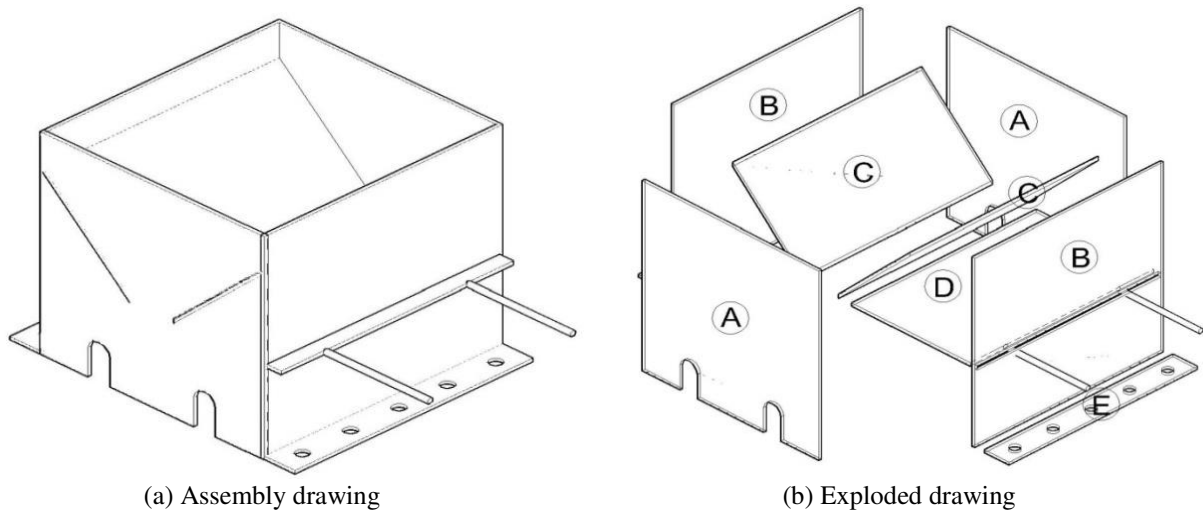


Figure 1. Assembly drawing (a) and exploded drawing (b) of the hopper.

The cross-sectional area was determined according to Otto (2015) as

$$S_A = (a \times b) \tag{1}$$

where, S_A = rectangular section surface area (m^2), a = rectangular length (m),
 b = rectangular width (m)

$$S_A = (0.3 \times 0.316) = 0.0948 \text{ m}^2$$

A 20-gauge stainless steel sheet of 800×470 mm, with thickness of 1.0058 mm was used to construct and form the hopper of the machine.

Capacity of the hopper C_{aH} , is expressed as

$$C_{aH} = (\text{cross-sectional area}) \times (\text{hopper's length}) \tag{2}$$

$$C_{aH} = 0.0948 \text{ m}^2 \times 0.312 \text{ m} = 0.0296 \text{ m}^3$$

2.5. Design of the outlet chute

The outlet chute constitutes the discharge chamber that expels the cracked periwinkles into the separating unit. It has a trapezoidal shape made with stainless sheet. Figure 2 shows the assembly and exploded drawings of the outlet chute.

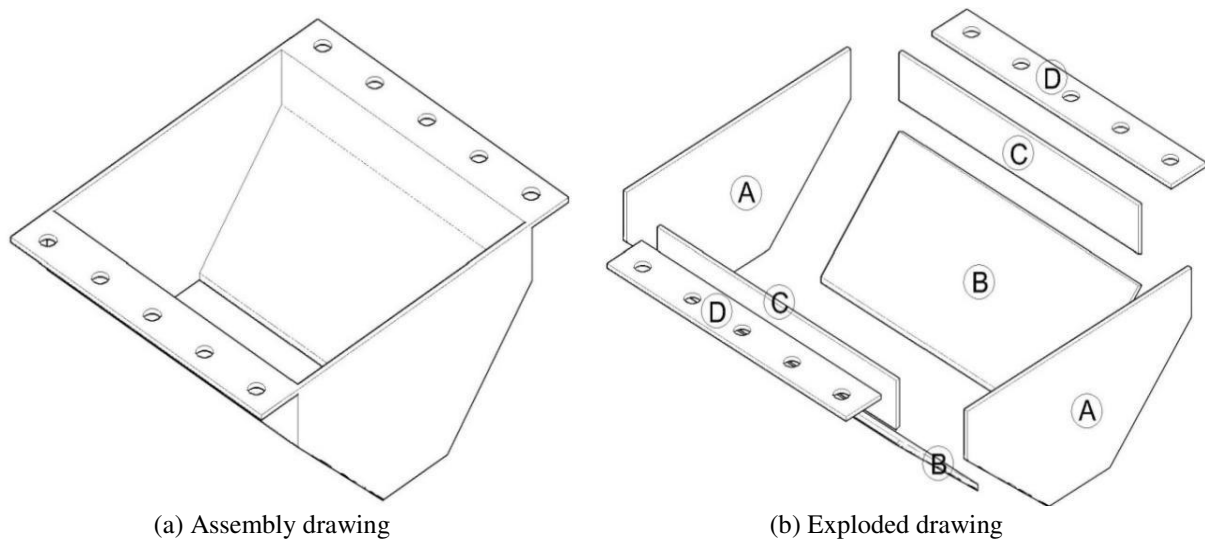


Figure 2. Assembly drawing (a) and exploded drawing (b) of the outlet chute.

The cross-sectional area of the outlet chute as stated by Otto (2015) is expressed as

$$S_{A1} = L \times B \tag{3}$$

where, S_{A1} = rectangular section surface area (m^2), L = rectangular length (m),
 B = rectangular width (m), and

$$S_{A2} = \frac{1}{2}(a + b)h \quad (4)$$

where, S_{A2} = trapezoidal section surface area (m^2), a = rectangular length (m),
 b = rectangular width (m) h = trapezoidal height (m).

The outlet chute cross-sectional area (S_{A2}) was computed as $0.0332 m^2$.

A 20-gauge stainless steel sheet of $450 \times 510 mm$, with thickness of $1.0058 mm$ was used to construct the outlet chute of the machine.

Hence, the capacity of the outlet chute (C_{aOC}) is given by

$$C_{aOC} = (\text{cross-section area}) \times (\text{length of the hopper outlet chute}) \quad (5)$$

$$C_{aOC} = 0.0104 m^3$$

2.6. Design of the cracking unit

The cracking unit consists of two identical cylindrical rollers which were prepared using hollow cylindrical mild Steel of $350 mm \times 138 mm$ by cutting and welding it into actual dimensions as shown in Figure 3. The final surfaces of the cylindrical roller were knurled for better friction.

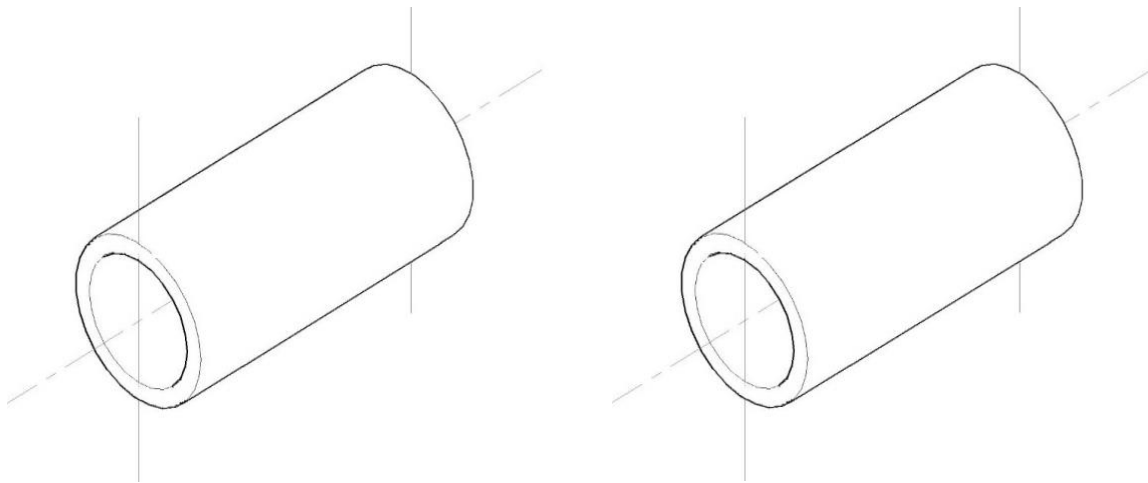


Figure 3. Hollow cylinders for the cracking rollers.

Mass of hollow cylinder material for periwinkle cracking roller was determined using expression given by Otto (2015) as

$$\text{Mass, } m_{HC} = \rho v \quad (6)$$

where, m_{HC} = mass of the material used for the cracking roller (kg)

ρ = density of mild Steel sheet = $7850 kgm^{-3}$ (Umani et al., 2019)

v = volume of the cracking roller (m^3)

Surface area of the cracking roller in m^2 , as given by Otto (2015) is expressed as:

$$S_{HC} = 2\pi R \times L \quad (7)$$

where, S_{HC} = surface area of the hollow cylinder (m^2)

R = external radius of the hollow cylinder (m)

L = length of the hollow cylinder (m)

$$S_{HC} = 2\pi R \times L = 0.1517 m^2$$

But, V = cracking surface area (m^2) \times thickness of the material used (m)

= $0.002276 m^3$ and, $\text{Mass, } m_{HC} = 17.87 kg$

Thus, Mass of circular disc material for cracking roller as given by Otto (2015).

$$\text{Mass, } m_C = \rho v' \quad (8)$$

where, m_C = mass of circular disc material for cracking roller (kg)

ρ = density of mild Steel sheet = $7850 kgm^{-3}$ (Umani et al., 2019)

v' = volume of the cracking roller (m^3)

Surface area of the cracking roller in m^2 as given by Otto (2015) is expressed as

$$v' = \pi r^2 t \quad (9)$$

where, r = radius of the disc material (m), and t = thickness of the disc material (m).

$$v' = \pi(0.069)^2 \times 0.015 = 0.000224 \text{ m}^2$$

Thus, $Mass, m_C = \rho v' = 7850 \text{ kgm}^{-3} \times 0.000224 \text{ m}^3 = 1.76 \text{ kg}$

Therefore, the mass for covering the hollow cylinder opening is given by

$$m_C = 1.76 \times 2 = 3.52 \text{ kg}$$

Mass of the cracking roller, m_{CR} is given as

m_{CR} = (mass of hollow cylinder material for periwinkle cracking rollers (m_{HC})) + (mass for covering the hollow cylinder opening(m_C))

Thus, $m_{CR} = (17.87 + 3.52) = 21.39 \text{ kg}$

The periwinkle cracking unit mechanism is shown below in Figure 4.

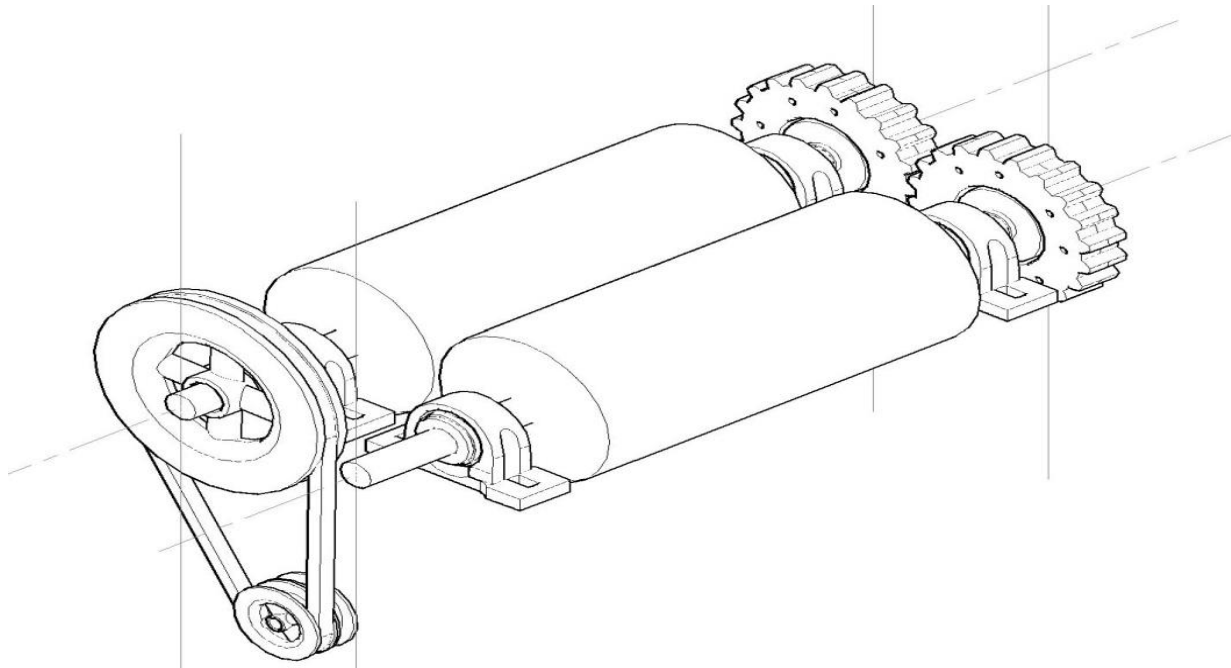


Figure 4. An isometric view of the cracking unit.

2.7. Power requirements to crack periwinkle

In order to determine the power required to efficiently crack periwinkle, it is essential to establish the different forces acting on the cracking rollers. These forces are: (i) force due to periwinkle dropping on the surface of the rollers (ii) average compression force that is required to crack periwinkle (iii) frictional compression force required to crack periwinkle; and, (iv) rotational torque required on the periwinkle cracking rollers.

(i) Force due to periwinkle dropping (F_{pd})

The dropping effect of the periwinkle from the hopper inlet to the rotating surface has a force effect greater than the weight of the periwinkle. Since the Potential Energy of the periwinkle can be expressed as mgh and its Kinetic Energy at impact is $\frac{mv^2}{2}$, where, h = height of object in meters, m = mass of object in kg, g = acceleration due to gravity (9.81 m/s^2), v = velocity at impact in m/s.

Hence, $h = \frac{v^2}{2}$, and $v = \sqrt{2gh}$

Since the dropping force (F_{pd}) can be expressed as shown in equation 10

$$F_{pd} = ma = m \left(\frac{v-u}{t} \right) \tag{10}$$

where, u = velocity of periwinkle before impact (here, it is assumed to be zero (0))

v = velocity at impact,

t = time in seconds (here, time of impact is assumed to be 1 second)

hence, dropping force, $F_{pd} = m \left(\frac{v-0}{1} \right) = m(\sqrt{2gh}) \tag{10a}$

Since, $m =$ mass of a periwinkle (kg) = $4.4g = 0.0044kg$ (measured), $g =$ acceleration due to gravity (ms^{-2}) = $9.81 ms^{-2}$, $h =$ height from hopper inlet discharge chute to the roller surface (m) = $0.066 m$ (measured).

$$F_{pd} = 0.0044 \times (\sqrt{2 \times 9.81 \times 0.066}) = 0.005 N$$

Maximum allowable number of periwinkles dropping per unit time in seconds is twenty (20) periwinkles. This was based on the opening of the inlet control. Thus, Maximum periwinkle dropping force per unit second is

$$F_{pd} = 0.005 \times 20 = 0.1 N$$

(ii) Average compression force that is required to crack a single periwinkle is denoted as F_c . From experiment, this force is measured and has a magnitude of $746.1 N$ (Ekop et al., 2022).

(iii) Frictional compressive force induced between the roller surface and the loaded periwinkle during the cracking process is denoted as F_{fc} . This force may also be expressed as

$$F_{fc} = \mu N \quad (11)$$

where, $\mu =$ friction coefficient between the roller surface and periwinkle, $N =$ normal reaction force, Since the average compressive force is the force the roller must overcome to crack a single periwinkle, thus we can say that N is equal to F_c . Hence

$$F_{fc} = \mu N = \mu F_c \quad (11a)$$

Taking μ to be 0.9 (i.e., maximum possible frictional resistance),

$$F_{fc} = 0.9 \times 846 = 761.4 N$$

(iv) The torque required to be developed to crack a periwinkle may be expressed as

$$T = F_{fc} \times r \quad (12)$$

Where $r =$ radius of rotation (radius of cracking roller = $0.069 m$)

$$T = 761.4 \times 0.069 = 52.54 Nm$$

The power required (P_R) to be developed to crack a periwinkle may be expressed a

$$P_R = T\omega = (T) \times \frac{2\pi N}{60} \quad (13)$$

where, N is the speed of the cracking roller (the maximum speed of the cracking roller was set at 160 rpm.) (Ekop et al., 2022).

$$\text{Thus, } P_R = 52.54 \times \frac{2 \times \pi \times 160}{60} = 52.54 \times 16.76 = 880.6 \text{ Watt}$$

From the design of the machine, two cracking rollers are used. Thus, the cracking force developed by a single roller may be expressed as

$$F_{rc} = ma = m_{GD} \omega^2 r \quad (14)$$

where, $m_{GD} =$ mass of periwinkle cracking roller = $21.39 kg$

$r =$ radius of rotation (radius of cracking roller = $0.069 m$)

$\omega =$ angular velocity of the cracking roller in rad/sec = $\frac{2\pi N}{60}$, and

$N =$ rotational speed of the cracking roller in rpm = 160 rpm

Since two rollers are used, total roller cracking force is equal to

$$F_{rcT} = n_r m_{GD} \omega^2 r \quad (15)$$

where, $n_r =$ number of rollers = 2

$$\text{Hence, } F_{rcT} = 2 \times 21.39 \times \left(\frac{2 \times \pi \times 160}{60}\right)^2 \times 0.069 = 829 N$$

The torque developed by the rollers, T_r is expressed as

$$T_r = F_{rcT} \times r \quad (16)$$

$$T_r = 829 \times 0.069 = 57.20 Nm$$

Power developed by the machine, P_D to crack a periwinkle may be expressed as

$$P_D = T_r \times \omega \quad (17)$$

$$P_D = 57.20 \times \frac{2 \times \pi \times 160}{60} = 25.2 \times 16.76 = 958.72 \text{ Watt}$$

Machine Power ratio, M_{PR} may be expressed as

$$M_{PR} = \frac{P_D}{P_R} \quad (20)$$

$$M_{PR} = \frac{958.72}{880.6} = 1.1$$

Thus, this means that the machine power safety factor is 1.1 times the required power to crack a single periwinkle.

2.8. Selection of electric motor and transmission drive

The machine was design and rated at 1.875kW (i.e., 2.5 hp). This allowed the machine to conveniently crack two (2) periwinkles per second (i.e., $\frac{2.5 \times 746}{880.6} = 2.12 \approx 2$) and still have additional power to drive the system auxiliaries (e.g., cams, belt and gears system). However, an electric motor having the following rated specification was selected to provide for total power requirement in the system.

Power, $P = 2.24 \text{ kW}$ (3.0 HP)

Rotational Speed, $N = 1440 \text{ rpm}$

Frequency = 50 Hz

Phase = 3

The machine's power transmission drives were pulleys and belts.

2.9. Selection of transmission system

A pulley system with open belt as shown in Figure 5 was used to transfer motion from the driving shaft (electric motor shaft) to the roller shaft.

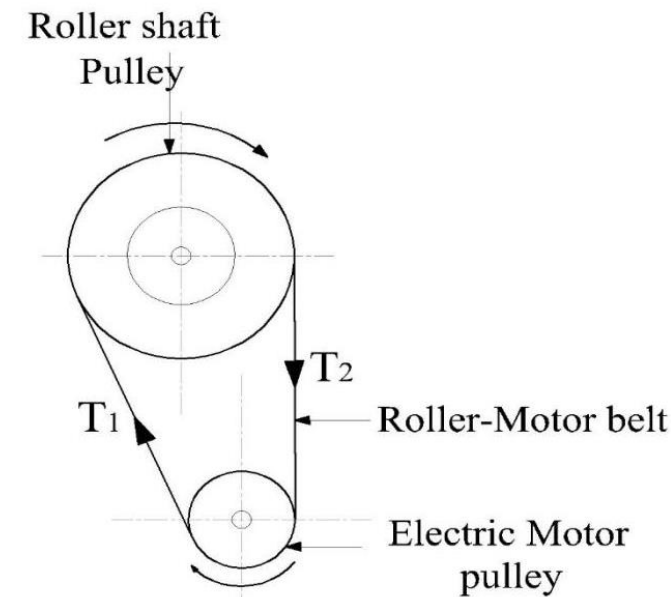


Figure 5. Pulley and open belt drive system.

The electric motor speed is 1400 rpm, this speed can be varied with the help of a regulator switch. The maximum speed of the driven pulley was determined from the velocity ratio expression given by Khurmi & Gupta (2008) and Hicks (2004) as

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (21)$$

where, N_2 = speed of roller 1 shaft in rpm

N_1 = speed of electric motor shaft in rpm

D_2 = roller 1 shaft pulley diameter in mm (= 153mm = 0.153m)

D_1 = electric motor pulley diameter in mm (= 74mm = 0.074m)

Thus, the speed ratio of the system was calculated as: $\left(\frac{D_2}{D_1} = \frac{0.153}{0.074}\right) = 2.1$

2.10. Determination of the length of belt (L_b)

Power is transmitted from the electric motor pulley to the cracking rollers through the belt drive. The pulley used has a V-slot, hence a V-belt type was used. A sizeable belt length was selected according to the relation expressed by Khurmi & Gupta (2008) as

$$L_b = \frac{\pi}{2} (D_2 + D_1) + 2C + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad (22)$$

where, L_b = length of belt in mm , C = centre distance of pulleys
 D_1 and D_2 = effective or pitch diameter (mm) of smaller and larger pulleys respectively.

$$\text{Thus,} \quad C = \left(\frac{D_2 + D_1}{2} \right) + D_1 \quad (23)$$

$$C = \left(\frac{153 + 74}{2} \right) + 74 = 261.5 \text{ mm}$$

Hence, substituting 261.5mm for C in equation 22, we have

$$L_b = \frac{\pi}{2} (153 + 74) + 2(261.5) + \frac{(153 - 74)^2}{4(261.5)} = 885.54 \text{ mm}$$

2.11. Determination of belt speed V_{bs}

The speed of the belt was determined as described in V-Belt Design Manual, (2017) as

$$V_{bs} = \frac{\pi N_1 D_1}{60} \quad (24)$$

where, V_{bs} = peripheral velocity of the belt in m/s , N_1 = speed of the electric motor in rpm
 D_1 = pulley diameter of the electric motor in mm .

$$\text{Hence,} \quad V_{bs} = \frac{\pi \times 1440 \times 0.074}{60} = 5.58 \text{ ms}^{-1}$$

2.12. Angle of contact of roller-1/motor pulleys

Considering an open belt, the lap angle of the belt according to Khurmi and Gupta (2008), was determined using equations 25 and 26.

$$\theta = \left(180 - 2(\alpha) \frac{\pi}{180} \right) \text{ rad} \quad (25)$$

$$\alpha = \sin^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right] \quad (26)$$

where, C = centre distance of the pulleys in mm

D_1 = pulley diameter of the prime mover, mm

D_2 = pulley diameter of roller 1 shaft (driven), mm

α = joint angle ($^\circ$)

$$\text{Hence,} \quad \alpha = \sin^{-1} \left[\frac{153 - 74}{2 \times 261.5} \right] = 8.69^\circ$$

$$\theta = [180 - 2(8.69) \left(\frac{\pi}{180} \right)]$$

$$\theta = 162.62 \times \left(\frac{\pi}{180} \right) \\ = 2.84 \text{ rad}$$

2.13. Friction coefficient between the belt and roller-1/motor pulley

Khurmi and Gupta (2008) reported that the coefficient of friction (μ) for leather belts on cast iron pulleys, at the point of slipping is given by the relation in equation 27

$$\mu = 0.54 - \left[\frac{42.5}{152.6 + v} \right] \quad (27)$$

where, v = speed of belt, $m \text{ min}^{-1} = 5.58 \text{ ms}^{-1} = 5.58 \times 60 = 334.8 \text{ m min}^{-1}$

$$\mu = 0.54 - \left[\frac{42.5}{152.6 + 334.8} \right] = 0.45$$

2.14. Determination of tension (T_1 and T_2) on roller-1/motor belt

According to Khurmi and Gupta (2008), the tension on the tight side of the belt is given in equation 28 as

$$P = (T_1 - T_2) V_{bs} \quad (28)$$

where, T_1 = tension in the tight side of the belt in N

T_2 = tension in the slack side of the belt in N

P = power transmitted from electric motor = 2.5 HP = 1.875 kW

V_{bs} = belt speed (5.58 ms^{-1})

For a V-belt drive, the tension ratio can be expressed as Khurmi and Gupta (2008)

$$2.3 \log\left(\frac{T_1}{T_2}\right) = \mu\theta \tag{29}$$

$$2.3 \log\left(\frac{T_1}{T_2}\right) = 0.45 \times 2.84$$

Solving equations 28 and 29 simultaneously yielded

$$T_1 = 465.26 \text{ N, and } T_2 = 129.24 \text{ N}$$

2.15. Cross-sectional area (a_b) of the V-belt

The area of cross-section of the V-belt was determined by considering the areas A, B, and C in Figure 6. From Table 1, the top width (b) and the thickness (t) of the A-type V-belt are 13 and 8 mm respectively, therefore the cross-sectional area of the V-belt was determined using equation 30.

Area of belt (a_b) = area of triangles (A + B + C).

$$a_b = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{b-a}{2} \right) t + at + \frac{1}{2} \left(\frac{b-a}{2} \right) t \right] \tag{30}$$

Where, b = top width of the belt = 13 mm; a = base width of the belt = ? ;

t = thickness of the belt = 8 mm

From Figure 6, the groove angle for A-type V-belt is given as:

$$2\beta = 34^\circ \text{ and } \beta = 17^\circ \quad (\text{Khurmi \& Gupta 2008})$$

Note: μ = friction coefficient between the belt and pulley = 0.44;

θ = lap angle of the belt on roller 1-motor pulley = 3.14 rad; and

β = groove angle of the pulley = 17°

From Figure 6,
$$x = \frac{b-a}{2} \tag{31}$$

But,
$$x = t \tan 17^\circ = 8 \tan 17^\circ = 2.45 \text{ mm}$$

From equation 31,
$$a = 13 - 2(2.45) = 8.1 \text{ mm}$$

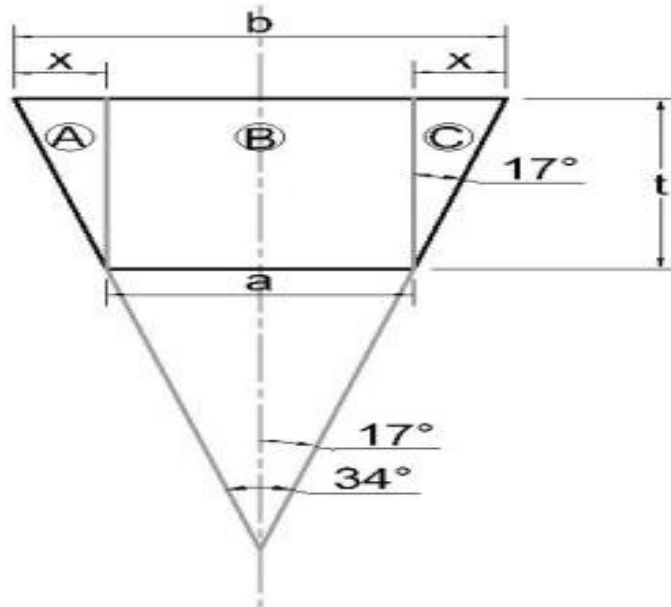


Figure 6. Cross-section of V-belt for roller-1 transmission drive.

Substituting the values 13, 8.1 and 8mm for b , a and t respectively into equation 30, we have

$$a_b = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{13-8.1}{2} \right) 8 + 8.1(8) + \frac{1}{2} \left(\frac{13-8.1}{2} \right) 8 \right] \text{ mm}^2$$

$$= 84.4 \text{ mm}^2 = 0.0000844 \text{ m}^2$$

Table 1. Dimensions of standard V-belts.

Types of belt	Power range in kW	Minimum-pitch diameter of pulley (D) mm	Top Width (b) mm	Thickness (t) mm	Weight per-meter Length (N)
A	0.7-3.7	75	13	8	1.06
B	2-15	125	17	11	1.89
C	7.5-75	200	22	14	3.43
D	20-150	355	32	19	5.96
E	30-350	500	38	23	---

Source: Khurmi & Gupta 2008.

2.16. Design of shaft

2.16.1 Design for roller-1 shaft

The roller-1 shaft was designed to withstand combined bending and twisting moments. Figure 7 shows loads, forces, and reactions on the roller-1 shaft. The machine elements that exert forces on roller-1 shaft is the belt, pulley (driven pulley), cracking roller, and gear. The shaft with forces acting on it is represented schematically, as shown in Figure 8.

The forces acting on the roller-1 shaft were of vertical and horizontal components. The forces acting on the roller-1 shaft are due to compression force by the cracking roller, force due to periwinkles dropping, weight of the cracking roller, weight of the drive pulley, and tensions in the drive belt.

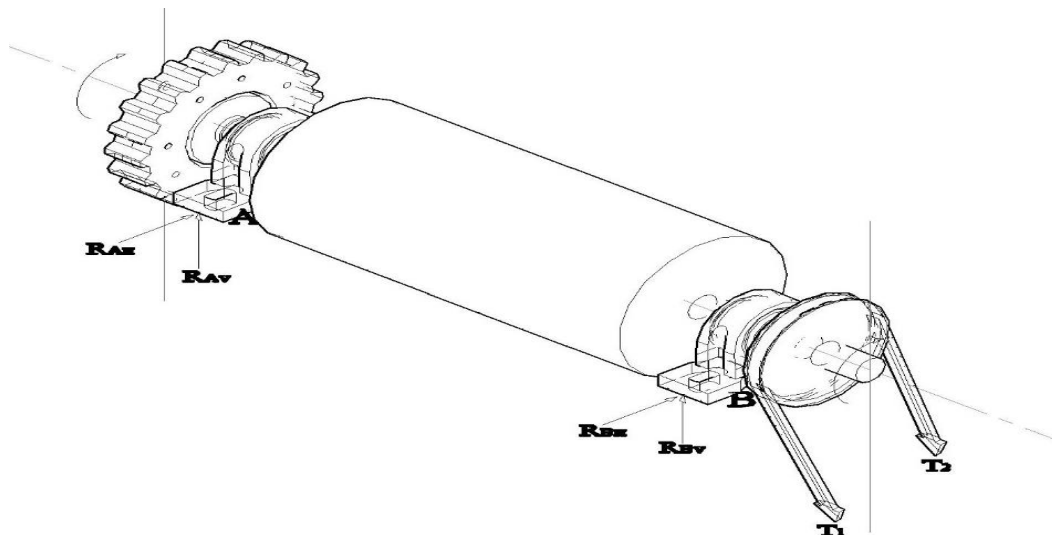


Figure 7. Roller-1 main shaft carrying the periwinkle cracking roller with a pulley, two bearings (A and B) and a gear.

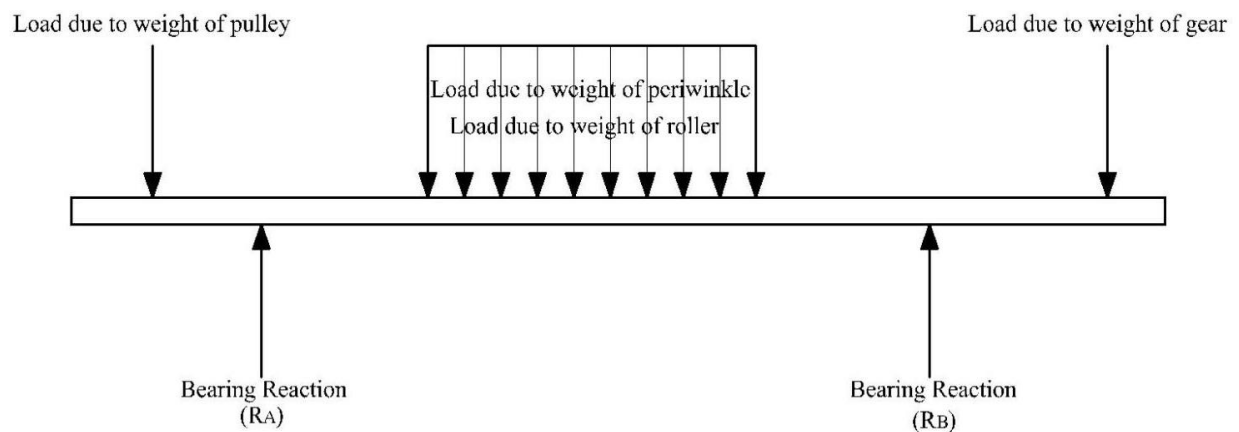


Figure 8. Forces acting on the drive shaft with bearing reaction.

2.16.2. Vertical forces exerted on roller-1 shaft (F_v)

The vertical forces acting on the roller-1 shaft is shown schematically in Figure 9.

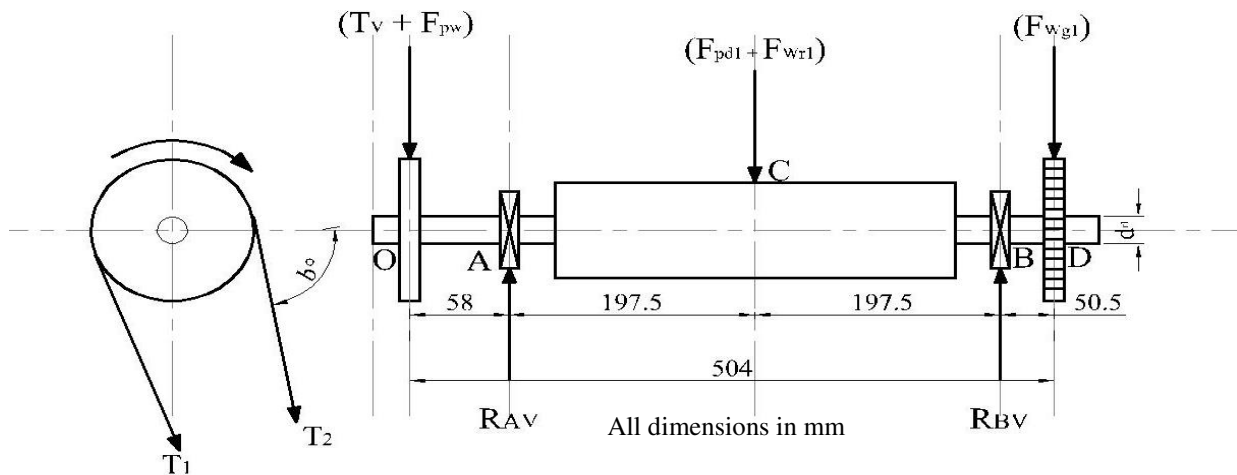


Figure 9. A schematic diagram illustrating the vertical forces acting on the roller-1 shaft.

2.16.3. Force due to periwinkles dropping (F_{pd})

As already computed under the power requirements section, the periwinkle dropping force due to gravity is

$$(F_{pd}) = 0.1N$$

2.16.4. Force due to weight of the cracking roller (F_{wr1})

The force F_{wr1} due to the weight of the cracking roller was determined using the expression given in equation 32, as expressed by Khurmi and Gupta (2008).

$$F_{wr1} = M_{CR} \times g \tag{32}$$

Where; M_{CR} = mass of the cracking roller, $kg = 21.39kg$; g = acceleration due to gravity, $ms^{-2} = 9.81 ms^{-2}$

$$F_{wr1} = M_{CR} \times g = 21.39 \times 9.81 = 209.84 N$$

2.16.5. Force due to weight of the drive pulleys (F_{pw})

The force F_{PW} due to the weight of the drive pulleys was determined using the expression given in equation 33, as expressed by Khurmi and Gupta (2008).

$$F_{PW} = M_{PU} \times g \tag{33}$$

where M_{PU} = mass of the pulley on roller-1 shaft, $kg = 0.897 kg$ (measured);
 g = acceleration due to gravity, $ms^{-2} = 9.81 ms^{-2}$

$$F_{PW} = M_{PU} \times g = 0.897 \times 9.81 = 8.80 N$$

2.16.6. Vertical components of tensions in the belt drive (T_v)

$$T_{(1,2)V} = (T_1 + T_2) \sin b^0 = (465.26 + 129.24) \sin 78^0 = 581.51 N \text{ (force acting downward)}$$

2.16.7. Force due to weight of the gear (F_{wg1})

Force acting tangential to the gear (F_T) was computed using equation proposed by Khurmi and Gupta (2008)

$$F_T = 2 \frac{T_r}{D} \tag{34}$$

where,

$$D = \text{diameter of the gear} \approx \text{diameter of the roller} = 0.138m$$

T_r = Torque on the cracking roller-1, and

$$T_r = 57.2 Nm$$

Hence,

$$F_T = 2 \frac{T_r}{D} = 2 \times \frac{57.2}{0.138} = 829 N$$

Normal load acting on the tooth of the gear (F_N) = $\frac{F_T}{\cos \phi} = 829 / \cos 20^0 = 882.2 N$

ϕ = pressure angle of the gear taken as 20^0 (Collins et al., 2010)

Vertical Component i.e., load on the shaft due to weight of gear (F_{Wg1}) = $F_N \cos 20^0$

$$= 882.2 \times \cos 20^\circ = 829 \text{ N}$$

2.16.7. Summation of the vertical forces exerted on roller-1 shaft

$$\begin{aligned} F_V &= F_{pd} + F_{wr1} + F_{pw} + F_{wg1} + T_v \\ &= 0.1\text{N} + 209.84 + 8.80 + 829 + 581.51 \\ &= 1629.25 \text{ N} \end{aligned}$$

2.16.8. Horizontal forces exerted on roller-1 shaft (F_h)

The horizontal forces acting on the roller-1 shaft is shown schematically in Figure 10.

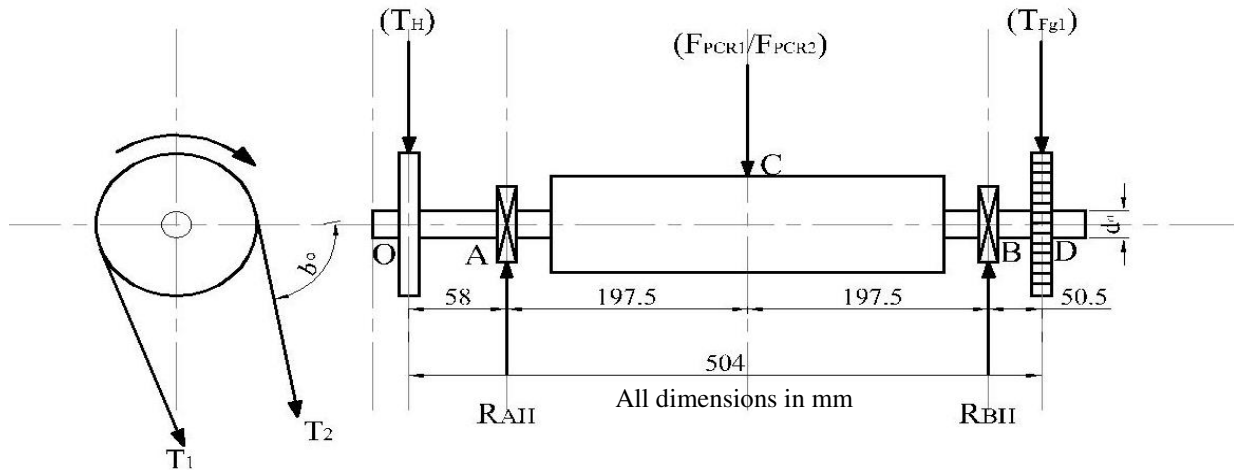


Figure 10. A schematic diagram illustrating the horizontal forces acting on the roller-1 shaft.

2.16.9. Horizontal components of tensions in the belt drive (T_H)

$$\begin{aligned} T_{(1,2)H} &= (T_1 + T_2) \cos b^\circ = (465.26 + 129.24) \cos 78^\circ \\ &= 123.6\text{N} \text{ (force acting to the right)} \end{aligned}$$

2.16.10. Maximum periwinkle transverse compression force between roller 1 and 2 ($F_{PCR1,2}$)

$$F_{PCR1,2} = 746.1 \text{ N (measured)}$$

2.16.11. Horizontal component load acting on shaft due to gear torque (F_{pg1})

$$F_{pg1} = F_N \sin 20^\circ = 882.2 \times \sin 20^\circ = 301.7 \text{ N}$$

2.16.12. Summation of the horizontal forces exerted on the roller-1 shaft

$$\begin{aligned} F_H &= F_{PCR1,2} + F_{pg1} + T_H \\ &= 746.1 + 301.7 + 123.6 \\ &= 1171.4 \text{ N} \end{aligned}$$

2.16.13. Reactions at the bearings due to vertical loading

The reactions on roller-1 shaft due to vertical loading is shown in Figure 11.

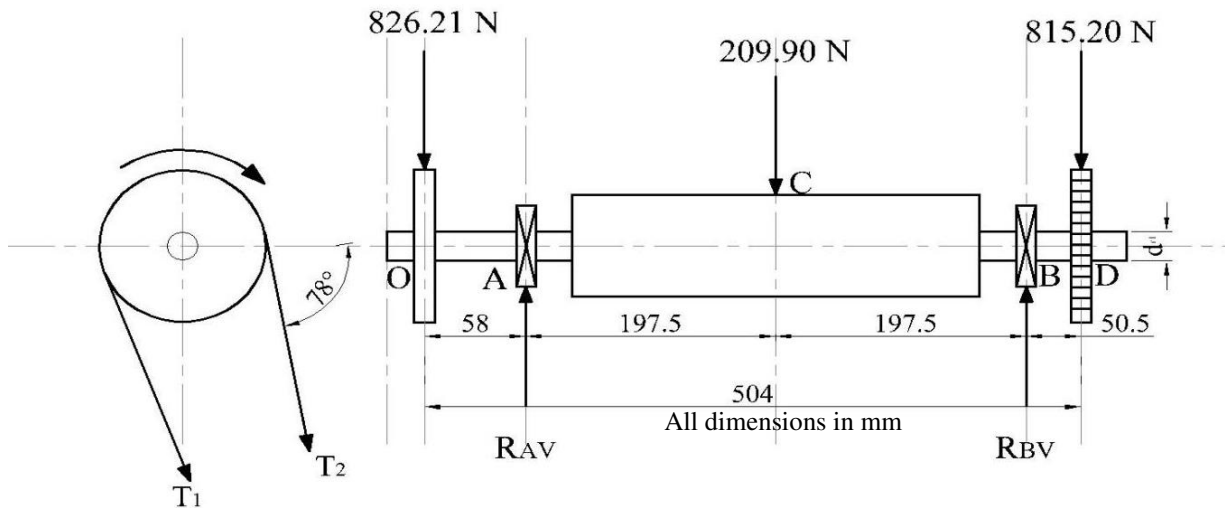


Figure 11. Load reactions on the roller-1 drive shaft due to vertical loading.

To determine R_{AV} and R_{BV} , equation 35 was adopted according to Khurmi and Gupta (2008).

$$\Sigma F_x = R_{AV} + R_{BV} = 1629.15$$

$$R_{AV} + R_{BV} = 1629.15 \text{ N} \tag{35}$$

Taking moment about R_{BV} in Figure 12.

$$R_{AV}(0.395) = 590.31(0.453) + 209.84(0.1975) - 829(0.0505) = 226.99 \text{ N}$$

$$R_{AV} = \frac{226.99}{0.395}$$

$$= 675.92 \text{ N}$$

From equation 35; $R_{AV} + R_{BV} = 1629.15 \text{ N}$

$$R_{BV} = 1629.15 - 675.92 = 953.23 \text{ N}$$

2.16.14. Bending moment at vertical loading

The bending moment on vertical loading, as shown in Figure 12 is calculated as follows:

$$BM_{OV} = 0 \text{ Nm}$$

$$BM_{AV} = -(590.31 \times 0.058) = -34.24 \text{ Nm}$$

$$BM_{CV} = -(590.31 \times 0.2555) + (675.92 \times 0.1975) = -17.33 \text{ Nm}$$

$$BM_{BV} = -(590.31 \times 0.453) + (675.92 \times 0.395) - (209.84 \times 0.1975) = -41.87 \text{ Nm}$$

$$BM_{DV} = -(590.31 \times 0.5035) + (675.92 \times 0.4455) - (209.85 \times 0.248) + (953.23 \times 0.0505) = 0 \text{ Nm}$$

Maximum bending moment due to vertical loading occurs at A, so

$$MBM_V = -41.87 \text{ Nm}$$

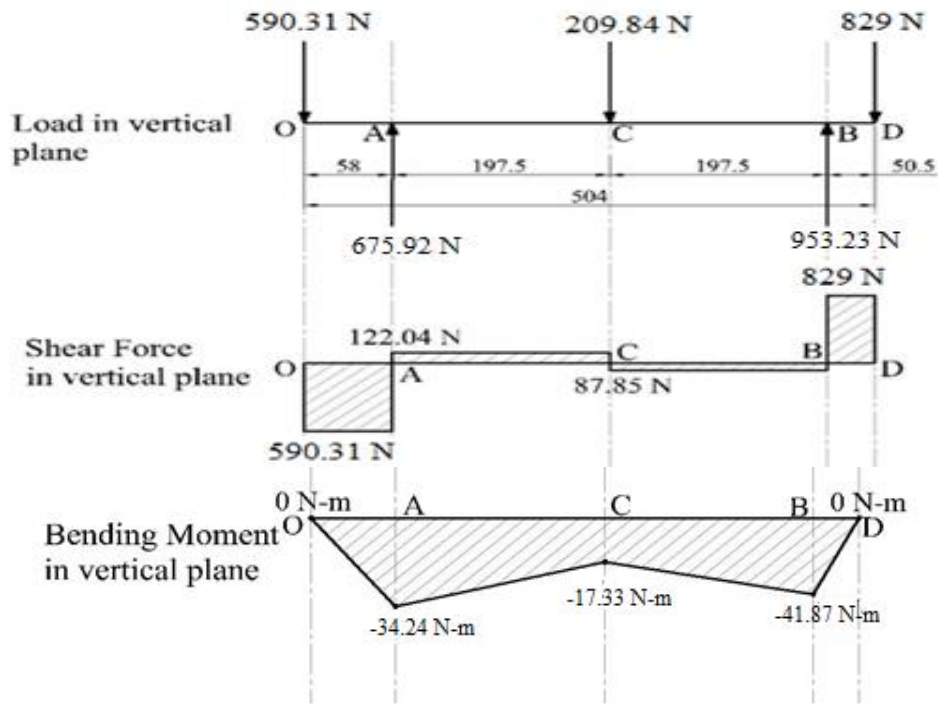


Figure 12. Shear force and bending moment diagram in the vertical plane for roller-1.

2.16.15. Reactions at the bearings due to horizontal loading

The reactions on the roller-1 shaft due to horizontal loading is shown in Figure 13.

To determine the reactions R_{AH} and R_{BH} , equation 36 was adopted according to Khurmi and Gupta (2008).

$$\Sigma F_x = R_{AH} + R_{BH} = 1171.4 N$$

$$R_{AH} + R_{BH} = 1171.4 N \tag{36}$$

Taking moment about R_{BH} in Figure 13.

$$R_{AH}(0.395) = 123.6(0.453) + 746.1(0.1975) - 301.7(0.0505) = 188.11 N$$

$$R_{AH} = \frac{188.11}{0.395} = 476.23 N$$

From equation 36; $R_{AH} + R_{BH} = 1171.40 N$

$$R_{BH} = 1171.40 - 476.23 = 695.17 N$$

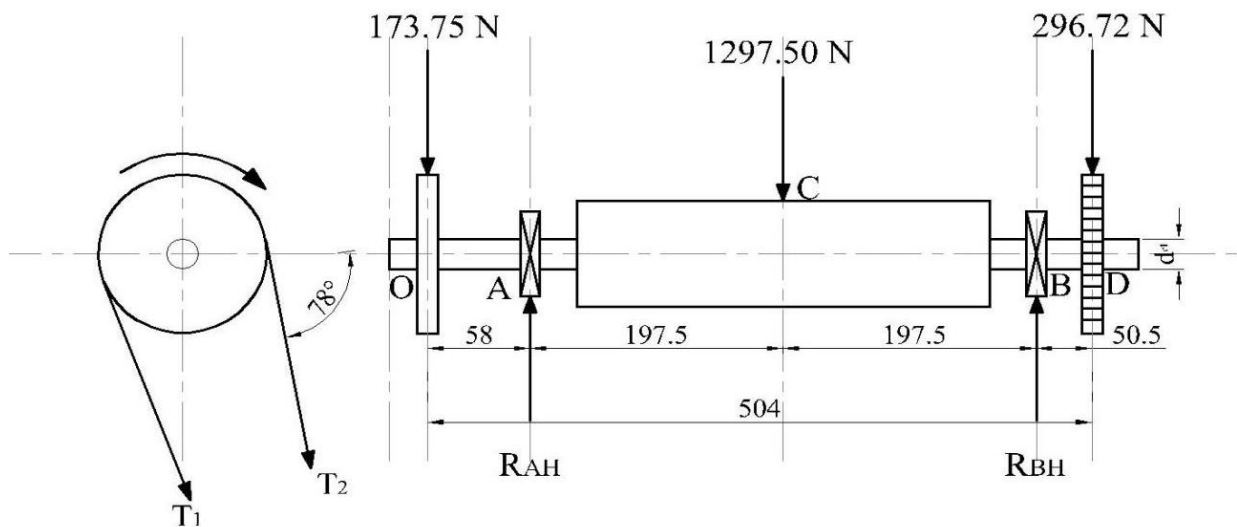


Figure 13. Load reactions on the roller-1 drive shaft due to horizontal loading.

2.16.17. Bending moment at horizontal loading

The bending moment on horizontal loading as shown in Figure 14 is calculated as follows

$$\begin{aligned}
 BM_{OH} &= 0 \text{ Nm} \\
 BM_{AH} &= -(123.6 \times 0.058) = -7.17 \text{ Nm} \\
 BM_{CH} &= -(123.6 \times 0.2555) + (476.23 \times 0.1975) = 62.48 \text{ Nm} \\
 BM_{BH} &= -(123.6 \times 0.453) + (476.23 \times 0.395) - (746.10 \times 0.1975) = -15.23 \text{ Nm} \\
 BM_{DH} &= -(123.6 \times 0.5035) + (476.23 \times 0.4455) - (746.10 \times 0.248) \\
 &\quad + (695.17 \times 0.0505) = 0 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Maximum bending moment due to horizontal loading occurs at C, so

$$MBM_H = 62.48 \text{ Nm}$$

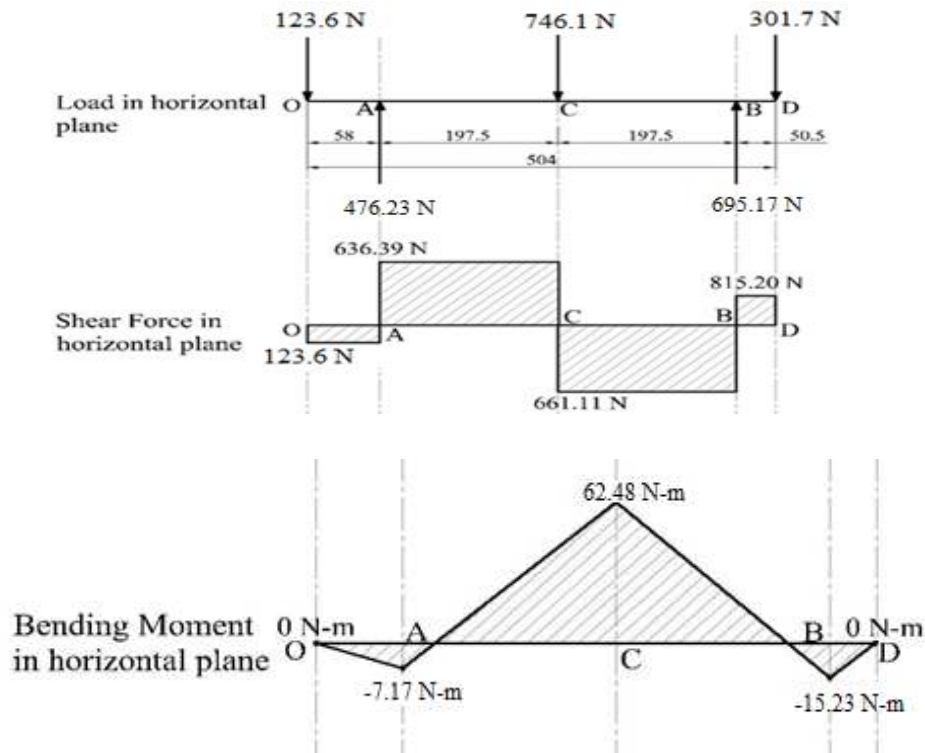


Figure 14. Shear force and bending moment diagram in the horizontal plane for roller-1.

2.16.18. Maximum bending moment (M_B)

The maximum bending moment, M_B on the roller-1 shaft was determined using Khurmi and Gupta (2008) expression given in equation 37.

$$M_B = \sqrt{MBM_V^2 + MBM_H^2} \tag{37}$$

where, MBM_V = maximum bending moment in the vertical plane, Nm ;

MBM_H = maximum bending moment in the horizontal plane, Nm .

Therefore,

$$M_B = \sqrt{(-41.87)^2 + (62.48)^2} = 75.21 \text{ Nm}$$

2.16.19. Roller-1 shaft diameter (d_{r-1})

The shaft was designed for strength, rigidity and stiffness. The shaft was designed with the possibility of being subjected to twisting and bending moments.

The shaft diameter was determined based on A.S.M.E Code according to Collins et al. (2010); Fagbami et al. (2014); Shigley et al. (2011); Umani et al. (2020) utilizing equation 38 for shaft design as

$$d^3_{r-1} = \frac{16}{\pi\tau} \sqrt{M_B K_b^2 + M_T K_t^2} \quad (38)$$

where, τ = allowable shear stress brought on by bending and twisting, $Nmm^{-2} = 56 MPa$ or $56 Nmm^{-2}$ for shaft without allowance for keyway; K_b = combined shock and fatigue factor applied to bending moment = 1.5 for minor shock; K_t = combined shock and fatigue factor applied to torsional moment = 1.5 for minor shock; M_B = maximum bending moment, $Nm = 75.21 Nm$; M_T = torsional/twisting moment, Nm .

$$M_T = \frac{P \times 60}{2\pi N_2} = \frac{1875.10 \times 60}{2\pi \times 160} = 111.91 Nm$$

$$\begin{aligned} \text{Therefore, } d^3_{r-1} &= \frac{16}{\pi \times 56 \times 10^6} \sqrt{1.5(75.21)^2 + 1.5(111.91)^2} \\ d^3_{r-1} &= 0.00000009093 (165.138) = 0.000015016; \\ d_{r-1} &= 0.02467 m = 24.67 mm \end{aligned}$$

Therefore, the total shaft diameter is 24.67 mm.

However, 25 mm shaft diameter was selected for the design of the roller-1 shaft. This provided for a safety factor of 1.0.

2.16.20. Design for roller-2 shaft

The roller-2 shaft was assessed to have less combined twisting and bending moments. However, a 25 mm shaft diameter was adopted. This was necessary to maintain mass balancing in order to reduce vibration tendencies.

2.16.21. Bearing selection for roller-1 and roller-2 shafts

Due to the high centrifugal force in roller shafts, the radial and thrust or axial loads on the two roller shafts are supported by two (2) deep groove ball bearings each. Deep groove ball bearing has comparatively high load-carrying capacity. It is designed to carry a radial, and it can also perform well under combined radial and axial loads (Harris & Rotzalas 2006).

According to Khurmi and Gupta (2008), the average life of a bearing is 5 times the rating or minimum life. Therefore, the bearing number 6204 having 10 kN dynamic load capacity (for 25 mm and above shaft diameter at 62 series) was selected. The S-type bearings are used for highly contaminated environment, shaft deflection and misalignment. It is mostly applicable in agricultural machines, and conveyor systems (FAG Catalogue 2006).

2.17. Design of the frames

The frames were made of mild steel bars with a rectangular cross-section. The frames carried the weights of two periwinkle rollers, the electric motor, the gears, the pulley, and the hopper with periwinkles in it. The thickness of the frame was estimated using the procedure outlined by Umani et al. (2020) for the determination of the thickness of rectangular bars of known width. The equation 36 was used.

$$S_r = \frac{S_e}{F_s} - \frac{S_e}{S_{yp}} \times S_m \quad (39)$$

where S_r = superimposed alternating stress, kNm^{-2} ; S_e = maximum endurance stress of mild steel = $107.696 \times 10^3 kNm^{-2}$ (Etoamaihe & Iwe 2014)

$$S_{yp} = \text{yield strength of mild steel} = 801.414 \times 10^3 kNm^{-2}$$

S_m = mean stress

But,

$$S_r = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad (40)$$

$$S_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad (41)$$

where σ_{max} = maximum stress, kNm^{-2} and σ_{min} = minimum stress, kNm^{-2}

A mild steel angle bar of 3 mm thickness with a 38 mm width was selected for the machine in order to avoid under-estimation.

Note: The weight of the machine's components like the hopper, the shafts, electric motor, pulleys, and gears on the frame causes the minimum stress, while the maximum stress is owing to all the aforementioned weights plus the weight due to the periwinkles used in filling the hopper and the force applied by the electric motor on the machine members.

2.17.1. Bolts selection for the frames

To determine the bolt size for the frame, the shear stress induced on the bolt due to the weight of the machine was evaluated. According to Shigley et al. (2011), the bolt size was expressed as

$$S_e = \frac{F_{max}}{\pi d^2/4} \quad (42)$$

$$d = \sqrt{4F_{max}/\pi S_e} \quad (43)$$

where, S_e = allowable endurance stress of mild steel = $107.696 \times 10^3 \text{ kNm}^{-2}$

F_{max} = F_{min} + weight of periwinkles filling the hopper,

F_{min} = force due to total weight of the machine without load, (kN)

Thus, d was computed to be = 0.010 m = 10 mm.

Hence, 12 mm bolts were selected to fasten the machine to its frame.

2.18. Design of screen aperture

The screen aperture can be round, rectangular or oblong according to the width of the cracked periwinkle shell particles. The open area of square screen wire can be determined using the equation of Sahay and Singh (1994) presented by Ndirika and Onwualu (2016) given as

$$A_1 = \frac{\varphi^2}{(\varphi+D)^2} \times 100 \quad (44)$$

where A_1 = Open area (%) for screen one, φ = size of opening (mm), D = wire diameter (mm)

$$A_1 = \frac{10^2}{(10+2)^2} \times 100 = 69.4\%$$

$$A_1 = \frac{10^2}{(10+2)^2} \times 100 = 69.4\%$$

Where A_2 = Open area (%) for screen two

$$A_2 = \frac{\varphi^2}{(\varphi+D)^2} \times 100 = \frac{6^2}{(6+2)^2} \times 100 = 56.3\%$$

2.18.1. The capacity of screen (C_s)

The bigger the size of the holes of the screen, the better the efficiency, this was expressed by equation given by Igbeka (2013) as

$$C_s = K \times A \times a \quad (45)$$

where K = characteristic constant

A = Area of hole, m^2

a = width or diameter of hole (m)

For screen one

$$C_{s1} = K \times A \times a = 0.25 \times 10 \times 10 \times 10 = 250 \text{ mm}^3$$

For screen two

$$C_{s2} = K \times A \times a = 0.25 \times 6 \times 6 \times 6 = 54 \text{ mm}^3$$

2.19. Design of water supply system

The water supply system consisted of a variety of essential components such as a pressure source; a pump, and piping connections with valves to move water for cleaning the separated periwinkle meat as shown in Figure 15.

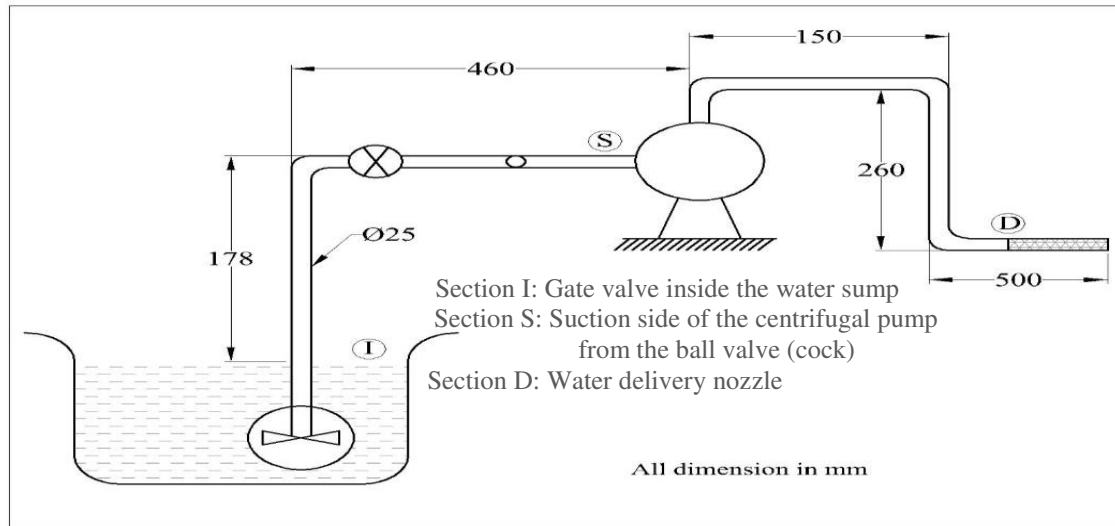


Figure 15. Schematic diagram of the water supply system.

2.19.1. Components of the water supply system

2.19.1.1. Pump

The pump is an important part of the water supply system, it transfers water from the tank through positive displacement action to the suction or intake port of the pump.

2.19.1.2. PVC pipe and control valves

Pipes are essential for the transportation of fluids (water) with the aid of pumps for various agricultural and food processing operations. The flow control valves helped in controlling the rate of flow of water within the system.

2.19.1.3. Pump sizing and selection

The power requirement of the pump depends on the amount of fluid (water) to be delivered. Centrifugal pump was chosen for the system. Neglecting all losses, the power output of the pump

$$P_c = wQH_T \tag{46}$$

As given by Rajput (2007)

Where $P_c = 0.5hp = 0.373kW$ (specified); $Q =$ pump delivery, $\frac{17L}{mins.(specified)} = \frac{2.833 \times 10^{-4} m^3}{s}$;

$H_T =$ energy added by the pump per unit weight of water pumped(m); $V_p =$ velocity of water in the pipe

$$V_p = Q/A \tag{47}$$

$$A = \text{surface area of pipe} = \pi D^2/4 = \pi \times 0.025^2/4 = 4.909 \times 10^{-4} m^2$$

$$V_p = \frac{2.833 \times 10^{-4} m^3/s}{4.909 \times 10^{-4} m^2} = 0.5771 m/s$$

$$P_c = wQH_T = 0.373kW \text{ hence } H_T = 0.373 \times 10^3 / 9.81 \times 10^3 \times 2.833 \times 10^{-4} = 134m$$

Applying Bernoulli's equation to points I and D

$$P_1/w + V_1^2/2g + Z_1 + H_p = P_D/w + V_D^2/2g + Z_d \tag{48}$$

$$0 + 0 + 0 + 134 = P_D/w + 0.5771^2/2 \times 9.81 + 0.082$$

$$P_D/w = 133.9 m; P_D = 1313.6kN/m^2$$

2.20. Working principle of the machine

The conditioned periwinkles are introduced into the running machine through the hopper where they flow down through a controlled feed gate opening to the revolving rollers for periwinkle shell cracking operation. The cracked periwinkle shells together with its meat fall into the reciprocating two-tier separating sieving screens equipped with a steady shower of water to clean the meats and dislodge any adhered shells. The separated meat flows through the trough and are collected while the shells fall directly below to the waste trough (Figure16).

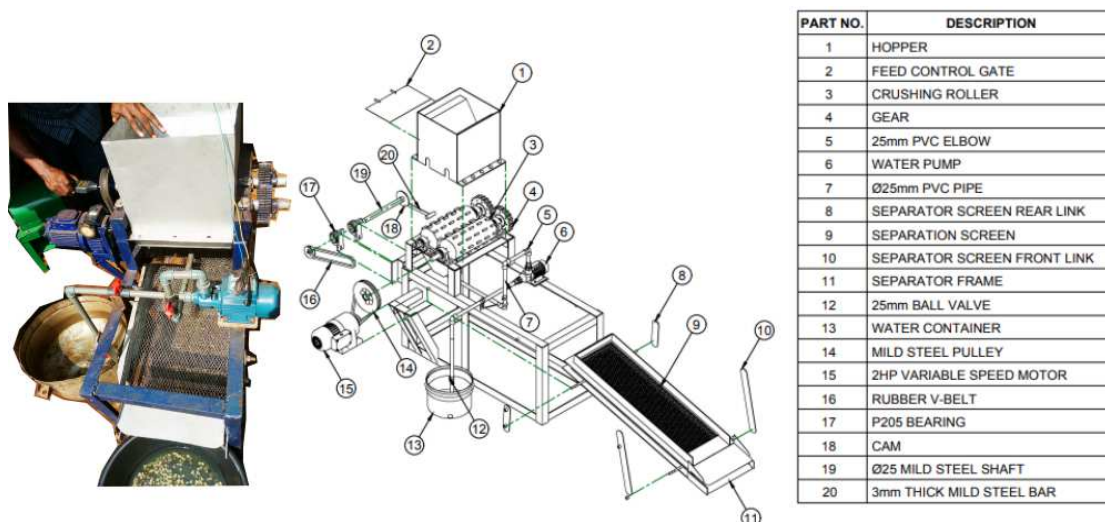


Figure 16. Exploded view of the periwinkle meat extraction machine

2.21. Performance Evaluation of developed periwinkle meat processing machine

Freshly harvested periwinkles were procured at a local water front market in Itu, Akwa Ibom State. The periwinkle samples were then cleaned manually to remove dirt and foreign materials, graded thereafter weighed using electronic weighing balance (Ohaus – Scout Pro) with an accuracy of 0.001g. The experiment was performed in triplicates as adopted by Ekop et al. (2021).

2.22. Design of experiment and statistical analysis

Measurements were replicated three times, and data were subjected to analysis of variance and main effects plots. The performance of the periwinkle processing machine was designed as a function of the machine operating parameters and crop factors: cracking speed (*CS*), agitating speed (*AS*), feed rate (*FR*), heat condition time (*HCT*) and the response variable(s) namely: the periwinkle cracking efficiency (*CE*), separating efficiency (*SE*), throughput (*TP*) and periwinkle meat loss (*PML*). Also, the obtained results of the experiment were analyzed as reported Ekop et al. (2021).

Table 2. The periwinkle machine performance at different processing conditions.

Runs Order	<i>CS</i> (rpm)	<i>FR</i> (kgs ⁻¹)	<i>AS</i> (m s ⁻¹)	<i>HCT</i> (mins)	<i>CE</i> (%)	<i>SE</i> (%)	<i>TP</i> (kgh ⁻¹)	<i>PML</i> (%)
1	120	0.30	1.04	0	70.95	54.70	15.10	43.30
2	110	0.20	0.95	2	63.07	61.31	16.81	31.48
3	130	0.20	1.11	2	65.94	66.07	19.43	22.93
4	110	0.40	0.95	2	64.75	68.53	18.33	29.88
5	130	0.40	1.11	2	69.79	72.38	20.61	11.62
6	120	0.10	0.95	4	69.74	62.39	16.84	30.56
7	100	0.30	1.11	4	58.63	63.91	20.47	18.09
8	120	0.30	0.95	4	79.83	67.56	14.81	34.74
9	120	0.30	1.11	4	79.52	69.25	21.10	38.75
10	120	0.30	1.04	4	79.66	68.29	17.64	10.71
11	120	0.30	1.04	4	79.59	59.17	17.32	16.23
12	120	0.30	0.76	4	79.42	60.38	13.37	34.62
13	120	0.30	1.04	4	79.97	71.67	15.34	18.64
14	140	0.30	1.04	4	78.61	71.94	15.58	18.06
15	120	0.50	1.04	4	72.34	71.72	15.29	18.88
16	110	0.20	1.04	6	71.54	71.84	15.11	18.06
17	130	0.20	1.04	6	84.05	71.88	15.71	18.42
18	110	0.40	1.04	6	66.68	71.74	15.54	18.78
19	130	0.40	1.23	6	79.67	78.79	26.79	17.06
20	120	0.30	1.04	8	78.68	71.17	17.89	26.36

CS = Cracking Speed, *FR* = Feed Rate, *AS* = Agitating Speed, *HCT* = Heat Conditioning Time, *CE* = Cracking Efficiency, *SE* = Separating Efficiency, *TP* = Throughput, *PML* = Periwinkle Meat Loss.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Table 2 presents the data obtained during performance operations of the developed machine. *CE* an essential machine response variable that entails the quantity of periwinkle cracked with respect to what was fed into the machine. The optimum *CE* was found to be 84.05% when periwinkle *HCT* was 6 min at *CS* of 130 rpm and *FR* of 0.20kg/s while the least *CE* of 58.63% was obtained when periwinkle *HCT* was 4 min at *CS* of 100 rpm and *FR* of 0.30kg/s (Ekop et al.,2021). There is information dart on periwinkle and related mollusk processing. However, Dixit and Ravindra (2022) obtained a machine cracking efficiency of 82.1% at 43 rpm for walnut while Hussain et al., (2018) obtained a shelling (cracking) efficiency of 96 % for walnut although machine parameters were not specifically mentioned.

The result for *SE* indicated that the most efficient separation can be achieved when *HCT*, *CS*, *AS* and *FR* at 6 min,130 rpm,1.11m/s and 0.40 kg/s respectively.*SE* gives the amount periwinkle separated based on the amount of periwinkle cracked. This was found to be 78.79% whereas its lowest *SE* of 54.70% was obtained when *HCT*, *CS*, *AS* and *FR* at 0 min,120 rpm,1.04 m/s and 0.30 kg/s. Although there is no related literature on periwinkle processing, but Akubuo and Eje (2002) working on palm kernel recorded an optimum *SE* to be 82.1% at 93/min crank speed.

The highest *TP* value of 26.79 kg/h was obtained when the machine was operated at *CS* of 130 rpm, *AS* of 1.23 m/s under the *HCT* of 6 min at *FR* of 0.40 kg/s while the lowest *TP* value of 13.37 kg/h was recorded at *CS* of 120 rpm, *AS* of 0.76 m/s, *FR* of 0.30 kg/s under the *HCT* of 4 min. *TP* shows the quantity of periwinkle meat separated per unit time. This is a unique in performance evaluation of the periwinkle machine. Accordingly, the lowest *PML* value of 10.71 % was obtained when the machine was operated at *CS* of 120 rpm, *AS* of 1.04 m/s under the *HCT* of 4 min at feed rate of 0.30 kg/s but the maximum *PML* value was recorded when the machine was operated at *CS* of 120 rpm, *AS* of 1.04 m/s, feed rate of 0.30 kg/s under the *HCT* of 0 min. There is no other research conducted in this domain for various processing conditions and machine parameters of periwinkle.

3.1. Effects of the cracking speed, feed rate and heat conditioning time on the periwinkle cracking efficiency

Figure 17(A) shows the relationship between the mean response (periwinkle cracking efficiency) and the different levels of machine operation parameters (cracking speed, feed rate) and crop factor (heat conditioning time). The reference line in the main effects plot is the overall mean for the response. It shows that cracking speeds of 120,130 and 140 rpm and feed rate of 0.3 kgs⁻¹ and heat conditioning time of 4, 6 and 8 minutes are associated with the highest mean cracking efficiency. Hence, these combinations represent the best option for achieving optimum periwinkle cracking efficiency.

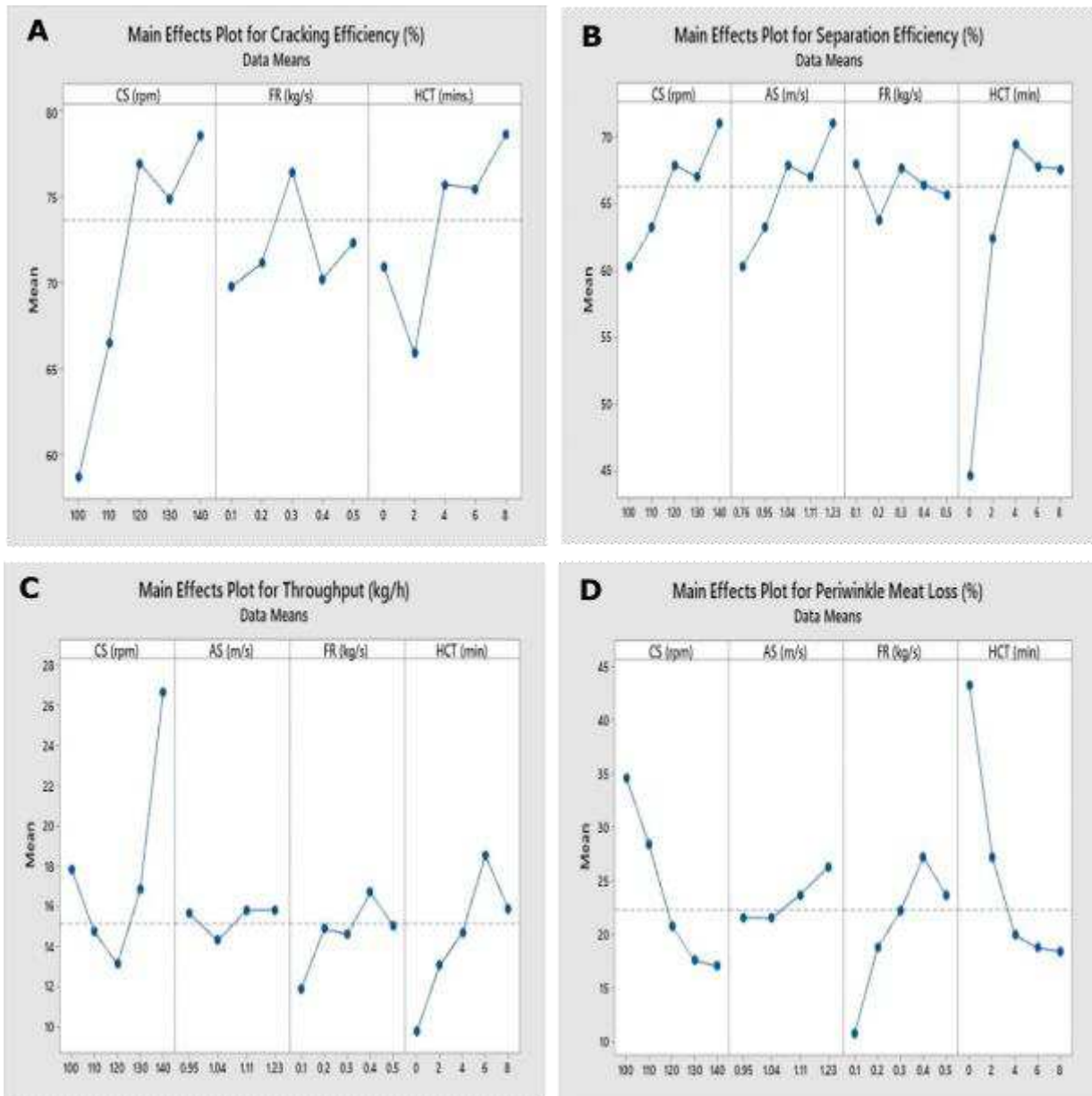


Figure 17 Main effects for:(A) periwinkle shell cracking efficiency, (B) periwinkle meat separating efficiency, (C) periwinkle meat throughput, (D) periwinkle meat loss.

The analysis of variance for the effects of cracking speed, feed rate, heat conditioning time on cracking efficiency is presented in supplementary table 1. The results indicate that the *p*-value for the cracking speed, feed rate and heating conditioning time are 0.0001, 0.015 and 0.0007 respectively. Since the *p*-values for the machine variables (cracking speed, feed rate, and heat conditioning time) are less than the chosen α -level of 0.05, it means that the effects of cracking speed, feed rate and heating conditioning time is statistically significant (Ekop et al., 2021).

3.2. Effects of the cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time on the periwinkle separation efficiency

Figure 17(B) presents the relationship between the mean response (separation efficiency) between four levels of machine parameters and crop factor; cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time. The reference line in the main effects plot is the overall mean for the response. It shows that cracking speed of 120,130 and 140 rpm, agitation speed of 1.04, 1.11 and 1.23 m/s and feed rate of 0.1 and 0.3 kg/s and heat condition time of 4, 6 and 8 minutes are associated with the highest mean separation efficiency. Thus, the best combinations for optimum periwinkle separation efficiency.

Analysis of variance for the effects of cracking speed, agitation speed, feed rate, heat conditioning time on separating efficiency is presented in supplementary table 2. The results indicate that the p -value for the cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time are 0.0025, 0.001, 0.0409 and 0.0386 respectively. Since the p -values for the machine separation variables are less than the chosen α -level of 0.05, it means that the effects of cracking speed, agitation speed, feed rate and heating conditioning time is statistically significant (Ekop et al., 2023).

3.3. Effects of the cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time on the periwinkle throughput

Figure 17(C) shows the relationship between the mean response (throughput) between four levels of machine parameters and crop factor; cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time. This indicates that cracking speed of 100, 130 and 140 rpm, agitation speed of 0.95, 1.11 and 1.23 m/s and feed rate of 0.4 and 0.5 kg/s and heat conditioning time of 6 and 8 minutes are associated with the highest mean throughput. Therefore, the best combination for optimum periwinkle meat throughput.

Also, analysis of variance for the effects of cracking speed, agitation speed, feed rate, heat conditioning time on throughput is presented in supplementary table 3. The results indicate that the p -value for the cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time are 0.0140, 0.0466, 0.0182 and 0.0189 respectively. Since the p -value for cracking speed and heat conditioning time are less than the chosen α -level of 0.05, it means that the effects of the four machine operation parameters and crop factor are statistically significant.

3.4. Effects of the cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time on the periwinkle meat loss

Figure 17(D) shows the relationship between the mean response (meat loss) between four levels of machine parameters and crop factor; cracking speed, agitation speed, feed rate and heat conditioning time. It entails that cracking speed of 100 and 110 rpm, agitation speed of 1.11 and 1.23 m/s and feed rate of 0.4 and 0.5 kg/s and heat condition time of 0 and 2 minutes are associated with the highest mean meat loss. Thus, combining these machine parameters give an optimum periwinkle meat loss but our aim is to minimize periwinkle meat loss as much as possible.

Analysis of variance for the effects of cracking speed, agitation speed, feed rate, heat conditioning time on periwinkle meat loss is presented in supplementary table 4. The results point out that the p -value for the cracking speed and agitation speed, feed rate and heat conditioning time are 0.0005, 0.8369, 0.0365 and 0.0013 respectively. Since the p -value for cracking speed, feed rate and heat conditioning time are less than the chosen α -level of 0.05, it means that the effects of cracking, feed rate and heat conditioning time are statistically significant.

4. CONCLUSION

The periwinkle machine meat processing machine was designed, developed, and evaluated based on the essential data available for physical, mechanical and thermal properties of the periwinkle. It was established that processing factors and crop condition influence the periwinkle meat cracking efficiency, separation efficiency, throughput and meat loss. The developed periwinkle meat processing machine serves as a viable option for periwinkle meat processors in that it would efficiency replaced the time-consuming, crude manual method that often times help add contaminants to the meat. With the availability of machine for periwinkle meat processing, economic potentials of periwinkle meat become more realistic.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest regarding this work.

AUTHORS' CONTRIBUTIONS

Authors equally contributed to this work.

REFERENCES

Akubuo, C., & Eje, B. E. (2002). PH-Postharvest technology: Palm kernel and shell separator. *Bioresources Engineering*, 81(2), 193-199.

- Collins, J. A., Busby, H. R., & Staab, G. H. (2010). *Mechanical design of machine elements and machines: failure preventive perspective*. US: John Wiley & Sons, Inc.
- Dixit, J., & Ravindra, K. (2022). Design and development of walnut cracking machine. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(4),143-152.
- Ekop, I. E., Simonyan, K. J., & Onwuka, U.N. (2019). Comparative analysis of thermal properties of two varieties of periwinkle relevant to its processing equipment design. *American Journal Food Science and Technology*,7(6),189-194. <https://doi.org/10.12691/ajfst-7-6-4>
- Ekop, I. E., Simonyan, K. J., & Onwuka, U.N. (2021). Effects of processing factors and conditions on the cracking efficiency of *Tympanotonus fuscatus* and *Pachymelania aurita* periwinkles: Response surface approach. *Journal Agriculture and Food Research*, 3(3),1-7. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100094>
- Ekop, I. E., Simonyan, K. J., & Onwuka, U. N. (2022). Comparative analysis of mechanical properties of two varieties of periwinkle relevant to its processing equipment design. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 24(2),122-136.
- Ekop, I. E., Simonyan, K. J., Onwuka, U. N. & Ekop, I. E (2023). Optimization of processing machine parameters for separating efficiency of periwinkles. *Journal of Aquatic Food Product Technology*.33(1),98-110 <https://doi.org/10.1080/10498850.2023.2291371>
- Etoamaihe, U. J., & Iwe, M. O. (2014). Development and performance evaluation of a reciprocating motion cassava shredder. *International Journal of Engineering Science*, 3(4),6-15.
- FAG Catalogue WL 41520EA (2006). *Rolling bearing*. https://www.ahrinternational.com/PDF_catalogues (pp. 9-15).
- Fagbami, E. A., Okeeseni, A., Omonigho, B., Iseru, E., Akpovwovwo, T., & Awolola, E.K. (2014). Forms and design analysis of mechanical shafts used in agricultural machineries. *International Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 1(5),103-106.
- Harris, T. A., & Rotzalas, M. N. (2006). Essential concept of bearing technology. *Rolling Bearing Analysis*, 5th Ed., CRC press. Taylor and Francis Group,NY.
- Hicks, T. G. (2004). *Standard handbook of engineering calculations*. McGraw-Hill. <https://www.pdfdrive.com/standard-handbook-of-engineering-calculations>
- Hussain, S. Z., Ammatullah, B., Kanojia, V., Reshi, M., Naseer, B., & Naik, H. R. (2018). Design and development of technology for walnut cracking. *Journal of Food Science and Technology*, 55(12),4973-4983.
- Igbeka, J. C. (2013). *Agricultural processing and storage engineering*. Ibadan University Press.53.
- Jamabo, N., & Chinda, A. (2010). Aspects of the ecology of *Tympanotonus fuscatus var fuscatus* (Linnaeus, 1758) in the mangrove swamps of the upper Bonny River, Niger Delta, Nigeria. *Current Research Journal of Biological Science*, 2(1),42-7.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2008). *A textbook of machine design*. (pp. 678-738). S. Chand publishing.
- Mmom, P. C., & Arokoyu, S. B. (2010). Mangrove forest depletion, biodiversity loss and traditional resources management practices in the Niger Delta, Nigeria. *Research Journal of Applied Science, Engineering and Technology*, 2(1),28-34.
- Ndirika, V. I. O., & Onwualu, A. P. (2016). *Design principles for post-harvest machines*, First edition. (pp.126-131). Naphtali Print, Nigeria.
- Odu, N. N., Obafemi, A., & Njoku, H.O. (2010). Comparative assessment of bacteriological quality and proximate composition of laboratory shucked and traditionally shucked tropical periwinkle (*Tympanotonus fuscatus*), *Scientia Africana*, 9(1),140-9.
- Otto, H. (2015). *New general mathematics for secondary senior schools 1*, (pp. 43-44). Pearson Edu Ltd, Eng.
- Rajput, R. K. (2007). *A textbook of fluid mechanics and hydraulic machines*. 6th Ed. (pp.280-291) S. Chand.
- Sahay, K. M., & Singh, R. K. (1994). *Unit operations of agricultural process*, (pp. 65-74). Vikas Publishing House PVT Ltd.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R., Budnyas, R. G., & Nisbett, K. J. (2011). *Shigley's mechanical engineering design (SI Units)*, (Sie). Tata McGraw-Hill. <https://ia903102.us.archive.org>.

- Umani, K. C., Fakayode, O. A., Ituen, E. U., & Okokon, F. B. (2019). Development and testing of an automated contact plate unit for a cassava grater. *Computers and electronics in agriculture*, 157, 530-540.
- Umani, K. C., Ituen, E. U. U., & Fakayode, O. A. (2020). Development and testing of a double-action cassava grater with an automated contact plate. *Journal of Food Process Engineering*. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13372>
- V-Belt Design Manual (2017). *The right belt for all applications* 2017. <https://www.bandousa.com>
-

Determination of Biological Water Quality of Susurluk, Çapraz and Karadere Streams Using Macroinvertebrates and Biotic Indices

Susurluk Çayı, Çapraz Çay ve Karadere Çayının Biyolojik Su Kalitesinin Makrobenetik Omurgasızlar ve Biyotik İndeksler Kullanılarak Belirlenmesi

Buse Özalp^{1,*}, Nesil Ertorun²

¹Eskişehir Teknik Üniversitesi, Eskişehir-TÜRKİYE

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Eskişehir-TÜRKİYE

*Corresponding author: buse.ozalp98@gmail.com

Received: 08.02.2024

Accepted: 24.04.2024

Published: 01.09.2024

How to Cite: Özalp, B., & Ertorun, N. (2024). Determination of biological water qualities of Susurluk, Çapraz and Karadere streams using macroinvertebrates and biotic indices. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 242-255. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1433735>

Abstract: The present study aimed to determine the water quality of Susurluk Stream, Çapraz Stream, and Karadere Stream by examining 5207 samples from 14 different stations in two different periods of 2021 (July and September), during which 37 families belonging to 15 order were identified. Physidae was identified as the dominant family for the first sampling period, while Baetidae was dominant for the second sampling period. BMWP Original, BMWP Turkish, BMWP Spanish, and ASPT biotic indices were used to assess the water quality of Susurluk, Çapraz, and Karadere Streams, and the index results were determined for each station for the first and second periods (July and September). Based on these index results, five different water quality categories were identified (Very Poor, Poor, Moderate, Good, Very Good). The obtained data were interpreted using t-tests and correlation analysis with the SPSS 2021 program.

Keywords

- Balıkesir
- Pollution
- BMWP
- Macroenthos

Özet: Susurluk Çayı, Çapraz Çay ve Karadere Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi amacıyla 2021 yılının iki farklı döneminde (Temmuz ve Eylül) 14 farklı istasyondan 5207 örnek incelenmiş olup, 15 takıma ait 37 familya tespit edilmiş ve birinci örnekleme dönemi için Physidae, ikinci örnekleme dönemi için Baetidae familyaları en baskın familya olarak tespit edilmiştir. Susurluk, Çapraz ve Karadere çaylarının su kalitesinin ortaya konması amacıyla BMWP Orijinal, BMWP Turkish, BMWP Spanish ve ASPT biyotik indeksleri kullanılmış olup, her bir istasyonun birinci ve ikinci dönemleri için indeks sonuçları belirlenmiştir. Bu indeks sonuçlarına göre 5 farklı su kalitesi basamağı ortaya konulmuştur (Çok zayıf, Zayıf, Orta, İyi, Çok iyi). Elde edilen veriler SPSS 2021 programı kullanılarak t testi ve korelasyon analizi ile yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler

- Balıkesir
- Kirlilik
- BMWP
- Makroentoz

1. INTRODUCTION

Northwest Anatolia's Susurluk Basin is one of the most significant basins in the country with a precipitation area of 22,400 km². Some of the water sources in the basin include the Orhaneli, Emet, Nilüfer, Mustafakemalpaşa, and Simav streams, along with the Karadere and Manyas Lakes. Due to the presence of borax facilities, poultry farms, leather and sugar factories within the basin and



industrial waste from Bandırma district, pollution has reached critical levels in the area (Gürkan and Tekin-Özan, 2012).

Water pollution caused by industrial, organic-inorganic waste, sewage, and agricultural waste, which are among the significant pollutants, represents the chemical, biological, and physical changes in the waters (Atış, 2020).

One of the major contributors to water pollution is agricultural waste. The release of fertilizers and pesticides used during agricultural activities into water increases the concentration of nitrate (NO_3) and phosphate (PO_4) in the water. The increased concentration increases in algal populations, resulting in eutrophication in the aquatic environment (Çınar, 2008; Atış, 2020).

Studies conducted to determine water pollution involve both chemical and biological processes. In a recent research, the use of biological methods complements the results obtained from chemical methods (Dönmez & Yılmaz, 2015).

Bioindicator organisms, including macrobenthos, provide crucial information about water quality and habitat based on their presence and abundance in aquatic environments. Due to their inability to move over long distances under changing ecological conditions and adverse circumstances, these organisms allow the detection of pollution over the long term (Akay, 2015).

Water quality assessment methods have emerged with the consideration of a biological perspective in studies aimed at determining water quality. Biotic indices are at the forefront of these methods. These indices are metric systems applied to reveal water quality, using data obtained from various stations. By considering the ecological condition of the study area, the presence, absence, abundance, sensitivity, and tolerance of species can be determined using biotic indices (Bahçeci, 2019).

There are many biological indices developed for different groups of organisms. One of the commonly used indices for macroinvertebrates is the Biological Monitoring Working Party Score System (BMWP), (Metcalf, 1989). Many countries have adapted this index to their own invertebrate fauna in their rivers, with Spain being among the first to do so. The Spanish version of BMWP, known as "SpBMWP," is one of the most widely used indices, especially after the original BMWP (Alba & Sánchez, 1988). In Turkey, this index has also been adapted to create the "TRBMWP" (Turkish BMWP) biotic index (Kazancı, 2016).

The Average Score Per Taxon (ASPT) index is one of the most commonly used indices following BMWP. The ASPT index was calculated by dividing the total BMWP score obtained from the sampling point by the number of families (Metcalf, 1989).

This study aims to determine the pollution levels of three Streams (Susurluk Stream, Çapraz Stream, Karadere Stream) located in the Marmara region through macrobenthos and family-based biotic indices, and to reveal the correlation between the biotic indices used.

2. MATERIAL and METHOD

In the present study, conducted between July and September 2021 on the Susurluk Stream, Çapraz Stream, and Karadere Stream, a total of 14 different stations were identified. The coordinates and altitude information for the designated stations are provided in Table 1. July is selected for sampling due to the high biological activity and for collecting mature multivoltine macrobenthos specimens. Sampling was also conducted in September due to the onset of rainfall at the end of the summer drought and the subsequent rise in water levels.

Various methods were used during sample collection. For instance, organisms living in areas with dense aquatic plants were collected using scoop nets and sieves, while in shallow and stagnant areas, the Surber Sampler along with the kick-sampling method was used. Samples from large stones in the water were collected by quickly removing samples from the surface of the stone using fine-tipped forceps. The macrobenthic samples collected from each station were sieved through sieves with different mesh sizes (0.5 mm, 1 mm, and 2 mm) to allow separation based on their sizes (Hauer & Lamberti, 2011). They were then transferred to falcon tubes and eppendorf tubes of different sizes and

brought to the laboratory for fixation in 70% ethanol and subsequent identification. The collected samples were identified using a Leica MZ12.5 stereo microscope, and photographs of the samples were taken with a Leica DMC 2900 camera attached to the stereo microscope.

The families identified from the sampling areas were subjected to four different biotic indices, and the data were interpreted using t-tests and correlation analysis with the SPSS-2021 program.

During the diagnosis of the samples, literature sources such as Elliot (1988), Friday (1988), Bouchard (2004), Smith (1989), Gürlek (2019), Gürlek (2009), Macan (1976), Savage (1990), Sağlam (2004), Neesemann & Neubert (1999), Dobson (2013), Soltesz (1996), and (Holzenthal, et al., 2007) were consulted.

Table 1. Coordinates and altitude information of the sampling areas.

Station	Location Name	Geographic Coordinates (N, E)	Altitude a.s.l (m)
1	Susurluk Stream	39°36'31.62"N, 28°5'14.55"E	40m
2	Susurluk Stream	39°48'49.56"N, 28°10'49.12"E	33m
3	Susurluk Stream	39°51'53.11"N, 28°9'36.06"E	50m
4	Susurluk Stream	39°53'32.84"N, 28°9'36.06"E	48m
5	Susurluk Stream	39°55'3.36"N, 28°9'56.79"E	59m
6	Çapraz Çay Stream	39°59'32.92"N, 28°10'35.61"E	30m
7	Çapraz Çay Stream	40°3'16.56"N, 28°11'58.11"E	16m
8	Çapraz Çay Stream	40°11'48.42"N, 28°21'43.21"E	24m
9	Çapraz Çay Stream	40°12'18.95"N, 28°25'59.15"E	10m
10	Çapraz Çay Stream	40°16'43.07"N, 28°25'5.41"E	19m
11	Çapraz Çay Stream	40°18'16.95"N, 28°26'51.95"E	15m
12	Çapraz Çay Stream	40°20'23.02"N, 28°28'3.36"E	10m
13	Karadere Stream	40°8'2.96"N, 28°7'43.78"E	20m
14	Karadere Stream	40°7'50.20"N, 28°2'56.20"E	17m



Figure 1. Locations of all stations on the map.

3. RESULTS

During field studies conducted in July and September 2021, a total of 37 benthic macroinvertebrate families were detected in Susurluk Stream, Karadere and Çapraz Stream. These families include Erpobdellidae, Glossiphonidae, Unionidae, Hydrobidae, Lymnaeidae, Melanopsidae, Physidae, Planorbidae, Viviparidae, Asellidae, Gammaridae, Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Cordulegasteridae, Gomphidae, Libellulidae, Corixidae, Gerridae, Hydrometridae, Mesovelidae, Naucoridae, Nepidae, Pleidae, Curculionidae, Dytiscidae, Haliplidae, Hydrophilidae, Hygrobidae, Noteridae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Sciomyzidae, Simuliidae, Stratiomyidae, and Hydropsychidae. The class most represented with identified families was Insecta according to the diagnoses.

As a result of field studies, 37 families belonging to 15 taxa were identified at 14 different stations. Four different biotic indices were applied to the identified families. The index results are provided in Table 2. The lowest and highest values obtained from the station are indicated in bold.

Table 2. The index results obtained from the stations.

		BMWP(Orijinal)	BMWP(Turkish)	BMWP(Spanish)	ASPT
Station 1	1 st period	-	-	-	-
	2 nd period	13*	9*	9*	6,5*
Station 2	1st period	59	49	50	4,5
	2nd period	34	31	33	4,25
Station 3	1st period	44	42	37	4,8*
	2nd period	15	15	15	3,75
Station 4	1st period	32	33	28	4,0
	2nd period	40	42	35	5,0
Station 5	1st period	31*	31*	26*	4,4
	2nd period	31	29	29	3,8
Station 6	1st period	49	45	48	4,4
	2nd period	20	26	26	4,0
Station 7	1st period	41	35	35	4,5
	2nd period	46	30	40	5,1
Station 8	1st period	40	37	33	4,4
	2nd period	28	30	27	4,0
Station 9	1st period	63*	54	45	4,5
	2nd period	64*	63*	49*	4,5
Station 10	1st period	33	31*	28	4,1
	2nd period	42	44	43	4,6
Station 11	1st period	45	45	42	4,09*
	2nd period	31	26	29	3,8
Station 12	1st period	58	59*	46	4,4
	2nd period	16	26	21	3,2*
Station 13	1st period	59	52	52*	4,2
	2nd period	25	21	21	4,1
Station 14	1st period	61	51	50	4,6
	2nd period	17	12	11	4,25



Figure 2. Families detected during the study.; a) Erpobdellidae, b) Glossiphonidae, c) Unionidae, d) Hydrobidae, e) Lymnaeidae, f) Melanopsidae, g) Physidae, h) Planorbidae.

Figure 3. Families detected during the study; a) Viviparidae, b) Asellidae, c) Gammaridae, d) Baetidae, e) Caenidae, f) Calopterygidae, g) Coenagrionidae, h) Cordulegasteridae.

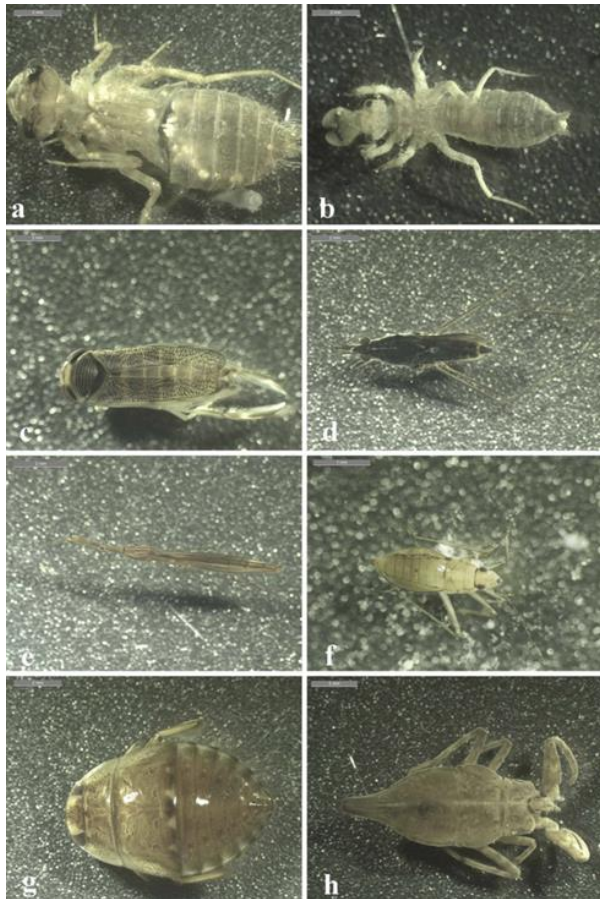


Figure 4. Families detected during the study; a) Gompidae, b) Libellulidae, c) Corixidae, d) Gerridae, e) Hydrometridae, f) Mesovelidae, g) Naucoridae, h) Nepidae.

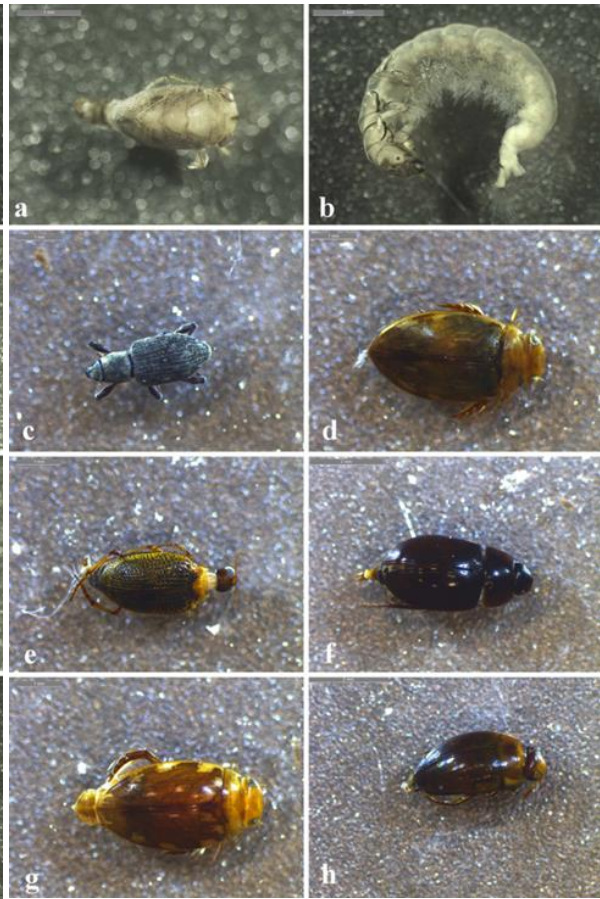


Figure 5. Families detected during the study; a) Pleidae, b) Hydropsychidae, c) Curculionidae, d) Dytiscidae, e) Haliplidae, f) Hydrophilidae, g) Hygrobidae, h) Noteridae.



Figure 6. Families detected during the study; a) Ceratopogonidae (pupa), b) Chironomidae, c) Sciomyzidae, d) Simuliidae, e) Stratiomyidae.

The percentage ratios of all identified orders resulting from the field studies are provided below (Figure 7). The order represented by the highest number of families (7 families) at the designated sampling points is Hemiptera, followed by Coleoptera and Gastropoda with 6 families each. The data related to water quality parameters from the index studies conducted in a total of 14 stations during the first and second periods are presented in Table 2.

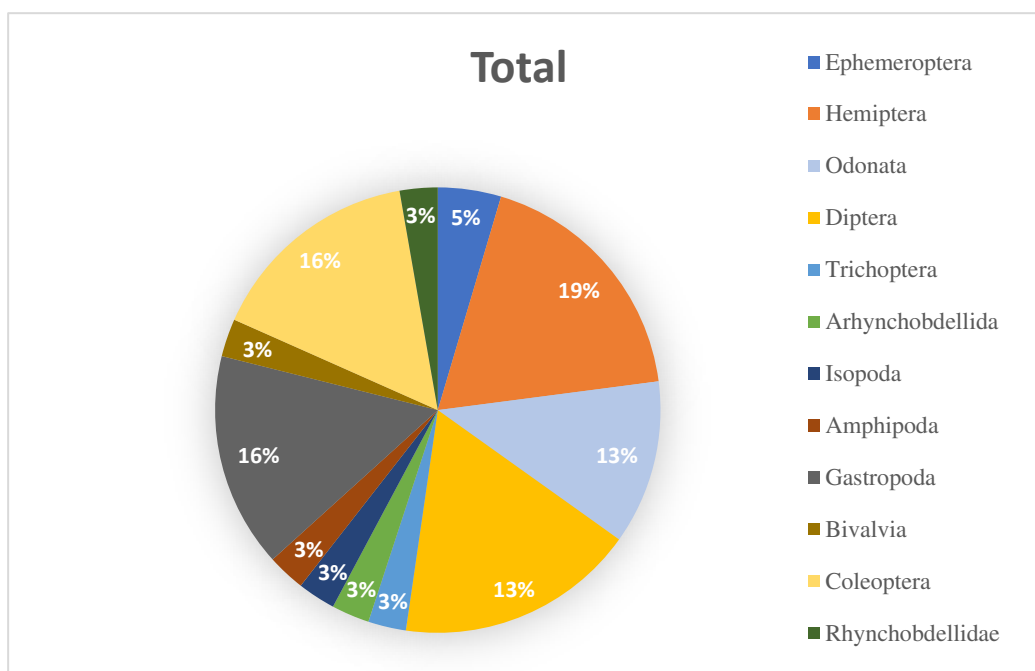


Figure 7. Percentage dominance of all orders detected during the first and second sampling periods.

Table 3. Water quality classes of the stations.

		BMWP (Original)	BMWP (Turkish)	BMWP (Spanish)	ASPT
Station 1	1 st period	-	-	-	-
	2 nd period	Very poor	Very poor	Very poor	Very good
Station 2	1st period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Poor	Poor	Poor	Moderate
Station 3	1st period	Poor	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Very poor	Poor	Very poor	Poor
Station 4	1st period	Poor	Poor	Poor	Moderate
	2nd period	Poor	Moderate	Poor	Good
Station 5	1st period	Poor	Poor	Poor	Moderate
	2nd period	Poor	Poor	Poor	Poor
Station 6	1st period	Poor	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Very poor	Poor	Poor	Moderate
Station 7	1st period	Poor	Poor	Poor	Moderate
	2nd period	Poor	Poor	Moderate	Good
Station 8	1st period	Poor	Poor	Poor	Moderate
	2nd period	Poor	Poor	Poor	Moderate
Station 9	1st period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
Station 10	1st period	Poor	Poor	Poor	Moderate
	2nd period	Poor	Moderate	Moderate	Moderate
Station 11	1st period	Poor	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Poor	Poor	Poor	Poor
Station 12	1st period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Very poor	Poor	Poor	Poor
Station 13	1st period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Very poor	Poor	Poor	Moderate
Station 14	1st period	Moderate	Moderate	Moderate	Moderate
	2nd period	Very poor	Poor	Very poor	Moderate

During the sampling period, no samples could be obtained from Station 1. This station, located on the Susurluk River, has been significantly exposed to pollutants due to its location. The waste discharged into the river by nearby livestock farms is one of the major factors causing a decrease in the abundance of macrobenthos populations in the environment and even complete disappearance during discharge periods.

The results of the t-test and correlation analysis applied to the data are presented in Table 4 and 5.

Table 4. Independent Samples Test.

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
BMWPORIGINAL	Equal variances assumed	,133	,719	2,325	26	,028	13,786	5,929	1,598	25,974
	Equal variances not assumed			2,325	25,337	,028	13,786	5,929	1,582	25,989
BMWPTURKISH	Equal variances assumed	,090	,767	2,111	26	,045	11,429	5,413	,302	22,555
	Equal variances not assumed			2,111	25,934	,045	11,429	5,413	,301	22,556
BMWSPANISH	Equal variances assumed	,183	,672	1,932	26	,064	9,429	4,879	-,601	19,458
	Equal variances not assumed			1,932	25,303	,065	9,429	4,879	-,614	19,471
ASPT	Equal variances assumed	,005	,942	-,739	26	,467	-,283	,383	-1,070	,504
	Equal variances not assumed			-,739	22,754	,468	-,283	,383	-1,076	,510

Table 5. Correlation Analyzes.

		BMWPORIGINAL	BMWPTURKISH	BMWSPANISH	ASPT
BMWPORIGINAL	Pearson Correlation	1	,936**	,952**	,604**
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,001
	N	26	26	26	26
BMWPTURKISH	Pearson Correlation	,936**	1	,925**	,471*
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,015
	N	26	26	26	26
BMWSPANISH	Pearson Correlation	,952**	,925**	1	,540**
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,004
	N	26	26	26	26
ASPT	Pearson Correlation	,604**	,471*	,540**	1
	Sig. (2-tailed)	,001	,015	,004	
	N	26	26	26	26

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

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

4. DISCUSSION

Today, the rapidly increasing industrialization in Susurluk Stream and its surroundings, the proximity of agricultural areas to the Stream, the spillage of agricultural pesticides into the stream directly or through groundwater, the proximity of some parts of the Susurluk Stream to the highway, domestic pollutants, the local people's use of the stream and its surroundings for recreational purposes, and the unconscious pollution left behind are the main causes of pollution. The waste left behind is the

most important factor that has caused the pollution in the Susurluk stream to seriously increase in recent years.

Similar to many other macrobenthic invertebrate studies conducted in our country, Insecta was identified as the class with the highest number of individuals in this study, as reported in previous works (İmamoğlu, 2000), (Yorulmaz, et al., 2003), (Kalyoncu, 2005), (Baydar, 2020), (Ertaş, et al., 2021), (Kılçık & Tekin Özcan, 2024).

When the dominance values of benthic macroinvertebrates were examined according to stations, the Physidae family was the most dominant family with rates of 33%, 46%, 50%, 40% and 29%, respectively, in the 3rd, 4th, 6th, 8th and 9th stations in the 1st sampling period; during the 2nd sampling period, the Baetidae family was the most dominant family with rates of 65%, 79%, 47%, 55% and 33% at the 2nd, 3rd, 4th, 5th and 9th stations, respectively.

In the first sampling period, no samples were obtained from the 1st station. This station on the Susurluk Stream has been exposed to significant pollutants due to its location. The discharge of waste from the livestock farms near the station is one of the major factors causing the disappearance of life in the environment. In the second sampling period, a total of 46 individuals were identified, and these individuals belonged only to the Dytiscidae and Hydrophilidae families. The dense algal growth present at the station during the first sampling period has transformed into a livable environment through auto-remediation in the second sampling period.

5. CONCLUSION

All field studies revealed that the 1st station had the least number of samples collected. This result highlights the pollution level at the station. The results of the BMWP indices also support this pollution. However, according to the ASPT index result, the station is considered to be very good in terms of pollution. The exceptionally good ASPT index result is thought to be due to the detection of only two families at the station. Since the ASPT index is obtained by dividing the BMWP score by the number of families at the station, the value turned out to be high due to the detection of only two families, leading to a conclusion of very good water quality in terms of pollution. In stations with a low number of families like this, it is believed that the ASPT index may not work accurately, and other indices should also be considered.

In a general sense, when all stations are examined, the study results indicate that the dominant organisms are Gastropoda, Odonata, and Isopoda. In many stations, pollution levels in the second sampling period are worse compared to the results of the first sampling period. The variation between the two periods, influenced by a decrease in the number of organisms and families in the polluted environment, indirectly affects the score values, reflecting on the results of biotic indices. Additionally, the absence of some families obtained in the second sampling period from the BMWP score table is also a significant factor contributing to this conclusion.

When the samples taken from the Susurluk Stream are evaluated, it is observed that there are differences between the stations, but the overall water quality is deemed POOR. The discrepancy arises in the ASPT index results at the 2nd station of the Susurluk Stream, where the first period's result is good and the second period's result is very good, contradicting with the other index results. Since the ASPT index is obtained by dividing the BMWP value by the number of families, it is believed that the scarcity of families has influenced this result.

The stations 6 to 12 on the Çapraz Stream, similar to the Susurluk Stream, can be characterized as having POOR water quality. In some stations where the pollution level is determined to be MODERATE, the observation of families not included in the index tables and not taken into account is thought to lead to different results. Additionally, the proximity of sampling points on the Çapraz Stream to residential areas and the poor use of recreational areas in the vicinity can be said to have a significant impact on the results obtained.

At the 13th and 14th stations on the Karadere Stream, the significant difference in water quality between the two periods is attributed to the lower number of families sampled during the second sampling period. While a total of 29 different families were identified during the first sampling period from both stations, only 10 different families were identified during the second sampling period. It is believed that the decrease in the number of organisms in the polluted environment has affected the score values and is reflected in the biotic index results.

All these studies indicate that the three different biotic indices used (BMWP Original, SpBMWP, TrBMWP) do not yield entirely identical results, demonstrating that the indices do not fully support each other. The discrepancies may also be attributed to the absence of some families obtained from the stations in the BMWP original index table, contributing to these conclusions.

BMWP Original (t:2.325, $p<0.05$) and BMWP Turkish (t: 2.111, $p<0.05$) indices show a statistically significant difference as their Significant values are less than 0.05. However, BMWP Spanish (t: 1.932, $p>0.05$) and ASPT (t: -0.739, $p>0.05$) indices do not exhibit a statistically significant difference since their Significant values are greater than 0.05.

The correlation test indicates that the BMWP Original index is associated with the other indices. BMWP Original index shows positive correlations with BMWP Turkish at 0.936, with BMWP Spanish at 0.952, and with ASPT at 0.604, all with a 99% confidence interval (<0.001) for each. BMWP Turkish index is correlated with BMWP Spanish at 0.925 and with ASPT at 0.471, with a 99% confidence interval (<0.01) for Spanish and 95% (<0.05) for ASPT. A positive correlation of 0.540 is found between BMWP Spanish and ASPT indices, with a 99% confidence interval (<0.01).

Numerically, an increase in the score value suggests an increase in the other indices. It is believed that BMWP Original, BMWP Turkish, and BMWP Spanish indices are derivatives of each other, with a 99% confidence interval. The narrower 95% confidence interval between BMWP Turkish and ASPT indices suggests that the BMWP Turkish index might have been determined within a limited range and could have areas for further development.

When the results of the study are evaluated, it becomes evident how crucial it is to have a new index for Türkiye and to create a comprehensive score table covering the Turkish limnofauna. The similarity in water qualities of all stations, except for a few, according to the BMWP Turkish and Spanish results, suggests that the Spanish version of the BMWP index can also be utilized in biotic index studies conducted in Türkiye.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study is derived from a master's thesis prepared under the supervision of the second author by the first author.

FUNDING

No financial support was received for the present study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Literature: BÖ; Methodology: NE; Data analysis: BÖ; Manuscript writing: NE, BÖ; Supervision: NE. All authors approved the final draft.

ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data supporting the findings of the present study are available in the supplementary material to this article.

REFERENCES

- Alba-Tercedor, J and Sánchez-Ortega, A. (1978). Un Método Rápido Y Simple Para Evaluar La Calidad Biológica De Las Aguas Corrientes Basado En El De Hellawell. *Limnética*, 4, 51-56.
- Akay, E. (2015). *Yalakdere (Yalova) Bentik Makroomurgasızların Biyolojik Su Kalitesinin Değerlendirilmesinde Kullanılması*. [Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi].
- Atıf, S. (2020). *Mustafa Kemal Paşa Çayının Bentik Omurgasız Faunası ve Kirlilik İlişkisinin Belirlenmesi*. [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi].
- Bahçeçi, H. (2019). Ekosistem esaslı su kalitesi yönetimi, Bölüm 3. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Baydar, t. (2020). *Büyük Menderes Nehri Su Kalitesinin Bentik Makroomurgasız Fauna Çeşitliliği Kullanılarak Tahmini*. [Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi].
- Bouchard, R. W. (2004). Guided to aquatic macroinvertebrates of the upper midwest. Water Resources Center. University of Minnesota. 280 pp.
- Çınar, Ö. (2008). *Çevre Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: Nobel.
- Dobson, M. (2013). Family-Level Keys to Freshwater Fly (Diptera) Larvae: A Brief Review and a Key to European Families Avoiding use of Mouthpart Characters. *Freshwater Reviews*. 6(1):1-32
- Dönmez, A. E., Yılmaz, D. (2015). Sucul Ortamlarda Biyoindikatör ve Biyobelirteçler. *Yunus Araştırma Bülteni* (3): 53-64.
- Elliot, J.M., Humpesch, U.M., and Macan, T.T., *Larvae of The British Ephemeroptera: A Key With Ekological Notes*, London, 1988, Freshwater Biological Association. 49: 145, 1988.
- Ertaş, A., Yaşartürk, M., Boz, T., Tüney Kızılkaya, İ. (2021). Evaluation of the Water Quality of Karabal Stream (Gediz River, Turkey) and Comparative Performance of the Used Indices. *Acta Aquatica Turcica*, 17(3), 334-349.
- Friday, L.E. 1988. 'A key to the adults of British water beetles', *Field Stud.*, 7, 1– 151.
- Gürkan, Ü., & Tekin-Özan, S. (2012). Susurluk Çayı (Bursa-Balıkesir)'ndaki Tatlı Su Kefali (*Squalius cephalus* L.)'nin Helminth Faunası. *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 7(2), 77-85.
- Gürlek, M. E., Şahin, S. K., Dökümcü, N., Yıldırım, M. Z. (2019). Checklist of the freshwater mollusca of Turkey (Mollusca: Gastropoda, Bivalvia). *Fresenius Environmental Bulletin*. 28(4). 2992-3013
- Gürlek, M. E., (2009). *Kahramanmaraş bölgesi Tatlularındaki Mollusca türleri üzerine faunistik bir çalışma*. [Yüksek Lisans Tezi, Sütçü İmam Üniversitesi].
- Hauer, F. R., & Lamberti, G. A. (Eds.). (2011). "Methods in Stream Ecology" Academic press.
- Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L., Kjer, K. M. (2007). Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*, 639-698 pp.
- İmamoğlu, A. (2000). Makrobentik Omurgasız Fauna Çalışmalarında Insecta'nın Baskın Sınıf Olarak Belirlenmesi. *Su Biyolojisi Dergisi*, 25(3), 123-145.
- Kalyoncu, H. (2005). Arazi Çalışmalarında Belirlenen Makrobentik Omurgasız Familyalarının Sınıflandırılması. *Su Ekosistemleri Dergisi*, 18(4), 210-230.
- Kazancı, N., Türkmen, G., Başören, Ö., Ekingen, P. (2016). TR-BMWP (Turkish-BMWP) biotic index. *Review of Hydrobiology*, 9(2), 147-151.
- Kılçık, F., & Tekin Özan, S. (2024). Macrozoobenthic Fauna of Demre Stream (Antalya, Türkiye). *Acta Aquatica Turcica*, 20(1), 33-47. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1295334>

- Macan, T. T. (1976). A Key to British Water Bugs (Hemiptera- Heteroptera).
- Metcalfe, J. (1989) Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. *Environmental Pollution*, 60, 101-139
- Nesemann, H. & E. Neubert (1999): Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea.- In: Schwoerbel, J. & P. Zwick (eds): Süßwasserfauna von Mitteleuropa 6/2, 187.
- Sağlam, N. (2004). Tathı Su ve Deniz Sülükleri Tam Anahtarı. *Elazığ: Fırat Üniversitesi Basım Evi*.
- Savage, A.A. (1990). A key to the adult of British Lesser Water Boatmen (Corixidae). *Field Studies* 7, 485-515.
- Soltész, K. (1996). *Identifications key to Northeastern Anisoptera Larvae*. Center for Conservation and Biodiversity. University of Connecticut. 1-47 pp.
- Yorulmaz, B., Barlas, M., Özdemir, N., Yılmaz, F., 2003. Dalaman Çayı (Muğla)'nın Su Kalitesinin Biyolojik Olarak Değerlendirilmesi. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu.
-

Fungus Infections in Fish

Balıklarda Görülen Mantar Enfeksiyonları

Volkan Kaydu^{1*}, Banu Yardımcı¹

¹Ondokuz Mayıs University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Aquatic Animal Diseases, Samsun-TÜRKİYE

*Corresponding author: volkankaydu@gmail.com

Received: 20.09.2023

Accepted: 04.01.2024

Published: 01.09.2024

How to Cite: Kaydu, V., & Yardımcı, B. (2024). Fungus infections in fish. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 256-266. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1363489>

Abstract: Many factors such as bacteria, viruses, parasites and fungi can cause infections in fish. Fungal infections are often overlooked because they are secondary to other infections. However, these infections can cause serious economic losses as they cause problems such as mortality, growth retardation, deformed appearance due to lesions on the skin, and negatively affect hatching rates, especially in farmed fish. In addition, it can cause infections in aquarium fish and the same findings can be seen in them. This article reviews the classification, aetiology, epidemiology, clinical and pathological findings, possible diagnosis, treatment and prevention of fungal infections in fish.

Keywords

- Oomycetes
- Chytridiomycetes
- Zygomycetes
- Deuteromycotina

Özet: Bakteri, virüs, parazit ve mantar gibi birçok etken balıklarda enfeksiyonlara neden olabilmektedir. Mantar enfeksiyonları, genellikle diğer enfeksiyonları takiben sekonder olarak ortaya çıktığı için gözden kaçabilmektedir. Ancak bu enfeksiyonlar özellikle yetiştiriciliği yapılan balıklarda ölüm, gelişme geriliği, deride meydana gelen lezyonlara bağlı dış görünümde deformasyonlar gibi sorunlara yol açması ve yumurtadan çıkış oranlarını da olumsuz yönde etkilemesinden dolayı ciddi ekonomik kayıplara neden olabilmektedir. Bunların yanı sıra akvaryum balıklarında da enfeksiyonlara neden olabilmekte ve aynı bulgulara onlarda da karşılaşılabilmektedir. Bu makalede balıklarda görülen mantar enfeksiyonları sınıflandırılmış, etiyoloji, epidemiyoloji, klinik ve patolojik bulguları ile olası tanı, tedavi ve koruma yöntemleri derlenmiştir.

Anahtar kelimeler

- Oomycetes
- Chytridiomycetes
- Zygomycetes
- Deuteromycotina

1. INTRODUCTION

In underdeveloped or developing countries such as Türkiye, changes in nutrition and consumption habits are inevitable depending on financial resources and herbal products are used instead of relatively expensive animal products. On the other hand, in developed countries, animal protein consumption is higher than vegetable protein consumption. To increase animal protein production in Türkiye, abundant water resources and fish production in these water resources are important (Sarıözkan, 2016).

Fungal diseases cause the highest economic losses in aquaculture after bacterial diseases (Ramaiah, 2006). Mortality rate of incubated eggs due to fungal infection can reach 80-100% (Chukanhom & Hatai, 2004). Siddique et al. (2009) examined a total of 2097 fish samples of 300 species in Bangladesh for the presence of fungal infections and found that 13.40% of cultured fish and 15.19% of wild fish were infected.



Aquatic animals, like other vertebrates, are susceptible to various pathogenic organisms, which encompass fungi (Khoo, 2000). However, the first fungal infection among vertebrates was reported as saprolegniasis in roach (*Rutilus rutilus*) in 1748 (Ainsworth, 2002).

Fungal infections in fish usually occur as secondary infections due to factors such as water quality problems (low pH, temperature, water contaminated organic matter), poor condition, trauma, high stock density, poor nutritional status, stress, dead fish, bacterial diseases and parasite infestations. However, fungal pathogens of high pathogenicity can also be the primary cause of disease. Fungal infections can be divided into external and internal (systemic) fungal infections. It has been observed that external fungal agents infect fertilized eggs and cause larval deaths and economic losses. Some fungal species are also known to proliferate in poorly stored feed, produce mycotoxins and cause toxicity (Yanong, 2003; Patel et al., 2018; Sarkar et al., 2022).

The aim of this study was to compile the information on fungal infections in fish and to contribute to the literature in this field.

2. FUNGI AND FUNGAL INFECTIONS

A vast majority of fungal organisms exhibit eukaryotic characteristics and exist as multicellular entities. They possess filamentous structures known as hyphae, which exhibit apical growth from their tips and rely entirely on heterotrophic nutrition. Most fungal species reproduce sexually and asexually via spores (Yanong, 2003). Fungi are categorized according to their life cycle, the structure of their hyphae, their reproductive components, and the spores they generate. These organisms lack the capacity to synthesize their own sustenance and can be categorized as either saprophytes, relying on deceased organic material, or parasites, which infect living organisms to obtain nutrients. It is worth noting that the majority of fungi exhibit a facultative parasitic or saprophytic lifestyle rather than an obligate one (Khoo, 2000). Hyphae play a pivotal role in enabling the expansive expansion of saprophytic and pathogenic organisms, aiding in the extensive transport within symbiotic mycorrhizal fungi, and serving as the foundational framework for the formation of multicellular reproductive structures through their aggregation (Howard & Gow, 2007).

There are three classes in the taxonomic classification of fungal pathogens. These are the classes Oomycetes, Chytridiomycetes and Zygomycetes. Species in the class Oomycetes produce motile bicellular spores. Asexual reproduction occurs through zoospores produced in the zoosporangium and this plays an important role in spread. Sexual reproduction, which occurs by fusion of two gametes to form oospores, gives its name to the class Oomycetes. Hyphae of the species in the Oomycetes class are aseptate (Roberts, 2012). Chytridiomycetes and Zygomycetes cells are coenocytic and there is no distinction between individual cells, filaments are long and tubular, the cytoplasm is lined and there is a large vacuole in the center. In the class Chytridiomycetes these unicellular organisms have hyphae branching into rhizoids and produce flagellated gametes. In the class Zygomycetes these organisms have branched mycelium and produce thick-walled spores in round spore cases called zygospores. They can reproduce sexually or asexually (McConnaughey, 2007). In addition to these, the classification also includes the Deuteromycotina (*Fungi imperfecti*) group, which consists of fungal species that share the characteristic of lacking a sexual phase. Although there are different studies conducted so far in the classification of fungal agents, the classification made by Roberts (2012) is valid. According to this classification; Saprolegnia, Achlya, Aphanomyces and Branchiomyces genera are included in Oomycetes class; Dermocystidium genus is included in Chytridiomycetes class; Ichthyophonus and Basidiobolus genera are included in Zygomycetes class (Roberts, 2012).

2.1. Oomycetes

Oomycetes are commonly known as water moulds. As such, they are multicellular and absorb nutrients through extracellular digestion. Oomycetes can infect all freshwater fish in the world. Therefore, they are thought to be primarily responsible for the decline of natural populations of salmonids and other freshwater fish. Oomycetes are classic saprophytic opportunists that growing in physically injured, stressed or infected fish. They are usually secondary pathogens resulting from bacterial infections, parasitic infestations, immunosuppression and poor husbandry conditions. However, there are also reports of oomycetes as primary pathogens (Woo et al., 2006). Stueland et al. (2005) stated that Saprolegnia species are the primary cause of disease in Atlantic salmon (*Salmo*

salar L.) and revealed their morphological and physiological characteristics. On the other hand, Yardımcı and Turgay (2020) reported *Saprolegnia* sp. and *Aeromonas sobria* as coinfection in rainbow trout fingerlings (*Oncorhynchus mykiss*).

The taxonomic classification of oomycetes involves three distinct subclasses, namely Saprolegniomycetidae, Hypidiomycetidae, and Peronosporomycetidae. It is noteworthy that the majority of fish-pathogenic oomycetes belong to the subclass Saprolegniomycetidae. This subclass includes the orders Saprolegniales and Leptomitales (Roberts, 2012).

2.1.1. Saprolegniales and Saprolegniaceae

Saprolegnia, *Achlya* and *Aphanomyces* are the major genera in the family Saprolegniales. The taxonomy of the members of this family is complex, but the relationships between them are becoming clearer with the use of molecular methods. Saprolegniaceae are water moulds with numerous branching mycelia that look like cotton wool tufts in water (Roberts, 2012).

2.1.1.1. Saprolegniasis

Saprolegniasis stands as the prevalent and economically significant fungal ailment. Alternatively termed winter fungus or winter kill syndrome, this condition is instigated by organisms belonging to the *Saprolegnia* genus within the Oomycete family. *Saprolegnia* is known to have about 14 genera and 126 to 146 species. The most common species are reported to be *Saprolegnia parasitica* and *Saprolegnia invaderis* (Özcan & Arserim, 2022).

Saprolegniasis occurs when water temperatures drop below 15°C, especially when the water temperature drops rapidly due to cold air. The disease can be caused by immunosuppression due to rapid temperature drop, high ammonia levels in the water and stress. Morbidity and mortality increase with the amount of skin and gill tissue affected. In acute infections, fish usually die within a few days or recover within a few weeks (Noga, 2010).

Clinically, the skin shows lesions consisting of grey-white foci caused by fungal spores and cotton-like structures extending outwards from the body. Tissue necrosis occurs as the fungal mycelia grow not only outside the skin but also into the subcutaneous and muscle layers. In some cases, the starting point of infection is the digestive system. In these infections, the hyphae that develop in the stomach grow outwards by penetrating the stomach wall, muscle layer and skin. In such cases, lesions with mycelia are seen in the ventral region of the fish (Öge & Öge, 2020).

Histopathological examination of salmonids infected with *Saprolegnia* spp. during the initial phases of infection shows degenerative changes in the epidermis and dermis. In more advanced cases, deep myofibrillar and focal cellular necrosis, spongiosis, acute cellular swelling and eventual sloughing of the epidermis may be observed. The pathogen may spread from the focus of infection, destroying more of the epidermis, and hyphae may penetrate the basement membrane. Sometimes growth may continue into the hypodermis and muscles, and hyphae may penetrate blood vessels, causing thrombosis (Bruno et al., 2011).

Various techniques can be used to identify *Saprolegnia* species. General identification can be made by microscopic examination of asexual sporangia and zoospore shedding. Species identification is made by examination of sexual structures, oogonia, oospores and antheridia. As many isolates do not form sexual structures in vitro and information on them is inadequate, identification to species level is often difficult or impossible. This has led to the development of molecular identification methods that provide new insights into oomycete classification (Lone & Manohar, 2018). The most frequently employed technique for identification is the sequencing of the internal transcribed spacer (ITS) region. This contains the highly conserved region 18S and 28S rDNA sequence. It is approximately 700 bp long in *Saprolegnia* species and is considered very suitable for intraspecific analysis (Van Den Berg et al., 2013).

In 2002, following the worldwide ban on the use of malachite green in animals for human consumption due to its carcinogenic and toxic effects, research was conducted to find new treatment methods. Currently, there are several alternative treatments used in fish farms to treat *Saprolegnia* in eggs and fish (Barde et al., 2020). Gormez and Diler (2014) evaluated the chemical composition and antifungal activity of three Lamiaceae species, black thyme (*Thymbra spicata* L.), oregano (*Origanum onites* L.) and savory (*Satureja thymbra* L.) essential oils against *Saprolegnia parasitica* and showed positive results. In another study, Metin et al. (2015) evaluated the chemical composition and

antifungal properties (in vitro and in vivo) of thyme (*Satureja cuneifolia*) essential oils obtained from the Mediterranean region of Türkiye against *Saprolegnia parasitica* strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) eggs for the first time and positive results were obtained. The best known products for treatment purposes are bronopol, formalin, hydrogen peroxide and iodine-free salt (Barde et al., 2020).

2.1.1.2. *Achlya* spp.

Within freshwater ecosystems, the genus *Achlya*, a regular constituent of the fungal population, is situated within the Saprolegniaceae family. Incidences of *Achlya* species are frequently documented in association with fish and fish eggs. *Achlya* infections usually occur as secondary infections due to mechanical injury to fish or non-fungal infections (Kitancharoen et al., 1995).

Infected fish show clinical signs of fungal infection with deformed dorsal fins, darkening of colour, skin erosion and formation of a yellowish-brown cottony mass on the skin of the caudal peduncle. In some areas the scales are exfoliated and the muscles are exposed due to these lesions. These symptoms indicate chronic infection (Peyghan et al., 2019). In infected fish, the disease is characterised by surface swimming and stagnation (Khulbe et al., 1994).

Histopathological examination of the skin shows varying degrees of erosion and ulceration in the dermis and hypodermis. Epidermal and dermal cells show vacuolar degeneration and focal necrosis, focal aggregation of melanomacrophage cells in the dermis and hypodermis, and necrosis containing fragments of fungal hyphae. Muscle fibrils exhibit distinct features, including vacuolation, granulomatous inflammation, necrotic tissue, and the infiltration of inflammatory cells. Furthermore, variable-length fungal hyphae are discernible within the muscle tissue (Chauhan et al., 2013).

2.1.1.3. *Aphanomyces* spp.

Aphanomyces invadans, the only truly clonal species of *Aphanomyces*, is the causative agent responsible for the most significant fish outbreaks of modern times. It receives reinforcement from secondary pathogens, which encompass other oomycetes, fungi, bacteria, and parasites (Roberts, 2012). Epizootic ulcerative syndrome (EUS) is a disease that affects both wild and farmed fish in freshwater and estuarine environments (Oidtmann, 2012). Its initial description dates back to the year 1971 in Japan (Egusa & Masuda, 1971). In various geographical regions, EUS is recognized under different aliases. For instance, it goes by the name red spot disease (RSD) in Australia (Callinan et al., 1989), mycotic granulomatosis (MG) in Japan (Hatai et al., 1977), and ulcerative mycosis (UM) in the USA (Noga & Dykstra, 1986).

Aphanomyces invadans infections in fish begin with the attachment of motile zoospores to the skin surface. These organisms produce germ tubes that invade the damaged skin, with their hyphae delving deeply into the subcutaneous tissue, causing extensive ulceration and tissue damage (OIE & OIE, 2009).

In the early stages, lesions typically present as haemorrhagic bullae accompanied by small ulcerated areas along the lateral surface. Fish with mild infections show mild inflammation with petechial haemorrhages on the body, mouth, anal fin and exophthalmos in the eyes. In severe cases, deep ulcers with enlarged haemorrhagic areas, widespread inflammation and myotome necrosis may be seen. These ulcers initially appear as whitish patches with central reddish areas on the fish's skin, eventually turning into completely red areas. As the disease progresses, the severity of the exophthalmos increases, the body disintegrates and in some cases the head skin necroses (Iberahim et al., 2018). The precise reason for mortality remains elusive, although infection results in a considerable decline in blood hemoglobin and serum protein levels. In the presence of open lesions, opportunistic bacterial infections swiftly emerge and frequently serve as the ultimate factor contributing to fatality (Arshad & Arockiaraj, 2020).

From a histopathological perspective, *A. invadans* infection is distinguished by severe necrosis of the muscle tissue surrounding the invasive hyphae, eventually progressing into well-defined granulomas. Smaller non-invasive hyphae are often observed on the surface of the infection site. Hyphae in the process of migration are evident within the fascial layers and myofibrils, accompanied by myonecrosis. In instances of severe lesions, a significant influx of inflammatory cells is noted, leading to gill lamellae oedema and hyperplasia (Iberahim et al., 2018).

The use of wet mount, smear, electron microscopy or cytopathology is not sufficient to diagnose of *A. invadans* infection. Diagnosing *A. invadans* can be accomplished through histopathological examination, oomycete isolation, or the utilization of polymerase chain reaction (PCR). Determination of the growth rate, pathogenicity and sporangia morphology of the agent isolated from infected tissue is a more appropriate and more accurate method for species identification of *A. invadans*. The disadvantage of isolation is that it is time consuming and not always successful (Arshad & Arockiaraj, 2020).

EUS infection is transmitted horizontally between susceptible fish at an alarming rate. Following an outbreak in a river or canal, the pathogen is transported by EUS-infected fish to various locations downstream as the water courses along its path. At present, no efficient treatment method exists, but there are preventive measures that can be implemented to manage the dissemination of EUS. Of these, the most important precaution is to prevent infected river water from coming into contact with aquaculture farms. Adhering to quarantine procedures and health certificate requirements when transporting live fish across international borders is the primary approach for managing EUS (Lilley et al., 1998).

Within the genus *Aphanomyces*, there is also *Aphanomyces astaci*, which causes "crayfish plague", a disease characterised by mortality and growth retardation in Eurasian freshwater crayfish (Martin-Torrijos et al., 2023). In addition to freshwater crayfish, the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*), which also lives in freshwater, is a vector of crayfish plague and plays a role in the spread of the disease (Schrimpf et al., 2014).

2.1.1.4. *Branchiomyces* spp.

It is commonly accepted that there exist two species of *Branchiomyces*, both recognized solely as fungal agents affecting fish gill tissue. Among these two species, *Branchiomyces sanguinis* specifically inhabits the gill blood vessels, while *Branchiomyces demigrans* traverses the gill tissues to reach the surface (Roberts, 2012). *B. sanguinis* and *B. demigrans* species can be distinguished by differences in hyphae and spore diameter and their location in fish gills (Goodwin, 2012).

Branchiomycosis is found in carp, koi, eels, perch and many freshwater fish species and has a high mortality rate. It is an acute infection that can cause respiratory distress in fish. In aquaculture ponds, water temperature, organic matter content and high ammonia levels are the main critical factors affecting the course of the disease (Özcan & Arserim, 2022).

Branchiomycosis pathogens are transmitted horizontally between fish. Fungal spores in the water adhere to gill tissue, germinate and produce hyphae that penetrate the gill epithelium and blood vessels (Smith, 2019).

Tissues affected by branchiomycosis lose their bright red color due to circulation disorder. Necrotic tissue sloughs off, often leaving large areas where the gill arches are exposed. Infected fish are often immobile, show signs of anorexia, lose their balance and die (Meyer & Robinson, 1973).

Histologically, in fish afflicted with branchiomycosis, there is an observable hyperplasia of the lamellar epithelium, leading to the subsequent fusion of the gill lamellae. Vascular necrosis and, as a result, extensive tissue necrosis areas are seen as the fungal hyphae create thrombosis within the vessels. *B. demigrans* exhibits extensive proliferation beyond the vessel wall, forming a cluster of hyphae that infiltrate the necrotic tissue, while *B. sanguinis* does not display robust proliferation outside the blood vessels. Within 2 days of disease onset, up to 50% of the population may be infected with *Branchiomyces* organisms (Roberts, 2012).

Branchiomycosis can be diagnosed by wet mount or histopathological examination of infected tissue. Hyphae primarily infect the proximal gill lamellae, but if the crown of the gill is also affected, it can be examined for diagnostic purposes. Characteristic hyphae causing deep gill infection appear as diagnostic lesions (Noga, 2010).

There is no known treatment, but it is recommended to reduce the concentration of organic matter in the water and to reduce the water temperature below 20°C (Noga, 2010). Effective management is intricately associated with the quality of the water. Draining of ponds/drying of earthen ponds and liming of the pond are also recommended as control measures (Yanong, 2003).

2.2. Chytridiomycetes

2.2.1. Chytridiales

2.2.1.1. Dermocystidium

The taxonomic position of *Dermocystidium* is uncertain. It is a genus of unicellular parasites of fish and amphibians. These organisms have been classified as protozoa or lower fungi by various researchers. *Dermocystidium spp.* are usually found in fish, especially juveniles, and rarely in amphibians. They cause infections that result in fish mortality (Zhang & Wang, 2005).

The main *Dermocystidium* species are *Dermocystidium koi* and *Dermocystidium cyprini* in carp, *Dermocystidium macrophagi* in rainbow trout, *Dermocystidium percae* in sea bass, *Dermocystidium salmonis* in various salmonid species (Steckert et al., 2019).

Infected salmonids are easily identified by their ascites and abnormal behaviour. These fish are immobilised on the tank bottom or swim with difficulty (McVicar & Wootten, 1980). Systemic infections in salmonids, goldfish and tilapia show dense granuloma formation (Eli et al., 2011).

Histological examination reveals macrophage infiltration, fibrosis, diffuse cell necrosis, and a prominent fungal cyst formation (Bruno, 2001). In the gills, changes such as epithelial hyperplasia and fusion of the secondary lamellae are seen (Steckert et al., 2019).

2.3. Zygomycetes

2.3.1. Entomophthorales

2.3.1.1. *Ichthyophonus hoferi*

The initial isolation of *Ichthyophonus sp.* occurred in Germany, where it was obtained from brown trout (*Salmo trutta* L., 1758) and brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchill, 1815) by Hofer in 1893. Plehn and Mulsow (1911) identified the pathogen as a fungus and named it *Ichthyophonus hoferi*. *Ichthyophonus hoferi* is an obligate pathogen with a wide host spectrum including marine and freshwater fish worldwide (Franco-Sierra et al., 1997; LaDouceur et al., 2020). *I. hoferi* is an intercellular parasite and can be cultured in vitro (Spanggaard et al., 1996). *I. hoferi* infections occur in cold waters (3-20 °C) (Ganguly et al., 2016).

It is thought that the main route of transmission to carnivorous fish is the ingestion of infected fish. The mode of transmission to wild herbivorous fish is unclear. Experimentally, intraperitoneal injection of isolated fungal pathogens or feeding of feed contaminated with the pathogen resulted in the highest infection rates. There is no evidence for vertical transmission. The use of infected marine fish in the diet of farmed aquaculture fish is a source of infection (Smith, 2019).

Infected fish show stagnation, pale colour, irregular scales and extensive loss of scales on the body surface, erosions of the tail and pectoral fins. In necropsy, grayish white granular formations are observed in the internal organs, especially the heart and kidney (Öztürk et al., 2010).

In diagnosis, culture is considered the most sensitive detection technique, especially for low-intensity infections. PCR and qPCR, histology and imprint preparation are used alone or in combination with culture (Smith, 2019).

There is no known treatment. Contaminated feed should be avoided and pasteurised feed should be used. *Ichthyophonus* can render fillets unmarketable due to foul odour and poor muscle development. Infected fillets should be culled as infected fillets can contaminate normal fillets by contact (Noga, 2010).

2.3.1.2. *Basidiobolus*

The classification of *Basidiobolus* as a fish pathogen remains ambiguous. *Basidiobolus ranarum*, which also occurs in fish, is a fungal species regularly isolated from frog faeces. Another species, *Basidiobolus meristophorus*, has been associated with juvenile carp and their eggs (Roberts, 2012).

2.4. Deuteromycotina (*Fungi imperfecti*)

Fungi imperfecti are a group of fungal species characterised by the absence of a sexual (teleomorphic) stage. Many fish infections caused by these species have been described. Generally recognised as opportunistic pathogens, these infections are chronic, progressive and fatal when they occur. In cases of extensive infections within aquaculture, the resulting economic losses have the potential to be disastrous. A formal taxonomic system for categorizing the pathogens or infections within this unique grouping does not currently exist (Roberts, 2012).

2.4.1. Aspergillomycosis

Numerous members of the Moniliales exhibit pathogenic characteristics, and due to the challenges associated with identifying sexual stages in many of them, this group is commonly taxonomically classified within the Deuteromycotina (*Fungi imperfecti*). The name "Aspergillus" originates from the distinctive appearance of its aspergillum, akin to holy water brushes, and its spore heads a feature recognized by the priest Micheli (1729), who bestowed this name. Aspergillus species are widely distributed and primarily participate in saprophytic decomposition processes. The formation of aflatoxins, as by-products from Aspergillus's breakdown of fish feed, is responsible for aflatoxicosis in fish (Roberts, 2012).

Clinical findings in infected fish are abdominal bloating, darkening in color and lethargy. Necropsy of infected fish shows abundant fluid in the abdominal cavity and severe focal necrosis of the liver. Mortality varies at different growth stages and can be at least 20% of the population (Roberts, 2012).

2.4.2. Systemic Mycosis of Channel Catfish

In 1969, Fijan reported a condition marked by the presence of ulcers ranging from 2 to 15 mm in diameter, with depths reaching 5 mm on the skin. This ailment exhibited both hematogenous and localized spread in channel catfish, leading to adhesions within internal organs and peritonitis. Within the nodules, tubular, branched, septate hyphae that tested positive for PAS staining were identified, leading to the conclusion that the causative agent belonged to the Dematiaceae family. Intraperitoneal injection of fungal agents caused infection in channel catfish, white catfish and bluegill. The method facilitated the isolation and subsequent re-identification of the causative agent.

2.4.3. Cerebral Mycetoma

In 1967, Carmichael reported an epizootic disease termed cerebral mycetoma in cutthroat trout, induced by a Phialophora-like fungus. This pathogen was subsequently named *Exophiala salmonis*, and the associated lesions were characterized as chronic, non-suppurative granulomas containing numerous giant cells in the brain and cranial area. Meanwhile, in 1987, Langdon and McDonald documented an *Exophiala pisciphila* infection in Atlantic salmon, which led to substantial mortality. This infection involved hyphal invasion of the head, lateral region, and semicircular canals, resulting in diffuse granulomatous inflammation accompanied by cartilaginous necrosis.

2.4.4. Systemic *Phialophora* Infection

In their research on *Phialophora* infection in Atlantic salmon, Ellis et al. (1983) provided an exceptionally detailed account of systemic infection. This type of infection predominantly occurs during low water temperatures, notably in January. Affected fish show an accumulation of bloody, purulent fluid in the abdominal cavity, a distended kidney and, characteristically, a deflated swim bladder with petechial haemorrhages at the base of the fins and on the surface of the abdomen. A distinctive feature includes a collapsed swim bladder adorned with petechial hemorrhages at the fin bases and on the abdominal surface. Whitish masses, comprising densely clustered mycelium, were noted on the internal organs' surfaces, and hyphae were observed within the lumen of the collapsed swim bladder.

2.4.5. *Scolecobasidium humicola* Infection

For experimental purposes, Ross and Yasutake (1973) induced a systemic infection in coho salmon. Typically, the afflicted fish display abdominal distension accompanied by skin lesions. Common observations include ascites, adhesions, and gray areas within internal organs, particularly the kidneys. In natural outbreaks, the morbidity rate is relatively low. Colonies cultivated on Sabouraud dextrose agar exhibit an olive coloration and possess a powdery surface texture.

In 1946, Doty and Slater documented a *Heterosporium* species that posed a threat to Chinook salmon. While this genus is no longer considered taxonomically distinct, Ross and Yasutake (1973) proposed its resemblance to *Scolecobasidium* and suggested that it might be another species within this genus.

2.4.6. Sphaeropsidales Infection

Ross et al. (1975) isolated *Phoma herbarum*, typically known as a common plant saprophyte, from three distinct diseased salmonid species in the states of Washington and Oregon. Earlier, Wood (1968) reported this infection in Chinook salmon in a brief study.

Phoma herbarum rarely contaminates fish feed and may cause granulomatous disease, particularly in the kidney. The morbidity rate in salmonid outbreaks rarely exceeds 5% and the disease usually affects juveniles (Roberts, 2012).

3. CONCLUSION

The increase in fish farming as a source of animal protein in recent years has led to an increase in fungal infections. Fungal diseases are the diseases that cause the most economic losses after bacterial diseases due to the lesions and deaths they cause in fish farming. Therefore, controlling fungal diseases is important for the growth of fish farming. Fungal diseases usually appear as secondary infections and therefore it is important to eliminate the primary causes (stress, stocking density, water quality problems, infectious agents, etc.) by disinfection, avoidance of contaminated feeds, quarantine and compliance with health certificate guidelines. With the ban on the use of malachite green, various treatment methods have been tried and successful results have been obtained and research is still ongoing. It is concluded that alternative methods for diagnosis, treatment and control should continue to be investigated in order to control fungal diseases.

FUNDING

No financial support was received for the present study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Fiction: VK, BY; Literature: VK; Manuscript writing: VK; Supervision: BY. All authors approved the final draft.

ETHICAL STATEMENTS

Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

Data sharing is not applicable for the present study as no new data was created or analyzed.

REFERENCES

- Ainsworth, G. C. (2002). *Introduction to the history of medical and veterinary mycology*. Cambridge University Press.
- Arshad, P. E., & Arockiaraj, J. (2020). Pathogenicity and pathobiology of epizootic ulcerative syndrome (EUS) causing fungus *Aphanomyces invadans* and its immunological response in fish. *Reviews In Fisheries Science*, 28(3), 358-375. <https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1753167>
- Barde, R. D., Deshpande, M., Nagthane, N., Darak, O., & Baig, M. M. V. (2020). A review of Saprolegnia infection in freshwater fishes and control of the saprolegniosis. *Sustainable Humanosphere*, 16(1), 702-711. ISSN: 1880-6503
- Bruno, D. W. (2001). *Dermocystidium sp.* in Scottish Atlantic salmon, *Salmo salar*: evidence for impact on fish in marine fish farms. *Bulletin-European Association Of Fish Pathologists*, 21(5), 209-213.
- Bruno, D., VanWest, P., & Beakes, G. (2011). Saprolegnia and other oomycetes. *Fish Diseases and Disorders: Volume 3: Viral, Bacterial and Fungal Infections, 2nd Edition*. CABI.
- Callinan, R. B., Fraser, G. C., & Virgona, J. L. (1989). Pathology of red spot disease in sea mullet, *Mugil cephalus* L., from eastern Australia. *Journal of Fish Diseases*, 12(5), 467-479. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1989.tb00558.x>
-

- Carmichael, J. W. (1967). Cerebral mycetoma of trout due to a Phialophora-like fungus. *Sabouraudia: Journal of Medical and Veterinary Mycology*, 5(2), 120-123. <https://doi.org/10.1080/00362176785190211>
- Chauhan, R., Lone, S., & Tabbsum, H. G. (2013). Mycotic studies of some freshwater fishes with emphasis on *Achlya spp.* *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(4), 165-169. ISSN: 2277-7729
- Chukanhom, K., & Hatai, K. (2004). Freshwater fungi isolated from eggs of the common carp (*Cyprinus carpio*) in Thailand. *Mycoscience*, 45, 42-48. <https://doi.org/10.1007/s10267-003-0153-9>
- Doty, M. S., & Slater, D. W. (1946). A new species of *Heterosporium* pathogenic on young chinook salmon. *The American Midland Naturalist*, 36(3), 663-665. <https://doi.org/10.2307/2421459>
- Egusa, S., & Masuda, N. (1971). A new fungal of *Plecoglossus altivelis*. *Fish Pathology*, 6(1), 41-46. <https://doi.org/10.3147/jsfp.6.41>
- Eli, A., Briyai, O. F., & Abowei, J. F. N. (2011). A review of some fungi infection in African fish saprolegniasis, dermal mycoses; branchiomyces infections, systemic mycoses and dermocystidium. *Asian Journal of Medical Sciences*, 3(5), 198-205. ISSN: 2040-8773
- Ellis, A. E., Waddell, I. F., & Minter, D. W. (1983). A systemic fungal disease in Atlantic salmon parr, *Salmo salar* L., caused by a species of *Phialophora*. *Journal of Fish Diseases*, 6(6), 511-523. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1983.tb00105.x>
- Fijan, N. (1969). Systemic mycosis in channel catfish. *Bulletin of the Wildlife Disease Association*, 5(2), 109-110. <https://doi.org/10.7589/0090-3558-5.2.109>
- Franco-Sierra, A., Sitja-Bobadilla, A., & Alvarez-Pellitero, P. (1997). Ichthyophonous infections in cultured marine fish from Spain. *Journal of Fish Biology*, 51(4), 830-839. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb02003.x>
- Ganguly, S., Wakchaure, R., Praveen, P. K., & Para, P. A. (2016). Fungal infections in fishes: A brief review. *International Journal of Pharmacy & Life Sciences*, 7(9), 5245-5246.
- Goodwin, A. E. (2012). A. Etiological Agent.
- Gormez, O., & Diler, O. (2014). In vitro antifungal activity of essential oils from *Tymbra*, *Origanum*, *Satureja* species and some pure compounds on the fish pathogenic fungus, *Saprolegnia parasitica*. *Aquaculture Research*, 45(7), 1196-1201. <https://doi.org/10.1111/are.12060>
- Hatai, K., Egusa, S., Takahashi, S., & Ooe, K. (1977). Study on the pathogenic fungus of mycotic granulomatosis—I Isolation and pathogenicity of the fungus from cultured-ayu infected with the disease. *Fish Pathology*, 12(2), 129-133. <https://doi.org/10.3147/jsfp.12.129>
- Hofer, V. B. (1893). Eine salmoniden-erkrankung. *Allgemeine Fischereizeitung*, 18, 169-171.
- Howard, R. J., & Gow, N. A. (Eds.). (2007). *Biology of the fungal cell* (Vol. 8). Springer Science & Business Media.
- Iberahim, N. A., Trusch, F., & Van West, P. (2018). *Aphanomyces invadans*, the causal agent of epizootic ulcerative syndrome, is a global threat to wild and farmed fish. *Fungal Biology Reviews*, 32(3), 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2018.05.002>
- Khoo, L. (2000, April). Fungal diseases in fish. *Seminars in Avian and exotic pet medicine*, 9(2), 102-111. <https://doi.org/10.1053/AX.2000.4623>
- Khulbe, R. D., Bisht, G. S., & Joshi, C. (1994). Epizootic infection due to *Achlya debaryana* in a catfish. *Mycoses*, 37(1-2), 61-63. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.1994.tb00288.x>
- Kitancharoen, N., Hatai, K., Ogihara, R., & Aye, D. N. N. (1995). A new record of *Achlya klebsiana* from snakehead, *Channa striatus*, with fungal infection in Myanmar. *Mycoscience*, 36(2), 235-238. <https://doi.org/10.1007/BF02268563>
- LaDouceur EEB, Leger JS, Mena A, Mackenzie A, Gregg J, Purcell M, Batts W, Hershberger P. (2020). *Ichthyophonous sp.* infection in opaleye (*Girella nigricans*). *Veterinary Pathology*, 57(2), 316-320. <https://doi.org/10.1177/0300985819900015>
- Langdon, J. S. (1987). Cranial *Exophiala pisciphila* infection in *Salmo salar* in Australia. *Bulletin of the European Association of Fish Pathologists*, 7, 35-37.
-

- Lilley, J. H., Callinan, R. B., Chinabut, S., Kanchanakhan, S., & MacRae, I. H. (1998). *Epizootic ulcerative syndrome (EUS) technical handbook*. The Aquatic Animal Research Institute, Bangkok, Thailand.
- Lone, S. A., & Manohar, S. (2018). *Saprolegnia parasitica*, a lethal oomycete pathogen: demands to be controlled. *Journal of Infection and Molecular Biology*, 6(2), 36-44. <https://doi.org/10.17582/journal.jimb/2018/6.2.36.44>
- Martín-Torrijos, L., Hernández-Pérez, A., Monroy-López, J. F., & Diéguez-Uribeondo, J. (2023). *Aphanomyces astaci* in Mexico: A new haplotype from dwarf crayfish *Cambarellus montezumae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 201, 108000. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.108000>
- McConnaughey, M.B., (2007) Physical and chemical properties of fungi. In Enna, S.J., Bylund, D.B., (Eds.), In *XPharm: The Comprehensive Pharmacology Reference* (pp. 1–3). Elsevier Inc.
- McVicar, A.H., Wootten, R. (1980). Disease in farmed juvenile Atlantic Salmon caused by *Dermocystidium sp.* In Ahne, W. (eds) *Fish Diseases. Proceedings in Life Sciences* (pp 165-173). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-67854-7_27
- Metin, S., Diler, O., Dıdinen, B. I., Terzioglu, S., & Gormez, O. (2015). In vitro and in vivo antifungal activity of *Satureja cuneifolia* ten essential oil on *Saprolegnia parasitica* strains isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) eggs. *Aquaculture Research*, 46(6), 1396-1402. <https://doi.org/10.1111/are.12293>
- Meyer, F. P., & Robinson, J. A. (1973). Branchiomycosis: a new fungal disease of North American fishes. *The Progressive Fish-Culturist*, 35(2), 74-77. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1973\)35\[74:BNFDON\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1973)35[74:BNFDON]2.0.CO;2)
- Micheli, P. A. (1729). *Nova plantarum genera iuxta Tournefortii methodum disposita quibus plantae 1900 recensentur, scilicet fere 1400 nondum observatae, reliquae suis sedibus restitutae; quarum vero figuram exhibere visum fuit, eae ad 550 aeneis tabulis 108 graphice expressae sunt; adnotationibus, atque observationibus, praecipue fungorum, mucorum, affiniumque plantarum sationem, ortum,[€ t] incrementum spectantibus, interdum adiectis...* Typis Bernardi Paperinii.
- Noga, E. J. (2010). *Fish disease: diagnosis and treatment*: John Wiley & Sons.
- Noga, E. J., & Dykstra, M. J. (1986). Oomycete fungi associated with ulcerative mycosis in menhaden, *Brevoortia tyrannus* (Latrobe). *Journal of Fish Diseases*, 9(1), 47-53. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1986.tb00978.x>
- OIE, & OIE. (2009). Epizootic ulcerative syndrome. In: Office Internationale des Epizooties Paris.
- Oidtmann, B. (2012). Review of biological factors relevant to import risk assessments for epizootic ulcerative syndrome (*Aphanomyces invadans*). *Transboundary and Emerging Diseases*, 59(1), 26-39. <https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2011.01241.x>
- Öge, H., & Öge, S. (2020). Mantar (mikotik) hastalıkları. In Yarsan, E. (Eds.), *Balık hekimliği* (pp. 295-306). Güneş Tıp Kitabevleri.
- Özcan, F., & Arserim, N. B. (2022). Fungal diseases in fish. *Black Sea Journal of Agriculture*, 5(1), 48-52. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.983345>
- Öztürk, T., Özer, A., Taskaya, G., Öz, M., & Aral, O. (2010). Japon balığında (*Carassius auratus*) *Ichthyophonus hoferi* enfeksiyonu. *Journal of Fisheries Sciences.com*, 4(4), 304. <https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2010033>
- Patel, A. S., Patel, S. J., Bariya, A. R., Pata, B. A., & Ghodasara, S. N. (2018). Fungal diseases of fish: A review. *Journal of Veterinary Science & Research*, 3(3), 000164.
- Peyghan, R., Rahnema, R., Tulaby Dezfuly, Z., & Shokoohmand, M. (2019). Achlya infection in an Oscar (*Astronotus ocellatus*) with typical symptoms of saprolegniosis. *Veterinary Research Forum*, 10(1), 89-92. <https://doi.org/10.30466/vrf.2019.34315>
- Plehn, M. & Mulsow, K. (1911). Der erreger der “taumelkrankheit” der salmoniden. *Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene* 59, 63– 68.
- Ramaiah, N. (2006). A review on fungal diseases of algae, marine fishes, shrimps and corals. *Indian Journal of Marine Sciences*, 35(4), 380-387.
- Roberts, R. J. (2012). *Fish pathology*. John Wiley & Sons.
-

- Ross, A. J., & Yasutake, W. T. (1973). *Scolecobasidium humicola*, a fungal pathogen of fish. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 30(7), 994-995. <https://doi.org/10.1139/f73-161>
- Ross, A. J., Yasutake, W. T., & Leek, S. (1975). *Phoma herbarum*, a fungal plant saprophyte, as a fish pathogen. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 32(9), 1648-1652. <https://doi.org/10.1139/f75-193>
- Sarıözkan, S. (2016). Türkiye’de balıkçılık sektörü ve ekonomisi. *Aquatic Sciences and Engineering*, 31(1), 15-22. <https://doi.org/10.18864/TJAS201602>
- Sarkar, P., Raju, V. S., Kuppusamy, G., Rahman, M. A., Elumalai, P., Harikrishnan, R., Arshad, A., & Arockiaraj, J. (2022). Pathogenic fungi affecting fishes through their virulence molecules. *Aquaculture*, 548(1), 737553. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737553>
- Schrimpf, A., Schmidt, T., & Schulz, R. (2014). Invasive Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) transmits crayfish plague pathogen (*Aphanomyces astaci*). *Aquatic Invasions*, 9(2), 203-209. <http://dx.doi.org/10.3391/ai.2014.9.2.09>
- Siddique, M. A. B., Bashar, M. A., Hussain, M. A., & Kibria, A. S. M. (2009). Fungal disease of freshwater fishes in Natore district of Bangladesh. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 7(1), 157-162. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.208354>
- Smith, S. A. (Ed.). (2019). *Fish diseases and medicine*. CRC Press.
- Spanggaard, B., Skouboe, P., Rossen, L., & Taylor, J. W. (1996). Phylogenetic relationships of the intercellular fish pathogen *Ichthyophonus hoferi* and fungi, choanoflagellates and the rosette agent. *Marine Biology*, 126, 109-115. <https://doi.org/10.1007/BF00571382>
- Steckert, L. D., Cardoso, L., Tancredo, K. R., Martins, M. L., & Jeronimo, G. T. (2019). *Dermocystidium* sp. in the gills of farmed *Oreochromis niloticus* in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201920180959>
- Stueland, S., Hatai, K., & Skaar, I. (2005). Morphological and physiological characteristics of *Saprolegnia* spp. strains pathogenic to Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 28(8), 445-453. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2005.00635.x>
- Van Den Berg, A. H., McLaggan, D., Diéguez-Uribeondo, J., & Van West, P. (2013). The impact of the water moulds *Saprolegnia diclina* and *Saprolegnia parasitica* on natural ecosystems and the aquaculture industry. *Fungal Biology Reviews*, 27(2), 33-42. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2013.05.001>
- Woo, P. T., Leatherland, J. F., & Bruno, D. W. (2006). *Fish diseases and disorders* (Vol. 3). CABI.
- Wood, J.W. (1968) *Diseases of Pacific salmon, their prevention and treatment*. Olympia, Washington: Department of Fisheries, Hatchery Division, State of Washington.
- Yanong, R. P. (2003). Fungal diseases of fish. *Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice*, 6(2), 377-400. [https://doi.org/10.1016/S1094-9194\(03\)00005-7](https://doi.org/10.1016/S1094-9194(03)00005-7)
- Yardımcı, R., & Turgay, E. (2020). Diagnosis of *Aeromonas sobria* and *Saprolegnia* sp. co-infection in rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Research*, 4(1), 65-72. <https://doi.org/10.3153/AR21006>
- Zhang, Q., & Wang, Z. (2005). *Dermocystidium* sp. infection in cultured juvenile southern catfish *Silurus meridionalis* in China. *Diseases of Aquatic Organisms*, 65(3), 245-250. <https://doi.org/10.3354/dao065245>
-

Türkiye Sucul Bitkileri Sıcak Noktaları: Göller Bölgesi Habitatları, Makrofitleri, Biyoçeşitlilik, Kullanım, Tehditler ve Oluşturduğu Sorunlar

Aquatic Plant Hotspots of Türkiye: The Lakes Region Habitats, Macrophytes, Biodiversity, Usage, Threats and Problems

İbrahim Özdal^{1*}, Osman Çetinkaya²

¹Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Isparta-TÜRKİYE

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta-TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar: ibrahim.ozdal@tarimorman.gov.tr

Geliş: 23.01.2024

Kabul: 24.04.2024

Yayın: 01.09.2024

Alıntılama: Özdal, İ., & Çetinkaya, O. (2024). Türkiye sucul bitkileri sıcak noktaları: Göller Bölgesi habitatları, makrofitleri, biyoçeşitlilik, kullanım, tehditler ve oluşturduğu sorunlar. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 267-286. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1424469>

Özet: Bu derlemede Göller Bölgesinde sucul makrofitler üzerinde yapılmış olan yayınlar gözden geçirilerek tür çeşitliliği, makrofit türlerinin kullanım amaçları, makrofitlerden kaynaklanan sorunların ele alınması amaçlanmıştır. Türkiye'nin güney-batısında yer alan Göller Bölgesi, göllerin sayısı, morfolojisi ve ekosistem çeşitliliği açısından dikkat çekmektedir. Bölge sucul bitkilerin yayılışı, çeşitliliği, ekolojik ilişkileri, kullanım ve bitkilerin yaşadığı öte yandan yol açtığı sorunlar açısından bir "sıcak nokta" konumundadır. Sucul bitkiler, su kalitesini iyileştirme, bulanıklığı azaltma, oksijen sağlama, gölgeleme, taban ve kıyı stabilizasyonu, ötrofikasyon ve kirlenmeyi azaltma, balık komünitelerini koruma ve güçlendirme gibi ekosistem hizmetlerini yerine getirirken selüloz, gıda, ilaç, mobilya malzemesi, ekoturizm, peyzaj elemanı olarak ekonomik ve sosyal fayda sağlarlar. Bölge ve yakın çevresi yüzey sularında 43 familyaya ait 144 sucul bitki türü belirlenmiştir. Sucul bitkiler üzerindeki başlıca tehditler önemli mevsimsel su seviyesi değişimleri ve kaynakların tamamen kurumasıdır. Bazı kaynaklardaki aşırı makrofit gelişimi, istilacı türlerin yayılması, bitkilerin sulama sistemlerindeki oluşturduğu hasarlar öne çıkan sorunlardandır. Bölgedeki sucul makrofitler ile ilgili araştırmaların artırılması; göllerin ekolojik durumunu izlemek için makrofit indekslerinin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca makrofitlerin, insan besini, yem ve gübre materyali, peyzaj-akvaryum bitkisi, ilaç-kozmetik bitkisi, su arıtımı kullanımı çalışmalarına yer verilmelidir.

Anahtar kelimeler

- Makrofit
- Göller bölgesi
- Sucul bitki biyoçeşitliliği
- Tehditler
- Sorunlar

Abstract: In this review, it is aimed to review the publications on aquatic macrophytes in the Lakes Region and to address the species diversity, purposes for the use of macrophyte species and the problems due to the evaluated macrophytes. The Lakes Region located in the southwest of Turkey stands out in terms of the number of lakes, their morphology, and ecosystem diversity. The region is considered a "hotspot" in terms of the distribution, diversity, ecological relationships, and both the benefits and problems caused by aquatic plants. While aquatic plants provide ecosystem services such as improving water quality, reducing turbidity, providing oxygen, shading, stabilizing the bottom and shores, reducing eutrophication and pollution, and protecting and strengthening fish communities, they also bring economic and social benefits as sources of cellulose, food, medicine, furniture material, ecotourism, and landscape elements. In the region and its vicinity, 144 aquatic plant species belonging to 43 families have been identified in surface waters. The main threats to aquatic plants include significant seasonal fluctuations in water

Keywords

- Macrophyte
- Lakes region
- Aquatic plant biodiversity
- Threats
- Problems

levels and the complete drying up of water sources. Excessive macrophyte growth in some sources, the spread of invasive species, and the damage caused by plants to irrigation systems are among the emerging issues. It is recommended to increase research on aquatic macrophytes in the region and to use macrophyte indices to monitor the ecological status of lakes. Furthermore, studies on the use of macrophytes in human nutrition, feed and fertilizer material, landscape-aquarium plants, medicine-cosmetic plants, and water purification should be included.

1.GİRİŞ

Makrofit olarak da adlandırılan, çıplak gözle görülebilen, yaşam döngülerinin bir bölümünü veya tamamını su içerisinde geçiren fotosentetik organizmalara “su bitkileri” ismi verilmektedir (Bronmark & Hansson, 2017; Lesiv vd., 2020). Ekolojik olarak submers, emers, köklü yüzen yapraklı ve serbest yüzen makrofitler olarak dört kategoriye ayrılır ve sucul ekosistemlerde hayati rol oynarlar. Fotosentez sürecinde sudaki karbondioksiti kullanarak su hayvanları ve bakteriler için gerekli olan oksijeni üretirler. Sucul bitkiler, organizmalar için barınma, epifitik algler için tutunma substratı (mikro habitat), omurgalı ve omurgasızlar için saklanma-korunma imkânı sağlarlar. Akarsu kıyıları ve banklarının, göl kıyıları ve taban sedimentlerinin stabilizasyonunda önemli katkıları vardır (Lesiv vd., 2020; Malaiya, 2015). Etkili kök sistemlerine sahip makrofitler (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms ve *Hydrilla verticillata* L. vb.) besin maddelerini emerek su kalitesini iyileştirir, ötrofikasyonu kontrol ederek (O’Hare vd., 2018; Paul, 2022) ekolojik dengenin korunmasında önemli rol oynarlar (Bhagyaleena & Gopalan, 2012). Önemli bir biyoçeşitlilik bileşeni olan makrofitlerin (Tasleem, 2016) organik karbon üretimi, fosfor mobilizasyonu ve diğer besin elementlerinin transferi yoluyla biyokimyasal döngülerde önemli rolleri vardır (Jeppesen vd., 2009). Sucul bitkiler ekosistemdeki ekolojik görevleri, ekosistem hizmetleri yanında önemli birer insan ve hayvan gıdası, bitkisel ilaç hammaddesi, inşaat malzemesi mobilya, ev eşyası, selüloz hammaddesi kaynağıdır, akvaryum sektörünün vazgeçilmez canlı materyal olarak öneme sahiptirler (Oyedeki & Abowei, 2012; Tasleem, 2016).

Göllerde kıyıdan derin sulara doğru farklı makrofit formları gelişir ve bu formların baskın olduğu, yoğunlaştıkları bölgeleri (zon) oluşturur. Ekolojik olarak süksesyon da denilen bu zonasyon çoğu gölde kolaylıkla görülebilir, genellikle riparyan (akarsu boyu) bölge ve kıyıda emers makrofitlerle başlar, bunu yüzen yapraklı ve submers makrofitler takip eder (Bronmark & Hansson, 2017).

Makrofitler, çoğunun yerlerinin sabit olması, çıplak gözle görülebilmeleri, göreceli olarak kolay temin edilmeleri nedeniyle su kütlelerinin trofi seviyelerinin belirlenmesinde (Bronmark & Hansson, 2017), sucul ekosistemlerdeki değişiklikleri izlemede gösterge canlılar olarak kullanılmaktadır (Othman vd., 2014; Brabec & Szoszkiewicz, 2006; Søndergaard vd., 2010). Bu kapsamda yüzey sularının ekolojik durumları ve su kalitelerinin belirlenmesinde uygulanan birçok “makrofit indeksi” bulunur. İndekslerin hesaplanması tür kompozisyonu ve bulunuş yoğunluklarına/bolluklarına göre yapılmaktadır (Coşkun & Demir, 2019).

Makrofitlerin fonksiyonlarını, bolluk, dağılım ve yayılışlarını; su kalite parametreleri, ortamdaki diğer canlılar ile rekabetleri, mevsimsel değişiklikler ve su kullanım şekilleri önemli derecede etkilemektedir (Balcı, 2012). Suda ötrofikasyon sürecinde artan besin seviyeleri, su kalitesindeki değişiklikler, su seviyesi ve fotik zon derinliği değişimi birçok gölde sucul bitki örtüsünün bolluğu ve tür kompozisyonu üzerinde olumsuz etkiler gösterebilir. Su seviyesindeki mevsimsel doğal değişimler, göl çevresindeki saçak bitki örtüsünün genişlemesini teşvik edebileceği gibi, sucul bitkilerinin çeşitliliği üzerinde de olumsuz etkiler yaparak, makrofit gelişimi için ışık rejimini değiştirerek tüm göl sistemini etkileyebilir. Sucul alanlardan sulama amaçlı aşırı su çekimi de göstergelerde mevsimsel değişikliğe neden olabilir (Özbay, 2016).

Sucul bitkilerin bazı dezavantajları da vardır. Aşırı çoğaldıklarında, su kütlesi ve yüzeyini kapatır, ölüp çürüdüklerinde de suda organik madde artışına yol açar, parçalanırken oksijen tüketirler, çözünmüş oksijenin düşmesine neden olurlar. Su yüzeyini kaplayarak ışığın su hacmine geçişini ve yayılışını azaltır, alg fotosentezini sınırlayabilirler. İç sularda aşırı çoğalan su bitkileri sulama kanallarında, toprak balık havuzlarında, içme suyu kaynak, depo ve iletim sistemlerinde, göl, akarsu ve göletlerde sorunlar oluştururlar. Aşırı makrofit artışları balık yetiştiriciliği ve avcılığı, rekreasyonel

açından da problem oluşturabilir, su kütlelerinin kullanımlarını sınırlandırabilir veya bozabilir. Tampon kapasiteleri düşük sularda, sucul bitkilerin aşırı gelişimi, önemli pH dalgalanmalarına (yükselme) yol açar, bu da sucul organizmaları olumsuz etkiler (Coşkun & Demir, 2019).

Güney-batı Anadolu'da yer alan Göller Bölgesi'nde çoğu tektonik ve bir kısmı karstik kökenli, irili ufaklı birçok doğal göl bulunur. Bu göller platolar üzerinde, Toros Dağları'nın çöküntüleri içinde yayılmıştır. Afyon, Denizli, Isparta, Burdur, Antalya ve Konya illeri idari sınırları içinde kalan göller bölgesi yaklaşık 40.000 km²'lik bir alanı kaplar. Türkiye'nin en büyük tatlı su gölleri Beyşehir ve Eğirdir ile tuzlu sodalı Burdur Gölü ve Acıgöl, derin ve ilginç jeokimyasal yapı gösteren Salda Gölü bölgede yer alır. Bölgenin diğer önemli gölleri; Akşehir, Eber, Kovada, Ilgın ve Suğla'dır. Bölgede ayrıca birçok küçük göl, baraj gölü, gölet ve sulak alan bulunmaktadır (Kuzucuoğlu vd., 2019).

Dünyada ve Türkiye'de sucul makrofitler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Dünyada son yıllarda yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır; yapay sulak alanlarda makrofitlerin mikro ve nanoplastik tutma özelliklerinin incelenmesi (Huang vd., 2023), Kamerun dağlık bölgesindeki akarsuların makrofit dağılımı ve arıtım kapasitelerinin incelenmesi (Awo vd., 2023), içsulardaki makrofitlerin bilgi ve yönetiminin incelenmesi (Troia, 2023), iki tropikal rezervuarda submers ve yüzen yapraklı makrofitlerin fitoplankton taksonomileri ve fonksiyonları üzerinde etkilerinin incelenmesi (Diniz vd., 2022), Hindistan Karnataka, Chitradurga Bölgesi ve Holalkere göllerindeki sucul makrofit çeşitliliğinin incelenmesidir (Mallappa & Takrya, 2022).

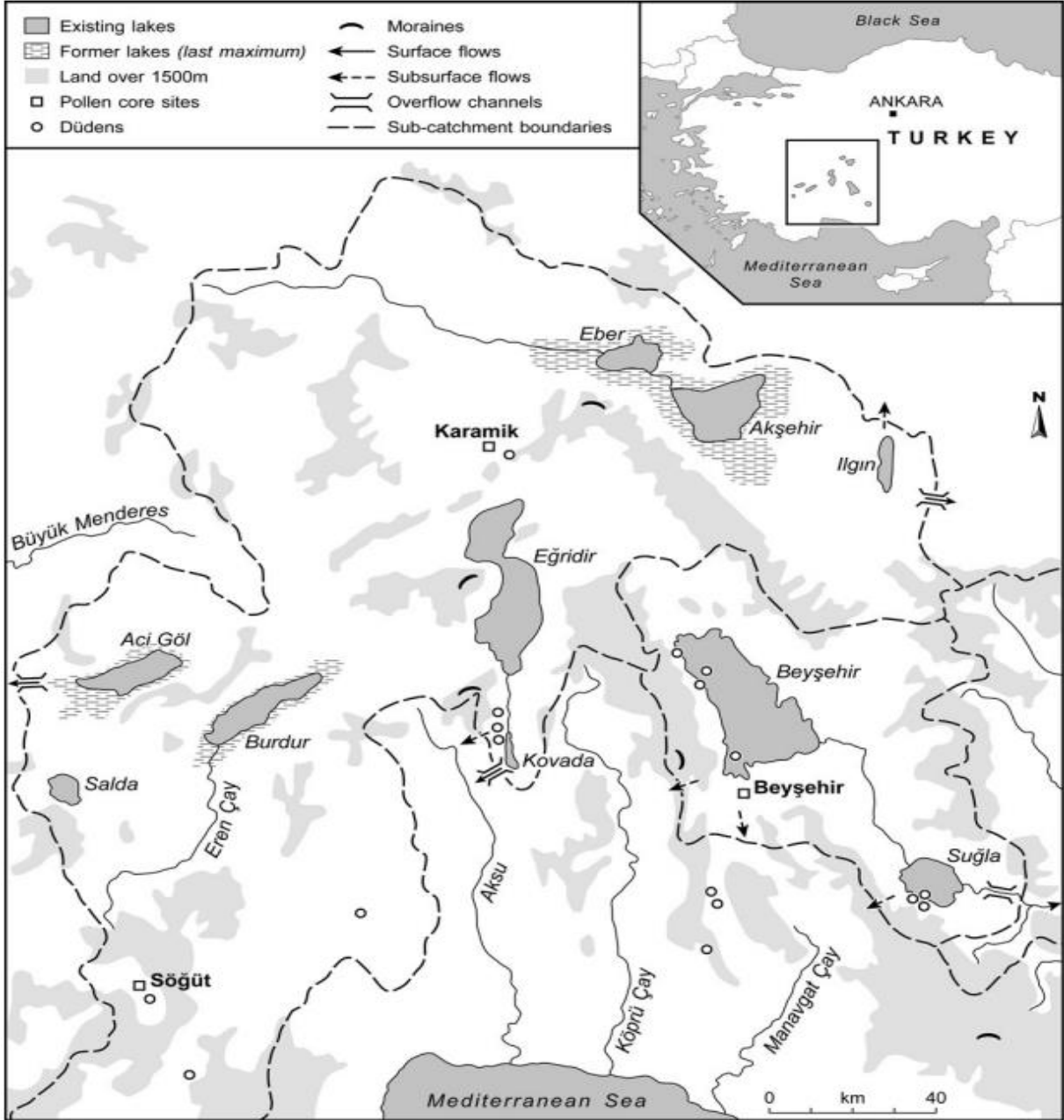
Genelde Türkiye (Akköz vd., 2000; Aksoy vd., 2023; Altınayar & Onursal, 1982; Altınayar, 1988; Güneş Özkan vd., 2022; İkinci, 2023; Korkmaz & Mumcu, 2013; Seçmen & Leblebici, 2008; DSİ, 2009; Balcı, 2012; Özbay, 2016; Coşkun & Demir, 2019; Ersoy, 2019; Yıldız vd., 2020; Taş & Topaldemir, 2021; Topaldemir & Taş, 2022) özelde Göller Bölgesi sucul makrofitleri üzerinde yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Göller Bölgesi ve yakın çevresinde sucul bitkilerle ilgili yapılan çalışmaların bazıları şunlardır; Beyşehir Gölü'ndeki makrofit vejetasyonunun incelenmesi (Küçüköyük & Ketenoğlu, 1996), Eğirdir Gölü makrofit vejetasyonu üzerinde fitososyolojik ve ekolojik bir araştırma (Kesici, 1997), Afyon Çapalı Gölünün makrofitleri üzerine bir araştırma (Turna & Bilgin, 2004), Eğirdir Gölü yaygın submers makrofit türleri üzerine bir araştırma (Turna & Yıldırım, 2007), Göller Bölgesini de kapsayan Türkiye sulak alan bitkileri ve bitki örtüsünün araştırılması (Seçmen & Leblebici, 2008), Eğirdir Gölü'nde *Eloдея canadensis michaux*'un ilk bildiri ve istilası üzerine araştırma (Kesici vd., 2009), Eğirdir Gölünün su altı makrofit türleri görselleri üzerine bir araştırma (Turna vd., 2010), *Eloдея canadensis*'in Kovada Gölü'nden ilk bildiri (Kesici vd., 2012). Akarçay Deresi'ndeki makrofitler ve epilitik diatomlar ile su kalitesi arasındaki ilişkilerin incelenmesi (Kargıoğlu vd., 2012), Işıklı Baraj Gölü'ndeki (Denizli) su seviyesi dalgalanmaları ile bazı fiziksel ve kimyasal değişkenlerin makrofitler üzerinde etkilerinin incelenmesi (Koç, 2013), Işıklı Baraj Gölü'nde *Chara hispida* türünün yeni kayıt olarak verilmesi (Barinova vd., 2014), Karamık Gölü kıyı ekosistemindeki sucul makrofitler ve toprak yapısı özelliklerinin incelenmesi, (Serteser & Acar, 2014), Eğirdir Gölü'nde makrofit gelişimlerinin incelenmesi (Bolat vd., 2015), Işıklı Baraj Gölü'nün sürdürülebilirliği projesiyle makrofitlerin incelenmesi (Güllü vd., 2015), Kovada Gölü'ndeki *Phragmites australis* L. bitkisindeki metal birikiminin mevsimsel değişimin incelenmesi (Sancer & Tekin, 2016), Eğirdir Gölü'nde makrofit kompozisyonunun araştırılması (Gülle vd., 2022), Eğirdir Gölü'ndeki bazı makrofit türlerinin ağır metal düzeylerinin belirlenmesidir (Özan vd., 2022).

Bu çalışmada Türkiye'nin göller bakımından dikkat çekici bir coğrafi alanı ve sucul bitki zenginliğine sahip "sıcak noktası" olan Göller Bölgesi yüzey sularındaki sucul bitkilerin habitatları, yayılışı, biyoçeşitliliği, kullanımları, karşılaştığı tehditler ve bu tehditlerin yol açtığı sorunlar yapılan çalışmalar ve sahada yapılan gözlemlerimiz ışığında ele alınmaktadır.

1.1. Göller Bölgesi Yüzey Suları

Göller Bölgesi daha çok coğrafi bir tanımlama olup, Türkiye'nin önemli tatlısu göllerini, birçok küçük gölü, gölet, baraj gölü, sulak alan ve akarsuyu barındırmaktadır (Şekil 1). Göller Bölgesi ve yakın çevresindeki yüzey su kaynakları ile bazı özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir. Bölge hidrolojik olarak Burdur kapalı, Orta Akdeniz (Antalya), Akarçay kapalı ve Konya kapalı havzalarının yüzey sularının çoğunu temsil eder. Büyük Menderes (Karakuyu Sazlığı, Büyük Menderes Nehri, Kufi Çayı, Işıklı Baraj Gölü (BG), vd.), Batı Akdeniz (Dalaman Çayı, Gölhisar Gölü), Sakarya (Ilgın Gölü) havzalarından bazı kaynaklar da bölge içinde değerlendirilebilir. Bölgedeki göllerin çoğunluğu

kapalıdır, yüzey alanları değişebilmekte hatta bazı durumlarda tamamen kuruyabilmektedir. Bölgedeki Acıgöl, Burdur ve Yarıklı göllerinde su tuzlu, sodalı pH yüksek olduğundan makrofite rastlanmaz, makrofitler bu gölleri besleyen akarsuların göle dökülmeden önceki kesimlerinde görülmektedir (Şekil 1, Tablo 1).



Şekil 1. Göller Bölgesi yüzey su kaynakları (Kuzucuoğlu vd. 2019).

Tablo 1. Göller Bölgesi ve yakın çevresi yüzey su kaynakları (Kuzucuoğlu vd., 2019'a ilavelerle).

Yüzey Su Kaynağı	Oluşum Şekli	Rakım (m)	Alanı/Uzunluğu (km ² /km)	İdari Sınır
Doğal Göller				
Acıgöl Gölü	Tektonik	837	33	Afyon/Denizli
Akşehir Gölü	Tektonik	955	95	Konya
Beyşehir Gölü	Tektonik	1126	651	Konya-Isparta
Burdur Gölü	Tektonik	845	146	Burdur-Isparta
Eber Gölü	Tektonik	965	16	Afyonkarahisar
Eğirdir Gölü	Tektonik/Karstik	918	450	Isparta
Ilgın/Çavuşcu G.	Tektonik	1022	7	Konya
Salda Gölü	Tektonik/Karstik	1140	45	Burdur
Suğla Gölü	Tektonik/Karstik	1092	44	Konya
Akgöl/Çorak G.	Tektonik	986	9	Burdur
Gölcük Gölü	Volkanik	1380	0.9	Isparta
Göhlisar Gölü	Karstik	946	3.7	Burdur
Karamık Gölü	Tektonik/Karstik	1002	40	Afyonkarahisar
Kovada Gölü	Tektonik	915	8-10	Isparta
Yarışlı Gölü	Tektonik	909	11.5	Burdur
Yazır Gölü	Karstik	1488	2.7	Burdur
Karataş Gölü	Tektonik	1053	6	Burdur
Karakuyu/Eldere	Tektonik	1006	0.72-16,5	Afyonkarahisar
Baraj Gölleri/Göletler				
Işıklı B. G.	Baraj	816	45	Denizli
Karacaören 1	Baraj	381	45	Burdur-Isparta
Karacaören 2	Baraj	264	2.3	Burdur
Sücutlü B. G.	Baraj	1173	1	Isparta
Gönen Göleti	Baraj	1079	0.04	Isparta
Keçiborlu Göleti	Baraj	1062	0.12	Isparta
Karaçal B.G.	Baraj	930	5.4	Burdur
Sorgun B.G.	Baraj	1386	1.22	Isparta
Kasımlar B. G.	Baraj	1018	1.53	Isparta
Uluborlu B. G.	Baraj	1143	1.25	Isparta
Selevir B. G.	Baraj	1087	5.04	Afyonkarahisar
Onaç B. G.	Baraj	825	3.56	Burdur
Dedeçam B.G.	Baraj	1286	0.08	Isparta
Özbayat B.G.	Baraj	1196	0.07	Isparta
Kozluçay B.G.	Baraj	1328	0.12	Isparta
Yapraklı B.G.	Baraj	1067	6.5	Burdur
Kozağacı B.G.	Baraj	1545	0.16	Burdur
Kızılsu B.G.	Baraj	790	0.17	Burdur
Karamanlı B.G.	Baraj	1190	1.70	Burdur
Çavdır B.G.	Baraj	1123	1.94	Burdur
Kestel B.G.	Baraj	1111	0.05	Afyonkarahisar
Örenler B.G.	Baraj	1172	3.35	Afyonkarahisar
Seyitler B.G.	Baraj	1045	4.9	Afyonkarahisar
Akarsular				
Akarçay Nehri	Akarsu	900	425	Afyonkarahisar
Bozçay/Eren Çayı	Akarsu	845	80	Burdur
Isparta Çayı	Akarsu	1200	20	Isparta
Onaç Çayı	Akarsu	889	-	Burdur
Çay Deresi	Akarsu	1116	-	Afyonkarahisar
Çay Dere	Akarsu	977	-	Isparta
Pupa Çayı	Akarsu	1277	45	Isparta
Yalvaç(Avşar) çayı	Akarsu	1110	60	Isparta
Hoyran Deresi	Akarsu	1010	10	Isparta
Çukur Dere	Akarsu	1193	20	Isparta
Eflatunpınarı	Akarsu	1149	7.13	Konya
Burdur Çayı	Akarsu	1089	25	Burdur
Küfi Çayı	Akarsu	1141	98	Afyon/Denizli
Aksu Çayı	Akarsu	1020	145	Isparta/Antalya
Köprüçay	Akarsu	1200	200	Isparta /Antalya

1.2. Göller Bölgesi Sucul Bitki Biyoçeşitliliği

Makrofitler, durgun sulara; göller, sulak alanlar, baraj gölleri, göletler, havuzlar gibi habitatlara adapte olmuştur ve genelde topluluklar halinde bulunurlar. Bazıları çok geniş bir dağılım gösterirken bazı bitkiler çok daha az toleranslı olup özel habitatları tercih ederler (Demir, 2020).

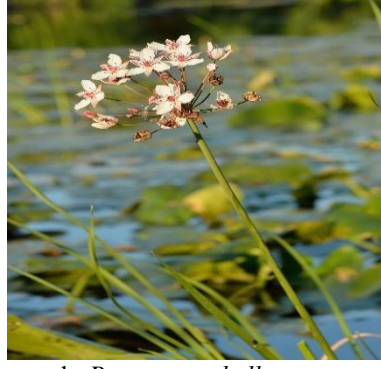
Çeşitlilik, ister kültürel, isterse ekolojik nitelikli olsun, bir sistemin dinamik bir özelliğidir. Bu dinamik özellik, içinde bulunduğu sisteme direnç ve istikrar, tat ve lezzet, renk ve güzellik, güç ve canlılık kazandırır. Biyoçeşitlilik de çevremizdeki ekolojik sistemlere benzer değerleri sunmaktadır. "*Biyoçeşitlilik*", ya da kısaca "*biyoçeşitlilik*", bir bölgedeki genlerin, türlerin, ekosistemlerin ve ekolojik olayların oluşturduğu bir bütündür (Boyacı, 2023). Birleşmiş Milletler Biyoçeşitlilik Sözleşmesinde "*Biyoçeşitlilik*" kara, deniz ve diğer su ekosistemleri ile bu ekosistemlerin bir parçası olduğu ekolojik kompleksler de dahil olmak üzere, tüm kaynaklardan canlı organizmalar arasındaki farklılıklar şeklinde tanımlanır (Anonim, 1992). Biyoçeşitlilik, ekosistem çeşitliliği, tür çeşitliliği ve genetik çeşitlilikten oluşmaktadır (Polat, 2017).

Makrofitlerin tür zenginliği ve bulunma sıklığı o gölün verimliliği hakkında önemli bilgiler verir. Özellikle bir gölde sucul bitkilerin azlığı veya çokluğu o gölün kullanım amacını belirlemek bakımından çok önemli bir gösterge olabilirken, gölün oluşum ve gelişim süreçleri (*paleolimnoloji*) hakkında çok önemli bilgiler verebilmektedir. Kimi zaman verimlilik göstergesi olabilen sucul bitkilerin ekosistem dengesini bozacak düzeyde artmaları kirlilik ve göl sisteminin yok oluşunun göstergesi olarak da değerlendirilebilmektedir (Bolat vd., 2015).

Göller bölgesi ve yakın çevresi yüzey su kaynaklarındaki tür bazında sucul bitki biyoçeşitliliği ile ilgili çalışmalara göre, bölgede 43 familyaya ait 144 sucul bitki türü (Tablo 2) bildirilmiştir. *Polygonum amphibium* L., *Butomus umbellatus* L., *Lotus cornicalatus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *Potamogeton lucens* L., *Sparganium erectum* L., *Ceratophyllum demersum* L., *Eleocharis palustris* L., *Phragmites australis* (Cav). Trin. ex Steud., *Mentha aquatica* L., *Nasturtium officinale* R.Br., ve *Typha angustifolia* L., birçok su kaynağında yaygın olarak bulunurlar (Şekil 2) ve ortamda baskın olan sucul bitki türleridir (Küçüköyük & Ketenoğlu, 1996; Kesici, 1997; Seçmen & Leblebici, 2008; Kesici vd., 2009; Koç, 2013; Barinova vd., 2014; Güllü vd., 2015; Bolat vd., 2015; Güllü vd., 2022).



a. *Polygonum amphibium*



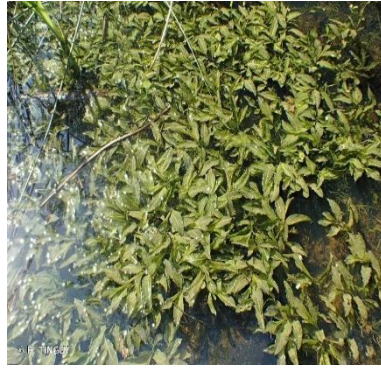
b. *Butomus umbellatus*



c. *Lotus cornicalatus*



d. *Myriophyllum spicatum*



e. *Potamogeton lucens*



f. *Sparganium erectum*



g. *Ceratophyllum demersum*



h. *Eleocharis palustris*



i. *Phragmites australis*



j. *Mentha aquatica*



k. *Nasturtium officinale*



k. *Typha angustifolia*

Şekil 2. Göller bölgesi yüzey su kaynaklarındaki yaygın görülen sucul makrofitler.

Tablo 2. Göller Bölgesi yüzey su kaynaklarındaki sucul bitki türleri.

Bilimsel Adı	Türkçe Adı	Familya	Bulunuş yeri	Sıklık
<i>Sagittaria sagittifolia</i> L.	Su oku	<i>Alismataceae</i>	Eğirdir, Beyşehir G.	+
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	Susinirotu	<i>Alismataceae</i>	Eğirdir G.	+
<i>A. lanceolatum</i> L.	Mızrakotu	<i>Alismataceae</i>	Eğirdir, Eber, Beyşehir G.	++
<i>A. gramineum</i> Lej.	Daryapraklı su sinirotu	<i>Alismataceae</i>	Eğirdir, Karamık, Eber, Akşehir, Iğın, Kovada, Beyşehir, Suğla G.	++
<i>Baldellia ranunculoides</i> L.		<i>Alismataceae</i>	Karamık, Beyşehir G.	+
<i>Damasonium alisma</i> Miller	Yıldızotu	<i>Alismataceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Bidens tripartita</i> L.	Su papatyası	<i>Asteraceae</i>	Akşehir, Beyşehir	+++
<i>Pulicaria dysenterica</i> L.		<i>Asteraceae</i>	Akşehir, Işıklı G.	+
<i>Cirsium creticum</i> Lam.	Girit devedikeni	<i>Asteraceae</i>	Akşehir G.	+
<i>C. pseudocreticum</i> Davis & Parris	Kanatlı devedikeni	<i>Asteraceae</i>	Akşehir G.	+
<i>C. vestitum</i> Wimmer & Grab	Tarla devedikeni	<i>Asteraceae</i>	Akşehir, Kovada, Beyşehir G.	++
<i>Scorzonera parviflora</i> Jacq.	Küçükçiçekli devedikeni	<i>Asteraceae</i>	Gökgöl, Akşehir, Acıgöl	+
<i>Berula erecta</i> Huds	Şemsiyeçiçeklisi	<i>Apiaceae</i>	Eğirdir, Akşehir	+
<i>Apium nodiflorum</i> L.		<i>Apiaceae</i>	Eğirdir, Karamık, Acıgöl	+
<i>Bupleurum heldreichii</i> Boiss & Bal		<i>Apiaceae</i>	Acıgöl	+
<i>B. euboicum</i> Beauverd		<i>Apiaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Apium graveolens</i> L.	Su kerevizi	<i>Apiaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Oenanthe aquatica</i> L.	Su rezenesi	<i>Apiaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Acorus calamus</i> L.	Hazanbalı	<i>Araceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Barbarea verna</i> Mill	Kış teresi	<i>Barbarea</i>	Beyşehir	++
<i>Veronica aquatica</i> L.	Tavşanotu	<i>Boraginaceae</i>	Tüm Kaynaklar	++
<i>V. anagallodies</i> Guss		<i>Boraginaceae</i>	Tüm Kaynaklar	++
<i>Gratiola officinalis</i> L.	Tıbbi hüdaverdiotu	<i>Boraginaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Lepidium latifolium</i> L.	Geniş Yapraklı Tere	<i>Brassicaceae</i>	Eğirdir, Eber, Akşehir, Gölhisar, Burdur G.	++
<i>Rorippa amphibia</i> L.	Su teresi	<i>Brassicaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>Hymenolobus procumbens</i> L.		<i>Brassicaceae</i>	Akşehir	+
<i>Nasturtium officinale</i> L.	Su Teresi	<i>Brassicaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>Rorippa austriaca</i> Crantz		<i>Brassicaceae</i>	Iğın G.	++
<i>R. sylvestre</i> L.		<i>Brassicaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>R. aurea</i> Boiss & Heldr		<i>Brassicaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>R. amphibia</i> L.	Gölçakandura	<i>Brassicaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>Butomus umbellatus</i> L.	Çiçekli hasırsazı	<i>Butomaceae</i>	Tüm Kaynaklar	+++
<i>Spergularia media</i> L.	Su Karanfil	<i>Caryophyllaceae</i>	Eber, Akşehir G.	++
<i>S. marina</i> L.		<i>Caryophyllaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	Suboynuzotu	<i>Ceratophyllaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>Chara sp.</i> L.	Su şamdanı	<i>Characeae</i>	Işıklı, Eğirdir, Beyşehir, Akşehir, Eber G.	++
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	Su kazayağı	<i>Chenopodiaceae</i>	Eber G.	+
<i>Calystegia sepium</i> L.	Çitsarmaşığı	<i>Convolvulaceae</i>	Eber, Akşehir G.	++
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Tarla sarmaşığı	<i>Convolvulaceae</i>	Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>Eleocharis palustris</i> L.	Bataklık sivrisazı	<i>Cyperaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>Schoenoplectus lacustris</i> L.	Göl hasırsazı	<i>Cyperaceae</i>	Tüm kaynaklar	++
<i>Bolboschoenus maritimus</i> L.		<i>Cyperaceae</i>	Tüm kaynaklar	++
<i>Bolboschoenus cymosus</i> Reichb		<i>Cyperaceae</i>	Eğirdir G.	++
<i>Scirpoides holoschoenus</i> L.	Vurla	<i>Cyperaceae</i>	Eğirdir, Acıgöl, Çorak, Burdur, Kovada, Beyşehir G.	++
<i>Schoenoplectus litoralis</i> Schrader	Sahil hasırsazı	<i>Cyperaceae</i>	Işıklı, Akşehir G.	+++
<i>Cyperus longus</i> L.	Kırkboğum	<i>Cyperaceae</i>	Gölhisar, Beyşehir G.	+
<i>C. glaber</i> L.		<i>Cyperaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Elatine alsinastrum</i> L.	Su otu	<i>Elatinaceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Elodea canadensis</i> Mitchaux	Bataklıkseven	<i>Elodea</i>	Eğirdir, Işıklı, Beyşehir G.	++
<i>Euphorbia palustris</i> L.	Bataklı sütleğeni	<i>Euphorbiaceae</i>	Gökgöl, Eğirdir, Beyşehir G.	+
<i>Lotus cornicalatus</i> L.	Gazelboynuzotu	<i>Fabaceae</i>	Karamık, Akşehir, Acıgöl, Çorak, Beyşehir G.	++
<i>Galega officinalis</i> L.	Keçisakalı	<i>Fabaceae</i>	Akşehir G.	+
<i>Sphaerophysa kotschyana</i> Boiss		<i>Fabaceae</i>	Akşehir G, Acıgöl	+
<i>Alhagi pseudoalhagi</i> Bieb		<i>Fabaceae</i>	Akşehir G.	+

<i>Tetragonobolus maritimus</i> L.		<i>Fabaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Lotus angustissimus</i> L.	Daryapraklı gazelotu	<i>Fabaceae</i>	Beyşehir G.	++
<i>Frankenia hirtusa</i> L.		<i>Frankeniaceae</i>	Akşehir, Ilgın, Burdur G.	+
<i>Centaurium teniflorum</i> Hoffmans & Link	Su kantaronu	<i>Gentianaceae</i>	Eğirdir G.	+
<i>C. pulchellum</i> Swartz	Küçük su kantaronu	<i>Gentianaceae</i>	Akşehir G.	+
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Sürüngen ayrık çimi	<i>Gramineae</i>	Işıkli, Eğirdir, Beyşehir G.	+
<i>Phalaris arundinacea</i> L.	Yem konyası	<i>Gramineae</i>	Eğirdir, Gölcük, Beyşehir G.	+
<i>Alopecurus arundinaceus</i> Poiret	Kamışsı tilkikuyruğu	<i>Gramineae</i>	Işıkli, Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>Phragmites australis</i> L.	Kamış	<i>Gramineae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>Polyopogon monspeliensis</i> L.		<i>Gramineae</i>	Karamık, Eber, Akşehir G.	+
<i>Catabrosa aquatica</i> L.	Pınarotu	<i>Gramineae</i>	Işıkli, Karamık, Akşehir, Çorak G.	+
<i>Aeluropus littoralis</i> Gouan		<i>Gramineae</i>	Eber, Akşehir G.	+
<i>Alopecurus myosuroides</i> Hudson		<i>Gramineae</i>	Akşehir, Gölhisar G.	+
<i>Echinochloa crus-galli</i> L.		<i>Gramineae</i>	Işıkli, Akşehir G.	++
<i>Puccinellia gigantea</i> Grosh		<i>Gramineae</i>	Acıgöl	+
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	Başaklı civansuperçemi	<i>Haloragidaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>M. verticillatum</i> L.	Halkalı civansuperçemi	<i>Haloragidaceae</i>	Işıkli, Gökgöl, Karamık, Eber, Beyşehir G.	++
<i>Hippuris vulgaris</i> L.	Adıkısrakkuyruğu	<i>Hippuridaceae</i>	Işıkli, Eğirdir, Eber G.	+
<i>Hydrocharis morsus ranae</i> L.	Kurbağa zehir otu	<i>Hydrocharitaceae</i>	Eğirdir, Eber, Beyşehir G.	++
<i>Vallisneria spiralis</i> L.	Kurdelaotu	<i>Hydrocharitaceae</i>	Eğirdir, Karamık G.	+
<i>Iris psedocorus</i> L.	Sarısüsen	<i>İridaceae</i>	Işıkli, Gökgöl, Akşehir, Beyşehir G.	+++
<i>I. orientalis</i> Miller	Doğu süseni	<i>İridaceae</i>	Akşehir G.	++
<i>Juncus orientalis</i> Snog	Hasır otu	<i>Juncaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>J. hybridus</i> Brot	Melez hasırotu	<i>Juncaceae</i>	Eğirdir, Salda G.	++
<i>J. sparganifolius</i> Boiss & Kotschy	Sığırsazı hasırotu	<i>Juncaceae</i>	Eğirdir, Salda G.	++
<i>J. articulatus</i> L.	Eklemlı hasırotu	<i>Juncaceae</i>	Eğirdir, Karamık, Akşehir, Ilgın, Beyşehir G.	++
<i>J. libanoticus</i> Thieb		<i>Juncaceae</i>	Akşehir G.	+
<i>J. inflexus</i> L.		<i>Juncaceae</i>	Akşehir, Kovada G.	+
<i>J. compressus</i> Jacq		<i>Juncaceae</i>	Ilgın, Kovada G.	+
<i>J. maritimus</i> Lam.	Denizhasırotu	<i>Juncaceae</i>	Acıgöl, Burdur, Işıkli G.	++
<i>J. gerardi</i> Loisel		<i>Juncaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Kurtayağı	<i>Lamiaceae</i>	Eğirdir, Akşehir G.	+
<i>Lemna minör</i> L.	Su Mercimeği	<i>Lemnaceae</i>	Işıkli, Gökgöl, Eğirdir, Ilgın, Beyşehir G.	++
<i>L. trisulca</i> L.	Zincirsi su mercimeği	<i>Lemnaceae</i>	Gökgöl, Eber, Ilgın G.	++
<i>L. turionifera</i> Landolt		<i>Lemnaceae</i>	Beyşehir G.	++
<i>Utricularia australis</i> R.Br.	Su miğferi	<i>Lentibulariaceae</i>	Işıkli, Gökgöl, Karamık, Akşehir, Beyşehir, Suğla G.	++
<i>U. vulgaris</i> L.	Adi miğfer	<i>Lentibulariaceae</i>	Karamık, Eber G.	++
<i>Lythrum salicaria</i> L.	Aklarotu	<i>Lythraceae</i>	Eğirdir, Akşehir, Kovada, Beyşehir G.	+
<i>L. thymifolia</i> L.		<i>Lythraceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>L. tribracteatum</i> Salzm.		<i>Lythraceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Althaea cannabina</i> L.	Kenevir hatmi	<i>Malvaceae</i>	Eğirdir G.	+
<i>A. officinalis</i> L.	Tıbbi hatmi	<i>Malvaceae</i>	Eber, Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>Najas sp.</i> L.	Su perisi	<i>Najadaceae</i>	Eğirdir G.	+
<i>N. armata</i> Lindb.fil.	Dikenli su perisi	<i>Najadaceae</i>	Eğirdir, Eber, Beyşehir G.	+
<i>N. minör</i> All	Küçük superisi	<i>Najadaceae</i>	Beyşehir G.	++
<i>Nuphar lutea</i> L.	Sarı Nilüfer	<i>Nymphaeaceae</i>	Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>Nymphaea alba</i> L.	Beyaz Nilüfer	<i>Nymphaeaceae</i>	Işıkli, Karamık, Gölhisar, Beyşehir G.	+++
<i>Epilobium hirsutum</i> L.	Tüylü yakıotu	<i>Onagraceae</i>	Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>E. parviflorum</i> Schreber	Küçük çiçekli yakıotu	<i>Onagraceae</i>	Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>E. tetragonum</i> L.	Dört köşeli yakıotu	<i>Onagraceae</i>	Beyşehir G.	+
<i>Plantago lanceolata</i> L.	Mızraklı sinirotu	<i>Plumbaginaceae</i>	Akşehir G.	++
<i>Limonium bellidifolium</i> Gouan	Papatya yapraklı kunduzotu	<i>Plumbaginaceae</i>	Acıgöl	+
<i>Polygonum amphibium</i> L.	Su Çoban değneği	<i>Polygonaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>P. lapathifolium</i> L.	Boğumlu çobandeğneği	<i>Polygonaceae</i>	Akşehir, Beyşehir G.	++

<i>P. persicaria</i> L.	Kırmızı çobanedeğneği	<i>Polygonaceae</i>	Işıklı, Akşehir, Beyşehir G.	++
<i>Rumex crispus</i> L.	Kıvırcık labada	<i>Polygonaceae</i>	Karamık G.	+
<i>R. conglomeratus</i> Murray	Yumaksı labada	<i>Polygonaceae</i>	Akşehir G.	+
<i>Potamogeton natans</i> L.	Denizdili	<i>Potamogetonaceae</i>	Eğirdir G.	++
<i>P. nodolus</i> Poiret	Boğumlu su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>P. lucens</i> L.	Parlak su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>P. perfoliatus</i> L.	Sarı yapraklı su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Akşehir, Ilgın, Beyşehir G.	++
<i>P. panormitanus</i> Biv.	Küçük su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Eğirdir, Akşehir, Kovada, Beyşehir G.	++
<i>P. pectinatus</i> L.	Taraksı su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Tüm kaynaklar	+++
<i>P. crispus</i> L.	Kıvırcık su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Gölhisar, Kovada, Beyşehir G.	+
<i>P. gramineus</i> L.	Değişken yapraklı su sümbül	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Suğla G.	+
<i>P. pusillus</i> L.	Güdük su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Eğirdir, Kovada G.	+
<i>Stuckenia pectinata</i> L.	Su tarağı	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Karamık G.	++
<i>Groenlandia densa</i> L.	Sık yapraklı su sümbülü	<i>Potamogetonaceae</i>	Işıklı, Gökgöl, Karamık, Akşehir, Kovada G.	+
<i>Ranunculus scleratus</i> L.	Zehirli düğün çiçeği	<i>Ranunculaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Eber, Akşehir G.	++
<i>R. trichophyllus</i> Chaix	Yüylü yapraklı düğün çiçeği	<i>Ranunculaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Ilgın G.	+
<i>R. saniculifolius</i> Viv.	Değişken yapraklı düğün çiçeği	<i>Ranunculaceae</i>	Tüm kaynaklar	++
<i>R. sphaerospermus</i> Boiss &Blanche	Küremsi tohumlu düğün çiçeği	<i>Ranunculaceae</i>	Işıklı, Eber G.	+
<i>R. repens</i> L.	Yatkıgövdeli düğün çiçeği	<i>Ranunculaceae</i>	Akşehir, Burdur G.	+
<i>R. peltatus</i> subsp. <i>fucoides</i> Freyn	Ak Yağlıçanak	<i>Ranunculaceae</i>	Eğirdir, Işıklı G.	+
<i>Potentilla reptans</i> L.	Beşparmakotu	<i>Rosaceae</i>	Eğirdir, Gölcük G.	+
<i>Sparganium erectum</i> L.	Dikkoza kamışı	<i>Sparganiaceae</i>	Gökgöl, Eğirdir, Karamık, Eber, Akşehir, Kovada, Beyşehir G.	++
<i>Tamarix smyrnensis</i> Bunge	Su ılgını	<i>Tamaricaceae</i>	Işıklı, Eğirdir, Gölcük, Kovada G.	++
<i>T. parviflora</i> DC.	Küçük Çiçekli Ilgın	<i>Tamaricaceae</i>	Eber, Akşehir, Salda G.	+
<i>Typha angustifolia</i> L.	Dar yapraklı hasır kamışı	<i>Typhaceae</i>	Karamık, Akşehir, Eğirdir, Beyşehir G.	++
<i>T. domingensis</i> Pers.	Soluk yapraklı hasır kamışı	<i>Typhaceae</i>	Işıklı, Acıgöl, Burdur G.	++
<i>T. laxmannii</i> Lepechin	Hasır kamışı	<i>Typhaceae</i>	Kovada G.	++
<i>Lycopus europaeus</i> L.	Avrupa kurtayağı	<i>Verbenaceae</i>	Eğirdir, Akşehir G.	+
<i>Teucrium scordium</i> L.		<i>Verbenaceae</i>	Karamık, Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>Mentha longifolia</i> L.	Küçük su nanesi	<i>Verbenaceae</i>	Gökgöl, Beyşehir, Işıklı G.	++
<i>M. spicata</i> L.	Başcıklı nane	<i>Verbenaceae</i>	Karamık, Akşehir, Beyşehir G.	+++
<i>M. pulegium</i> L.	Su yarpuzu	<i>Verbenaceae</i>	Akşehir G.	++
<i>M. suaveolens</i> Ehrh.	Tatlı kokulu nane	<i>Verbenaceae</i>	Gölhisar G.	++
<i>M. aquatica</i> L.	Su nanesi	<i>Verbenaceae</i>	Gökgöl, Beyşehir, Işıklı G.	+++
<i>Verbena officinalis</i> L.	Tıbbi mineçiçeği	<i>Verbenaceae</i>	Işıklı, Akşehir, Beyşehir G.	+
<i>Zannichellia palustris</i> L.		<i>Zannichelliceae</i>	Işıklı, Gökgöl, Eğirdir, Eber, Gölhisar, Beyşehir G.	+

+ az, ++ orta, +++ yoğun

(Küçükökdük ve Ketenoğlu 1996; Kesici 1997; Seçmen ve Leblebici 2008; Kesici vd. 2009; Koç 2013; Barinova vd. 2014; Güllü vd. 2015; Bolat vd. 2015; Güllü vd. 2022).

1.3. Yayılış, Dağılım ve Ekolojik İlişkiler

1.3.1. Yayılış ve Dağılımı Etkileyen Faktörler

Bunlar, su kütesinin morfolojisi, derinliği, rakımı kıyı eğimi, su, ortamdaki ışık, sıcaklık, pH, tuzluluk, basınç, su hareketi, sediment yapısı gibi abiyotik faktörler ile abiyotik faktörlere karşı

türlerin toleransları, diğer makrofitlerle rekabet ilişkileri, herbivorlar, patojenlerin etkileri gibi biyotik faktörlerdir. Herbivor balıklar, zooplankton, fitoplankton, omurgasızlar ve diğer canlıların makrofitler üzerine etkileri vardır (Demir, 2020; Yıldız vd., 2020). Göllerin morfometrik özellikleri ve Secchi diski derinliğinin makrofitler üzerine önemli etkileri vardır. Sucul bitkilerin maksimum kolonizasyon derinliği ve maksimum bitki biyokütlesi derinliği, Secchi diski derinliği ile ilişkilidir. Berrak, sığ göller ve sulak alanlarda litoral bölgenin genişliği su bitkisi biyokütlesinin artmasına yol açmaktadır (Duarte & Kalff, 1990).

Akarsularda bulunan sucul bitkilerin üreme organları akışla akarsu boyunca taşınır, sellerle akarsu ile ilişkili kanallara, diğer su kütlelerine dağılabilir. Tohumlar, gövde parçaları, kuşlar ve diğer sucul hayvanlara tutunarak veya sindirim sistemi yoluyla taşınabilir. Yayılımı etkileyen önemli bir faktör de rüzgârdır. *Phragmites australis* L. ve *Typha latifolia* L. gibi küçük tohumları rüzgârla taşınan bitkiler tüm dünyada geniş bir dağılım göstermektedir (Lesiv vd., 2020; Troia, 2023).

1.3.2. Horizontal ve Vertikal Dağılım

Yüzey suların genellikle litoral bölgelerinde yoğunluk gösteren sucul bitkilerin varlığını, su kaynağının kökeni, morfolojik yapısı, su kalite özellikleri, ötrofikasyon ve su kaynağının kullanım özellikleri olumlu ya da olumsuz yönde etkiler. Sucul bitkiler göllerde ve sulak alanlarda su seviyesinin düşük olduğu sığ kesimlerde bulunurlar ve sucul ortamdaki buharlaşma ve terlemeyi (evapotranspirasyon) artırırlar. Yeterli ışık varsa 2 m'nin altındaki derinliklerde de akuatik vejetasyon yoğun bir örtü oluşturur, ancak derinlik arttıkça makrofit tür sayısı da azalır. *Potamogeton perfoliatus* L. gibi uzun boylu türler derinlik azalmasına bağlı olarak gölün iç kesimlerine doğru çekilmekte, kumlu-killi zeminlerde topluluk oluşturmaktadır. Bölgede Eğirdir ve Kovada göllerine sonradan girmiş egzotik yayılıcı bir tür olan *Elodea canadensis* Mitchaux tüm su sütununda gelişmekte ve su hacmini kaplamaktadır (Kesici vd., 2009, 2012). Derinliğin 9 metreyi geçtiği yerlerde ayrıca zeminin taşlı, makrofit gelişimi için substratın uygun olmadığı kesimlerde sucul bitkiler görülmez. Eğirdir Gölünde genellikle kıyıdan itibaren 4,5 m derinliğe kadar olan bölgede makro alglerden *Chara* spp. ile daha derin bölgelerde makrofitlerden *Potamogeton* spp., *Myriophyllum* spp. ve *Ceratophyllum demersum* gibi türler bulunur (Bolat vd., 2015).

1.3.3. Sucul Bitkilerin İlişkileri ve Ekolojik Etkileri

Herbivor beslenen türlerin varlığı ve baskınlığı, su kütleindeki makrofit varlığını önemli derecede kısıtlar. Herbivor beslenme yanında sulardan (Karamık, Eber, Eğirdir Gölü Hoyran bölümü) çeşitli kullanım amaçlarıyla sucul bitkilerin (saz, kamış, hasır sazı, su teresi vb.) insanlar tarafından kesilmesi veya toplanması da sucul bitki varlığını kısıtlayabilir. Mevsim değişiklikleri de makrofit varlığını etkiler. Kış aylarında su yüzeyinin donması ve yaz aylarında ise kuraklık ve aşırı su çekilmesi makrofitleri olumsuz etkilemektedir. Göl sedimentlerini ekolojik olarak önemli kılan unsurlar; bitkisel ve hayvansal organizmalar için substratum oluşturmaları, göl ekosisteminin enerji kaynağı olmaları, kimyasal tampon ve gölün geçmişini kayıt etmeleridir (paleolimnoloji) (Pulatsü vd., 2015). Sedimentin yapısı ve bileşimi makrofitlerin yaşamlarını sürdürebilmeleri için önemli bir faktördür. Taşlı, çakıllı, kil oranı çok düşük sedimentlere tutunan makrofitler su hareketlerinden olumsuz etkilenir, kopup parçalanabilir. Sedimentin yapısı ve bileşimi uygunsa sucul bitki gelişimi güçlü ve vejetasyon sürekliliği daha sağlıklı olur. Submers ve köklü yüzen yapraklı makrofitlerin kök yapılarının yaygın ve kuvvetli olması sediment stabilizasyonunu artırır, askıda katı maddelerin (AKM) çökmesini sağlar ve su-sediment arasındaki besin elementi geçişini en aza indirir. Bu süreç sularda bulanıklığı azaltır, ışık geçirgenliğini artırır. Sucul bitkiler kök yapıları sayesinde göl ve akarsu tabanındaki aşınma ve taşınmayı önler (Ersoy, 2019).

Su kaynaklarındaki organik ve inorganik kirlilik bazen su bitkilerinin ölümüne yol açarken; çoğunlukla da kirliliği oluşturan maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanıp ayrıştırılması yüksek düzeyde bitki besin elementlerinin artmasına, bu süreç de sudaki makrofitlerin aşırı çoğalmasına neden olur. Aşırı çoğalan bitkiler su yüzeyini kaplayıp sudaki diğer canlı organizmalar için tehdit oluşturur. Buna benzer problemler son yıllarda, Eber, Karamık, Eğirdir, Kovada ve Çivril göllerinde izlenmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Göllerde aşırı bitki gelişimi Kovada Gölü (sağ), Işıklı Gölü (sol) (Fotoğraf: O.Çetinkaya 2022).

1.4. Bölgede Sucul Bitkilerinin Kullanımı

Phragmites australis L. bölgedeki Eber, Akşehir, Karamık ve Eğirdir Hoyran Gölü çevresinde yaşayan halk tarafından kesilip toplanır, kurutulur. Toplanan kamışlar balyalar halinde kamış ticareti yapan tüccarlara satılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Sulak alanlardan kesilip satılmak üzere biriktirilen kamış balyaları.

(<https://www.yurtgazetesi.com.tr/yerel/sultansazligindan-dunyaya-kamis-ihracati-h192503.html>)

Toplanan kamışlardan hasır, süs eşyası, çatı malzemesi, ev mobilya dekorasyonu, sebze meyve yetiştirme (sırık) ve sepet yapılarak ekonomik bir kazanç sağlanmaktadır (Şekil 5). Aynı zamanda kamışlar kışın ısınma amaçlı yakacak olarak ve kuş gözlemcilğinde kullanılır.



Şekil 5. Bölgede kamış kullanılarak yapılan örme hasır.
(<https://www.hasirbambudekorasyon.com/sayfa/kamis-hasir>)

Diğer ülkelerde olduğu gibi (Tasleem, 2016) bölgede de Nilüferler (*Nuphar* spp., Tablo 2) rekreasyonel ve eko-turizm amaçlı olarak kullanılmakta, sucul alanın insanlar tarafından ziyaret edilmesinde bir cazibe unsuru oluşturmaktadır. Sucul bitkilerin bir diğer önemli kullanım alanı da akvaryum sektörüdür. Bölge sucul bitkilerinin bir kısmı akvaryumculukta kullanılır, ticareti yapılır. Işıklı-Çivril Baraj Gölü (Şekil 6) ve Beyşehir Gölü'nde sucul makrofitler eko-turizmde rekreasyonel amaçlı kullanılmaktadır. Suları berrak, temiz su kaynaklarında doğal olarak yetişen su teresi (*Nasturtium officinale* Tablo 2, Şekil 2-j) toplanarak semt pazarlarında insan tüketimi amaçlı yeşillik olarak satışa sunulmaktadır.



Şekil 6. Çivril Işıklı Gölü'nde nilüfer tekne turları (Fotoğraf: S. Çetinkaya 2022).

1.5. Sucul Bitkiler ve Kaynak Kullanımı

Göller Bölgesi yüzey su kaynaklarının çoğunluğunu doğal göller ve baraj gölleri oluşturmaktadır. Bu kaynaklar genellikle, balıkçılık (Eğirdir, Beyşehir, Işıklı, Karamık, Eber, Suğla, Karacaören-I,

Göhlisar vd.) kurbağa ve tıbbi sülük toplayıcılığı (Eğirdir, Eber, Karamık, Işıklı), tarımsal sulama, içme suyu, rekreasyon, su sporları (Beyşehir, Eğirdir, Salda, Işıklı ve diğer baraj gölleri), tuz ve soda üretimi (Acıgöl), kara avcılığı (Işıklı BG, özellikle su kuşları) ve eko-turizm (Beyşehir, Eğirdir, Işıklı, Kovada, Gölcük) amaçlarıyla kullanılmaktadır. Kovada Gölü milli park statüsüne sahiptir. Bu faaliyetlerin hemen hepsi su kaynaklarının yapısı, su seviyeleri, su kaliteleri, flora ve faunayı bir şekilde etkilemektedir.

Göllere ve baraj göllerinde su ürünleri kooperatifleri tarafından kiralama usulüyle balıkçılık yapılmaktadır. Balıkçılık operasyonları sırasında tekneler ve av araçları (uzatma ağı, pinter) sucul bitkileri kökünden sökerek, koparıp parçalayarak zarar vermektedir. Buna karşılık yoğun makrofit örtüsü bulunan yerlerde göl aynasına ulaşım zorlaşmakta, uzatma ağlarının makrofitlere takılıp dolaşması, ağların çekimini zorlaştırmakta, parçalanmasına ve kullanılmaz hale gelmesine neden olmaktadır. Bazı kesimlerde yoğun makrofit örtüsü balıkçı teknelerinin pervanelerine dolanmakta, navigasyon zorlaşmakta, av verimi düşmekte hatta hiç avcılık yapılamaz hale gelmektedir. Buna karşılık tekne pervaneleri ile küçük parçalara ayrılan makrofitler, özellikle de istilacı iseler, tüm su kaynağına yayılmakta istila açısından avantaj kazanmaktadır. Beyşehir ve Eğirdir Gölleri ile Işıklı BG'de eko-turizm amaçlı yazın düzenlenen gezi ve nilüfer izleme turları nedeniyle (Şekil 6) yoğun bir tekne trafiği oluşmakta, bu trafik ve geziye katılanların makrofitleri koparması su bitkileri üzerinde olumsuz bir etki oluşturmaktadır.

Bölgede tarımsal sulama için su ihtiyacı genellikle yüzey sularından (göl, baraj gölü, gölet, akarsu, kanal vb.) karşılanmaktadır. Sulama amaçlı çekilen su miktarının artması makrofitlerin yaşam alanlarının daralmasına, ilerleyen safhalarda yaşam alanlarının yok olmasına neden olmaktadır. Sucul bitkilerin yerinden sökülerek sürüklenmesi, parçalanarak sulama kanallarını tıkaması, pompajın durması, sulama sistemine ve çiftçilere büyük ekonomik zararlar vermektedir.

Bölgede (Eğirdir, Karamık, Işıklı-Çivril, Beyşehir, Eber vd.) tekneler de kullanılarak kuş avcılığı yapılmaktadır (Şekil 7). Avcılık sırasında sucul bitkiler teknelerden zarar görmekte, ayrıca avcılar için saklanma alanı/siper oluşturmak amacıyla kesilmekte, bazen yakılmaktadır.



Şekil 7. Sulak alanlarda kuş (ördek, kaz, meke vd.) avcılığı. (<https://tr.pinterest.com/pin>)

1.6. Sucul Bitkileri Üzerindeki Tehditler

1.6.1. Sel ve Taşkınlar

Sel ve taşkınlar nehir yatağının eğimine ve bitki boyutuna bağlı olarak, bitkileri yerinden sökebilir veya sucul bitki topluluklarını bozup dağıtabilir. Bazı durumlarda sürüklenen kaba sediment akarsu yatağındaki ince taneli, faydalı sedimentleri tamamen ortadan kaldıracaktır, üzerini iri kum ve çakılla örtebilir, kıyıların uzun süre su altında kalmasına neden olabilir (Bornette vd., 2008). Sel ve taşkınların sıklığı ve/veya yoğunluğu, su bitkilerinin kırılmasına veya köklerinden sökülmesine yol açar (Bornette & Puijalon 2009).

Uzun süreli sel baskınlarının oldukça farklı etkileri görülmüştür. Sel ve taşkın sonucu suyun bulanması ve bulanıklığın uzun sürmesi (birkaç hafta) sucul bitkilerinin büyümelerini engellemektedir. Nehir boyu yayılım gösteren sucul bitkiler de sel ve taşkından etkilenebilir, bir yandan bitkilerin taşkın sedimentleri ile örtülmesi ve parçalanmasına bir yandan da oluşan bulanıklık yetersiz ışık ve kök bölgesindeki oksijensizlik sorununa yol açabilir (Blom vd., 1994).

1.6.2. Su Çekilmesi ve Kuraklık

Göl, akarsu ve sulak alanlarda su çekilmesi ve kuraklık su bitkilerinin yaşamlarını olumsuz etkileyen en önemli faktördür. Sucul bitkiler için temel ihtiyaç sudur. Tarımsal sulama, HES ve diğer amaçlar (içme suyu ve endüstriyel ihtiyaçlar) için sulak alanlardan aşırı su çekilmesi ve küresel ısınma, buharlaşmanın artması sonucu meydana gelen kuraklık nedeniyle sulak alanlarda büyük su kayıpları yaşanmaktadır. Göller Bölgesi yüzey sularının hemen hemen tümünde bu sorunla karşılaşmaktadır. Yakın zamanda Yarışlı Gölü tamamen kurumuş, Akşehir Gölü ve Burdur Gölü büyük alan kaybetmiştir. Suyun çekilmesiyle bitki beslenmesi, tutunması, üremesi ve solunumu durmakta ve ileri aşamalarda bitki tamamen ölmektedir.

1.7. Sucul Bitkilerin Yol Açtığı Problemler

Sucul bitkiler aşırı çoğalıp geliştiklerinde, su kütlesi ve yüzeyini kaplar. Ölmeleri ve çürümeleri sonucunda da suda organik madde artışına yol açarlar. Bu süreçte oksijen tüketirler, suda çözünmüş oksijenin düşmesine neden olurlar. Su yüzeyini kaplayarak ışığın suyun içerisine geçişini ve yayılımını azaltır, alg fotosentezini sınırlayabilirler. İç sularda aşırı çoğalan su bitkileri sulama kanallarında, toprak balık havuzlarında, içme suyu kaynak, depo ve iletim sistemlerinde, göl, akarsu ve göletlerde sorunlar oluştururlar. Aşırı makrofit gelişimi, balık yetiştiriciliği ve avcılığını zorlaştırmanın (tekne ve ağların zarar görmesi) yanı sıra rekreasyonel açıdan da problem oluşturabilir. Bitkilerin aşırı gelişmeleri su kütlelerinin kullanımlarını sınırlandırabilir veya bozabilir. Tampon kapasiteleri yetersiz sularda aşırı gelişen sucul bitkiler, gün içinde önemli bir pH değişimine de neden olabilirler. Bu da suda yaşayan organizmaları olumsuz yönde etkileyebilir (DSİ, 2009; Coşkun & Demir, 2019). Su kullanımı açısından, sulama ve içme suyu amaçlı sığ göl ve rezervuarlarda aşırı makrofit gelişimi su depolama hacmini azaltır, sulama kanallarını tıkayarak su iletimini engeller, damlama ve yağmurlama sulama sistemlerini, ızgara ve maslak filtrelerini tıkar, çalışmaz hale getirir, HES'lerde tıkanma ve tribün hasarına sebep olur, rüzgâr ve fırtına ile sahile sürüklenen sucul bitkiler çürüyerek koku oluşturur, sahil kullanımı ve estetik görünüme zarar verirken, evaporasyonla su kayıplarını artırır (DSİ, 2009).

1.8. İstilacı Sucul Bitkiler ve Etkileri

Doğal yayılım alanlarından alınarak başka sulara insan eliyle bilinçli veya istemeyerek taşınan bitkilere “*egzotik sucul bitkiler*” denir. Egzotik türlerden sucul ortamda hızla gelişerek yoğun bir örtü oluşturan, su kaynağındaki yerli türlerin gelişimini engelleyen, su kaynağının insanlar ve sucul canlılar tarafından verimli kullanımını engelleyen türlere ise “*istilacı sucul bitkiler*” denmektedir (DSİ, 2009). Sucul bitkiler tatlı sularda çok hızlı yayılım gösterir ve önemli bir problem olan biyolojik istilaya sebep olurlar. İstilacı bitkiler sucul ekosistemin dengesini bozmakta hatta su yüzeyini kaplayıp suya ışık girişini ve yayılımını bozduklarından diğer sucul bitkilerin yok olmasına neden olabilirler. İçme suyu alınan su kaynaklarında istilacıların çoğalması insan sağlığını da olumsuz etkileyebilir (Willby, 2007).

Egzotik istilacı sucul bitkiler, çeşitli ekolojik etkilere sahip ciddi bir çevre sorunudur. Vejetatif parçalanma ve dağılma vektörleriyle hızla çoğaldıklarından sucul ekosistemlerin ciddi ve kalıcı şekilde bozulmasına neden olabilirler. İstilacı türler genellikle abiyotik faktörlere karşı geniş bir toleransına ayrıca biyotik etkileşimler açısından yerli türlere göre rekabet avantajına sahiptirler. Yerli türler üzerinde kısa sürede baskı kurarak ortamda baskın hale gelebilirler. Yerli türlerin çeşitliliğini ve

bolluğunu azaltırlar, alandaki biyolojik çeşitliliği olumsuz etkilerler. İlerleyen süreçte türlerin yok olmasına veya popülasyonların genetik çeşitliliğinin değişmesine de neden olabilir, ayrıca trofik hiyerarşiyi ve genel habitat özelliklerini değiştirebilirler (İkinci, 2023).

Küresel istilacı bir tür olarak bilinen (GISD, 2023) ve aynı zamanda Türkiye yüzey suları için egzotik ve istilacı, çok yıllık, submers bir sucul bitki olan *Elodea canadensis* (Şekil 8) giderek yayılmaktadır. Çeşitli habitatlarda yaşama şansı bulan bu tür genellikle, mezotrofik veya ötrofik göller, göletler, sulama kanalları, baraj gölleri ve yavaş akan akarsuları tercih eder. Sığ sularda 4 m derinliğe kadar yaşayabilir. Yüksek rakımlara dayanıklıdır ve çoğu makrofit gibi kolayca parçalanır. Parçaları uzun süre canlı kalır, vejetatif olarak çoğalıp su alanlarında baskın hale gelir. Tüm göl ekosistemini değiştirebilen bu tür, suyun hiperötrofik hale gelmesine neden olabilir. Bu türün baskın olduğu ve istila gösterdiği sularda sucul bitki biyoçeşitliliğinin düşük olduğu bilinmektedir. Allelopatik bileşikler üreterek istilacılık yeteneklerini güçlendirir. Su sıcaklığında yükselme türün büyümesini kışkırtmaktadır. *E. canadensis* orta seviyede ışık seviyelerini tolere edebilir, ancak su yüzeyinin donmasından olumsuz etkilenmektedir. Tür aynı zamanda bir akvaryum bitkisi olduğundan en önemli vektörün akvaryum bitkileri ticareti olduğu sanılmaktadır (GISD, 2023; İkinci, 2023).



Şekil 8. Eğirdir Gölünden toplanan egzotik istilacı *E. canadensis* (Fotograf İ. Özdal; C. Cevher 2023).

Göller Bölgesindeki yüzey su kaynaklarında *E. canadensis* ilk olarak Beyşehir Gölü'nü besleyen Eflatunpınarı kaynağında 1999 yılında tespit edilmiştir. Tür daha sonra 2005'te Eğirdir Gölü'nde, 2010 yılında Kovada Gölü'nde görülmüştür (Kesici vd., 2009, 2012)). *E. canadensis*, 2011 yılında Beyşehir Gölü'nden, 2016 yılında Çivril-Işıklı Baraj Gölü'nden ve Seydişehir Dipsiz Göl'den (İkinci, 2023), 2019'da Afyonkarahisar İhsaniye Emre Gölü'nde bildirilmiştir (Karataş, 2019). Küresel ölçekte istilacı bu türün Göller Bölgesine hızla yayılıp yerleştiği görülmektedir. Gözlemelerimize göre, *E. canadensis*'in aşırı çoğalması Eğirdir ve Kovada Gölleri ile Kovada Kanalı'nda 2021 yılından bu yana önemli bir sorun haline gelmiş, yerel yönetimler sorunun çözümü için arayışlara girmiş, araştırma ve eğitim kuruluşları (Eğirdir Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-SAREM ve Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi-ISUBÜ) bu türün hayvan yemi olarak kullanımı amaçlı projeler üzerinde çalışmaktadırlar.

2.TARTIŞMA VE SONUÇ

Sucul ekosistemlerde hayati rol oynayan su bitkileri su kaynaklarının önemli birer bileşenidir. Su kaynaklarında; canlı organizmalar için gerekli olan oksijenin temininde, balıklar ve diğer su hayvanları için yumurtalarını bırakma, barınma ve saklanma alanlarını oluşturmada etkin rol oynarlar. Durgun ve akarsuların trofik durumlarının belirlenmesinde indikatör olarak, doğal ve yapay sulak alanlarda su arıtımında besin elementleri tutucusu ve filtre olarak görev yaparlar. İnsan yiyeceği ve hayvan yemi, rekreasyonel kullanım, farmakolojide ilaç hammaddesi ve insanların günlük yaşamlarında kullandığı

çatı örtü malzemesi, hasır, yastık vb. malzemelerde su bitkileri kullanılmaktadır. Kullanım alanların geniş olması bu alanda yapılacak çalışmaların önemini artırmaktadır.

Göller Bölgesi ve yakın çevresi sığ sulak alanların çokluğu, makrofit biyoçeşitliliği ve bolluğu yönünden zengindir. Bu nitelikler bölgeye makrofit açısından "sıcak nokta" niteliği kazandırmaktadır. Türkiye ve global ölçekte bu sıcak noktaların biyoçeşitlilik zenginliği oluşturması, çok sayıda değerli ekosistem hizmeti sağlamaları nedeniyle sucul ekosistemlerin yönetimi ve korunması açısından önemlidir. Bu noktalarda kirlenme, küresel ısınma ve istilacı türler bağlamında makrofit toplulukları üzerinde önemli etkileri olabilecektir. Bu alanların sayılan gerekçelerle daha detaylı olarak izlenmesi de önem kazanmaktadır. Bununla birlikte Göller Bölgesinde makrofitler üzerinde yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bölge yüzey sularında sucul makrofitler üzerindeki çalışmaların artırılması; su kaynaklarının kalite, trofi ve ekolojik durumlarının makrofit indeksleri ile ortaya konulması gerekli görülmektedir. Makrofitlerin su arıtma sistemlerinde (yapay sulak alanlar), peyzaj ve akvaryum bitkisi, insan gıdası, tarımsal gübre ve hayvan yemi olarak kullanılması, ilaç-kozmetik çalışmaları, istilacı türlerin kontrolü gibi konular bölge makrofitleri açısından yeni araştırma alanları oluşturmaktadır.

FİNANS

Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

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

YAZAR KATKILARI

Çalışma kurgusu: OÇ; Makale yazımı: İÖ. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

KAYNAKLAR

- Akköz, C., Küçüköyük, M., Obalı, O., Öztürk, C., & Doğan, H., (2000). Beşgöz Gölü (Sarayönü/Konya) alg florası II: Epilitik ve epifitik algler. *Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 1(16): 5-11.
- Aksoy, N., Güneş Özkan, N., Koçer, N., Müderrisoğlu, H., & Eroğlu, E. (2023). Bolu Gölçük'teki doğal ve egzotik sucul bitki türleri için risk yönetimi planı. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 171-182.
- Altınayar, G., & Onursal, N. F., (1982). Investigations on the species and their distributions of aquatic weeds in the irrigation and drainage systems of Turkey. *Plant Protection Bulletin*, 22(3).
- Altınayar, G. (1988). *Su yabancı otları*. T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı.
- Anonim. (1992). Biyoçeşitlilik Sözleşmesi. <https://surdurulebilirkalkinma.gov.tr> [accessed in July, 2023]
- Awo. M.E, Tabot P.T, Kenko D., & Fongei B.A. (2023). Occurrence and nutrient retention of aquatic macrophytes in roadside streams in the mount cameroon region. *GSCBPS*, 22(01), 25-37.
- Balcı, Ö. E. (2012). *Kızılırmak Nehri (Avanos-Nevşehir) su altı bitki biyokütlesinin zamansal değişimleri*. [YL Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Barinova S, Romanov R., & Solak C. N. (2014). New record of *Chara hispida* (L.) Hartm.(Streptophyta: Charophyceae, Charales) from the Işıklı Lake (Turkey) and critical checklist of Turkish charophytes. *Nat.Res. and conservation*, 2(3), 33-42.

- Bhagyaleena P., & Gopalan R. (2012). Aquatic plant diversity of ponds in Nenmara Panchayath, Kerala, Int. J. Sci. Res. Publ., 2(8): 1-3.
- Blom C.W.P.M, Voeselek L.A.C.J., & Banga M. (1994). Physiological ecology of riverside species: adaptive responses of plants to submergence. *Annals of Botany*, 74: 253–263.
- Bolat Y, Koca U. H, Yıldırım G. U, Özvarol Y, Turna İ, Şener E, Yegen V, Bilgin F., & Bostan H. (2015). Eğirdir Gölü makrofitlerinin gelişme yayılma özelliklerinin su altı gözlemleri ile izlenmesi. *Limnofish*, 1(3), 103-111.
- Bornette G, Tabacchi E, Hupp C.R, Puijalón S., & Rostan J-C. (2008). A model of plant strategies in fluvial hydrosystems. *Freshwater Biology*, 53: 1692–1705.
- Bornette G., & Puijalón S. (2009). Macrophytes: Ecology of Aquatic Plants. *ELS*, <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0020475>
- Boyacı Y. Ö. 2023. Biyoçeşitlilik ve biyometri yönetmeleri. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 145 s.
- Brabec K., & Szoszkiewicz K. (2006). Macrophytes and diatoms—major results and conclusions from the STAR Project. *Hydrobiologia*, 566:175–178.
- Bronmark C., & Hansson L.A. (2017). *The biology of lakes and ponds*. Oxford University Press, UK, s.368.
- Coşkun T., & Demir A.N. (2019). Abant Gölünde biyolojik kalite elementlerinden sucul makrofitler. *Acta Aquatica Turcica*, 15(4), 499-506.
- Demir N. (2020). Su bitkileri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=1316>.
- Diniz A. S, Dantas W. E., & Moura A. N. (2022). The role of floating and submerged macrophytes in the phytoplankton taxonomic and functional diversity in two tropical reservoirs. *Hydrobiologia*, 850(2), 347-363. <https://doi.org/10.1007/s10750-022-05073-7>
- Duarte, C. M., & Kalff, J. (1990). Biomass density and the relationship between submerged macrophyte biomass and plant growth form. *Hydrobiologia*, 196, 17-23.
- DSİ (2009). *Su yabancı otları, yayılış alanları, yaşamları, çevresel ilişkileri, sorunları ve savaşım yöntemleri*. DSİ İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Ersoy S. (2019). *Sapanca Gölü sucul makrofitleri ve su kalitesi ile olan ilişkileri* [Y.L Tezi], İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- GISD (2023). *Elodea canadensis*. *Global invasive species database*; [accessed in July, 2023]. Website: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=290> on 08-09-2023
- Gülle İ, Kılçık F, Çiçek N. L, Küçük F, Balpınar N, Tunç M., & Güçlü S. S. (2022). Eğirdir Gölü'nün biyolojik ve ekolojik özellikleri, Eğirdir Gölü'nün sürdürülebilir yönetimine yönelik güncel yaklaşımlar, *Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları*, 61-114.
- Güllü K, Öğretmen F, Tezel R, Yozukmaz A, Yapıcı S, Acar Ü., & Özdal İ. (2015). Işıklı ve Gököl sulak alanlarının kurtarılması ve sürdürülebilir yönetimi için fizibilite oluşturulması. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı TR32/15/DFD/0013.
- Güneş Özkan N., Koçer N., & Aksoy N., (2022). First record of invasive macrophyte *Elodea nuttallii* (Planch.) H.St.John (Hydrocharitaceae) in Türkiye. 11. ESENIAS & DIAS Konferansı; Antalya, Türkiye.
- Hasırbambudekorasyon, (2023). Hasır Kamış, (<https://www.hasırbambudekorasyon.com/sayfa/kamis-hasir>)
- Huang j, Li R, Ma Y, Cao C, Li X, Han T., & Cao M. (2023). Effect of macrophytes on micro- and nanoplastic retention and cycling in constructed wetlands. *environmental pollution*, 326,2023. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121259>
- İkinci N (2023) Invasion history and distribution of the aquatic alien *Elodea canadensis* (Hydrocharitaceae) in Turkey. *Biologia*, 78:1363–1373.
- Jeppesen E, Kronvang B., & Meerhoff M. (2009). Climate change effects on runoff, catchment phosphorus loading and lake ecological state, and potential adaptations. *Journal Environ Qual*, 38(5): 1930–1941.

- Karataş A. (2019). *Elodea canadensis*. Türkiye Bitkileri [Plants of Turkey]; [accessed in July, 2023]. Website: <https://turkiyebitkileri.com/tr/foto%C4%9Fraf galerisi/hydrocharitaceae/curba%C4%9Fazehirigiller/elodea-elodea/elodea-canadensis/32879-afyon.html>
- Kargıoğlu M, Serteser A, Kıvrak E, İçağa Y., & Konuk M. (2012). Relationships between epipellic diatoms, aquatic macrophytes, and water quality in Akarçay Stream, Afyonkarahisar, Turkey. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 41(1), 74-78.
- Kesici E. (1997). *Eğirdir Gölü makrofitik vejetasyonu üzerinde fitososyolojik ve ekolojik bir araştırma*. [Doktora Tezi Süleyman Demirel Üniversitesi, FBE, Isparta].
- Kesici E, Gülle İ., & Turna İ. (2009). Eğirdir Gölünde *Elodea canadensis* michaux'un ilk bildirimi ve istilası üzerine araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 120-128.
- Kesici E, Gülle İ., & Turna İ. (2012). *Elodea canadensis*'in Kovada Gölünden ilk bildirimi. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir, Sayfa: 247.
- Koç C. (2013). The effects of water level fluctuations and some physical and chemical variables on the macrophyte density in lake Isıklı, Turkey. *Lake Reservuar Management*, 24:2, 196-206.
- Korkmaz, H., & Mumcu, Ü., (2013). *Türkiye sulak alan vejetasyonunun genel floristik, ekolojik ve fitososyolojik özellikleri*. Conference: III. Sulak Alanlar Kongresi, Samsun / Turkey.
- Kuzucuoğlu C, Çiner A., & Kazancı N. (2019). *Landscape and landforms of Turkey*. Springer Nature Switzerland, 635s.
- Küçüköyük M., & Ketenoğlu O. (1996). The macrophytic vegetation of Beyşehir Lake. *Turk. Journal Botanica*, 20(2), 189-199.
- Lesiv M. S, Polishchuk A. I., & Antonyak H. L. (2020). Aquatic macrophytes: ecological features and functions. *Studia Biologia*, 14(2), 79-94.
- Malaiya P.S. (2015). Study of aquatic weeds in Marpha pond of Anuppur, Madhya Pradesh. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology* (12): 281- 3 284.
- Mallappa P., & Takrya P. N. (2022). Diversity of aquatic macrophytes of four lakes of Hollakere, Chitradurga District, Karnataka, Indian. Res Sq. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2177790/v1>
- O'Hare MT, Baattrup-Pedersen A, Baumgarte I, Freeman A, Gunn IDM, Lázár AN, Sinclair R, Wade AJ., & Bowes MJ. (2018). Responses of aquatic plants to eutrophication in rivers: a revised conceptual model. *Front. Plant Sci.* 9:451. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00451>
- Othman R, Hanifah N.A, Ramya R, Hatta F.A.M, Sulaiman W.S.H., & Baharuddin, M.Z.B. (2014). Aquatic plants as ecological indicator for urban lakes eutrophication status and indices. *Int. J. Sust. Energy and Environmental Research*, 3/4, 178-184.
- Oyededeji, A. A., & Abowei, J. F. N. (2012). The classification, distribution, control and economic importance of aquatic plants. *International Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1(2), 118-128.
- Özan T.S, Özçelik Ş., & Özan C. (2022). Eğirdir Gölünde yaşayan başaklı su perçemi (*Myriophyllum spicatum* L.) bitkisindeki bazı ağır metal seviyelerinin belirlenmesi. *Yalvaç Akademi Dergisi*, 7:1, 46-57.
- Özbay, H. (2016). Comparative study of the biomass of submersed aquatic macrophytes in a temporary and permanent freshwater lake in Turkey. *International Journal of Aquatic Science*, 7(2), 111-117.
- Paul P.T. (2022). Aquatic plant diversity of ponds in Thrissur District, Kerela, India. *Indian Journal Ecology*, 49(1): 174-177.
- Pinterest, (2023). Sulak alanlarda kuş (ördek, kaz, meke vd.) avcılığı (<https://tr.pinterest.com/pin>)
- Polat N. (2017). *Biyçeşitlilik ve önemi. Terme'nin biyçeşitlilik ve doğal ortam özellikleri*, Trabzon: Sarender Yayınları, 214 s. (3-11).
- Pulatsü S, Topçu A, Yılmaz E. (2015). Eutrophication control in lakes: sediment dredging. *Journal of Science Technology*, 5(1), 51-56.
- Sancer O, Tekin S. (2016). Seasonal changes of metal accumulation in water, sediment and phragmites australis growing in Lake Kovada (Isparta, Türkiye). *SDU Journal of Science*, 11(2), 45-60.

- Seçmen Ö, Leblebici E. (2008). *Türkiye sulak alan bitkileri ve bitki örtüsü*. Ege Üniversitesi Yayınları, 700 s.
- Serteser A, Acar H. (2014). Aquatic macrophytes and soil features on Karamik Lake coastal ecosystem in Afyonkarahisar (Turkey). *Journal Biology Enviromental Science*, 8(24).
- Søndergaard M, Johansson L. S, Lauridsen T. L, Jørgensen T. B, Liboriussen L., & Jeppesen E. 2010. Submerged macrophytes as indicators of the ecological quality of lakes. *Freshwater Biology*, 55(4), 893-908.
- Tasleem B. (2016). Study of hydrophytes of Narsarha Talab of Shahdol District Madhya Pradesh India. *Int. J. Biol. Res* 1/3, 30-32.
- Taş B & Topaldemir H. (2021). Assessment of aquatic plants in the Miliç Coastal wetland (Terme, Samsun, Turkey). *Rev. Hydrobiol.*, 14(1).
- 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, UMYU, Nigeria.
- Troia A. (2023). Macrophytes in inland waters; from knowledge to management. *Plants*, 12, 582.
- Turna, İ. İ., Yıldırım, U. G. (2007). Eğirdir Gölü'nün Yaygın Su altı Makrofitleri, SBT'07 11. SuAltı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı, 3-4 Kasım 2007. İstanbul, s. 94-101.
- Turna, İ. İ., Yıldırım, U. G., & Durucan, F. (2010). Eğirdir Gölü'nün Görsel Su Altı Flora ve Faunası. *Isparta ili Değerleri ve Değer Yaratma Potansiyeli Sempozyumları Bildirileri Kitabı*, 26, 652-665.
- Turna, İ. İ., & Bilgin, Ş. (2004). Çapalı Gölü'nün (Afyon) Makrofitleri. *SD Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8-3.
- Willby N. J. (2007). Managing invasive aquatic plants: problems and prospects. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 17(7), 659-665.
- Yıldız S.E, Güreşen A, Turan Y.A. (2020). Spatio-temporal dynamic of submerged aquatic macrophytes in Lake Sapanca, *Turk. Journal Botanica Vol. 44: No. 5*, <https://doi.org/10.3906/bot-2002-23>
- Yurtgazetesi, (2023). Kamış balyaları, (<https://www.yurtgazetesi.com.tr/yerel/sultansazligindan-dunyaya-kamis-ihracati-h192503.html>)
-

Prof. Dr. Gülşen Timur'un Otobiyografisi

Autobiography of Prof. Dr. Gülşen TİMUR

Gülşen Timur^{1*} 

Kozyatağı Mahallesi, Kadıköy, İstanbul-TÜRKİYE

*Sorumlu Yazar: gulsentimur3232@gmail.com

Geliş: 01.05.2024

Kabul: 06.06.2024

Yayın: 01.09.2024

Alıntılama: Timur, G. (2024). Prof. Dr. Gülşen Timur'un otobiyografisi. *Acta Aquatica Turcica*, 20(3), 287-297. <https://doi.org/10.22392/actaquatr.1476971>

Özet: Amerika'da balık hastalıkları çalışmaları 1960'lı yıllarda başlarken, 1970'li yıllarda Avrupa'da bu çalışmalar odak noktası haline gelerek bakteriyel hastalıklara karşı başarılı aşilar geliştirilmiştir. 1980'li yıllarda da etkili viral aşilar kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizde ise söz konusu tarihlerde daha yetiştiricilikle ilgili ilk çalışmalar henüz yapılmaya başlanmıştır. Türkiye'de yetiştiriciliğin hızla artması ve hastalık problemlerinin ortaya çıkması 20. yüzyılın başlarına tekabül ederken, uluslararası camiada 20. yüzyılın sonuna gelindiğinde balık immünolojisi gelişen bir bilim dalı haline gelmiştir. Bu otobiyografi, 1970 yıllardan 2015 yılına kadar, gerek yurt içinde gerekse yurt dışındaki dergilerde yayınlanan çok sayıda araştırması, sözel sunum ve poster bildirimleri, proje çalışmaları ve farklı konularda kitapları olan, çok sayıda uzman yetiştirerek hem sektörde hem de akademik camiada balık hastalıkları konusunda bilime katkı sağlayan, ülkemizde balık hastalıkları konusunda ilk çalışmaları yapan, balık hastalıkları konusundaki anlayışımıza ve su ürünleri yetiştiriciliğinin başarısına katkıda bulunan akademisyen Gülşen Timur'un yaşam öyküsünü içermektedir.

Anahtar kelimeler

- Otobiyografi
- Balık hastalıkları
- Gülşen Timur
- Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi

Abstract: In the 1960s, studies on fish diseases began in America, and in the 1970s, these studies became the focal point in Europe, leading to the development of successful vaccines against bacterial diseases, and in the 1980s, effective anti-viral vaccines started to be used. In our country, the first studies related to aquaculture had just begun during the mentioned period. While the rapid growth of aquaculture and the emergence of disease problems in Turkey correspond to the early 20th century, by the end of the 20th century, fish immunology had become a developed science in the international community. This autobiography encompasses the life story and summarized information of Gülşen Timur, who conducted the first studies on fish diseases in our country, contributed to the understanding of fish diseases and the success of aquaculture, and trained numerous experts, both domestically and internationally, through numerous research articles, oral and poster presentations, project works, and books on various topics published in domestic and international journals from the 1970s to 2015.

Keywords

- Autobiography
- Fish diseases
- Gülşen Timur
- Eğirdir Fisheries Faculty

İbrahim Fevzi Yaman ve Şekibe Yaman'nın dört çocuğundan ilki olan, 1948 yılının bahar ayında Isparta'nın Eğirdir ilçesinde sarışın mavi gözlü bir kız olarak dünyaya geldim (Şekil 1). İlkokulun ilk yılını Isparta'da daha sonra ilk ve orta öğrenimimi Ankara -Yenimahalle'de tamamladım.





Şekil 1. İbrahim Fevzi Yaman ve Şekibe Yaman'ın dört çocuğundan ilki olan inci kolyeli beyaz kurdeleli Gülşen Yaman.

Başarılı bir öğrencilik hayatım oldu. 1965 yılında ülkemizde tek olan Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi'nde başlayan (Şekil 2) mesleğe yönelik eğitimimi 1970 yılında tamamladım. Beş yıllık yükseköğrenim tahsilimin son yılında mesleki tecrübemi arttırmak amacıyla veterinerlik öğrencisi olan kardeşim Bekir Yaman ile birlikte iç hastalıkları kliniğinde çalışırken kendim gibi Veteriner Hekim olan bir üst sınıftaki Metin Timur ile tanıştım (Şekil 3).



Şekil 2. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi dönem arkadaşlarımla birlikte öğrencilik yıllarımdan bir anı.



Şekil 3. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi İç Hastalıkları Kliniğinde 1970 yılında Veteriner hekim olarak mezun oldum, Ankara Yenimahalle ilçesinde Veteriner Hekim olarak 1 yıl süre ile çalıştım (Şekil 4).



Şekil 4. Ankara Yenimahalle'de Veteriner Hekim olarak çalışırken.

1971 yılında 1416 sayılı kanunla Milli Eğitim Bakanlığı'nın Yurtdışı Doktora bursunu kazandım ve aynı yıl hayatımı Metin Timur ile birleştirdim (Şekil 5). Ve ardından İngiltere-Stirling Üniversitesi'nde su ürünleri konusunda lisansüstü eğitimime başladım.



Şekil 5. Sayın Metin Timur ile düğün günümüzden bir kare.

Master programı tamamlanınca senato kararı ile doğrudan doktora programına başarılı olduğum için kabul edildim. 1974 yılında “The President's Fund of The Edinburg Association of The British Federation of University Women” cemiyetinin düzenlediği üniversiteli bayan araştırmacılar arasında doktora tez konularında açılan yarışmada özel bilim ödülünü kazandım (Şekil 6). 1974 yılında Edinburg'ta İngiltere Kraliçesi Elizabet'in daveti üzerine “Garden of the Palace of Holyroodhouse”da vermiş olduğu yabancı öğrencilerle tanışma partisine Stirling Üniversitesi'ni temsilen eşimle birlikte katıldık (Şekil 7). Ekim 1975 tarihinde Balık Hastalıkları konusunda Stirling Üniversitesi, Akvatik Patobiyoloji Bölümünde (Aquatic Pathobiology Department) “A Study of Giant Cells in Inflammatory Lesions of the Plaice (*Pleuronectes platessa* L.)- Pisi balığında (*Pleuronectes platessa* L.) Yangılı Lezyonlardaki Dev Hücrelerin İncelenmesi” başlıklı doktora tezimi başarıyla tamamladım ve yurda döndüm (Şekil 8).



Şekil 6. "The President's Fund of The Edinburg Association of The British Federation of University Women" bilim ödülünün gazete kopyası.



Şekil 7. İngiltere Kraliçesinin daveti üzerine Edinburg'ta "Garden of the Palace of Holyroodhouse"da vermiş olduğu partinin davetiyesi.



Şekil 8. Doktora mezuniyetim ve emektar arabamız ile yurda dönüşümüz.

Ülkemize döndükten sonra 1976 - 1978 yılları arasında iki yıl süre ile Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nde Dr. Araştırma Görevlisi olarak çalıştım. 1976 yılında aynı zamanda güzel bir kız çocuğunu dünyaya getirdim. Yurtdışından döndüğümüzde belirlediğimiz hedefe ulaşmak için Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi'nde göreve başlamış isek de, o yıllarda aynı branşta birlikte görev yapabilmek pek mümkün olmadığından 1978 - 1980 yılları arasında iki yıl süre ile Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı (Ankara)'nda çalıştım. 1977 yılında ilk makalemi "pisi balığında fokal tüberkülozun deneysel patogenezi" İngilizce yayınladım. 1980 - 1981 yılları arasında aynı bakanlığın Veteriner İşleri Ankara İl Müdürlüğü'nde 1 yıl süre ile görev aldım. Ancak bütün bu süreçte akademik ortamda kalabilmek için bilimsel çalışmalara hiç ara vermemeye çalıştım. Ankara Gevher Nesibe Sağlık Meslek Yüksekokulu'nda mikrobiyoloji dersleri verdim.

1981 yılında ikinci kez anne oldum. Aynı yıl Veteriner İşleri Genel Müdürlüğü'nün bünyesinde Proje Dairesi Şube Müdürü olarak atandım ve iki yıl süre ile görev yaptım. Eşimin Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu'nun kurucu müdürlüğüne atanması ile adı geçen yüksekokulun akademik kadrosuna geçerek 1983 yılında yardımcı doçent oldum ve kariyerime akademik camiada devam ettim. Akdeniz Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu'nda 1985 yılında 'Ekoloji' ders kitabımı yayınladım. 1984 yılında Isparta Valiliği'nin isteği üzerine Eğirdir Gölü'nden avlanan ticari değeri yüksek olan ve yurt dışına ihraç edilen tatlı su levrek (sudak) balıklarındaki yoğun ölümlerin nedenini araştırılarak balık ölümlerinin *Argulus* enfestasyonu sonucunda oluşan *Pseudomonas septisemis* den kaynaklandığı ortaya çıkarılarak valiliğe bildirildi. Ekim 1985 tarihinde aynı üniversitede Su Ürünleri dalında Üniversite doçenti unvanını aldım (Şekil 9) ve aynı yıl pisi balığındaki *Ichtyophonus hoferi* enfeksiyonuyla ilişkili dev hücre reaksiyonunu, bunu takip eden yılda ise Prof. Dr. Metin Timur ve Prof. Dr. Ronald Roberts ile birlikte yapılan yayında pisi balıklarında deneysel carrageenin granülomunun moderasyonunu tanımladık.



Şekil 9. 17 Ekim 1985 Su Ürünleri dalında üniversite doçenti unvanını aldığım jüri üyeleri ve arkadaşlarımla bir anı.

1984 - 1993 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu'nda Bölüm Başkanı ve Yüksekokul Müdür Yardımcılığı görevleri yanı sıra Eylül 1988 tarihinden itibaren Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Kurulu ve Yönetim Kurulu üyelikleri yaptım. 1984 yılında ise ülkemizde ilk kez kerevit vebası hastalığını tanımlayarak Eğirdir ve Beyşehir göllerinde kerevit avcılığının yasaklanması yönünde Tarım Bakanlığı ile iletişime geçilerek 5 yıl süre ile bu göllerde av yasağı başlatılmasını sağladım. 1988 yılında 8 gün süre ile Polonya - Varşova' da, FAO tarafından düzenlenen "Tarım ve Kültür Balıkçılığı" konulu sempozyuma katıldım. Pamukkale Denizli'deki bir gökkuşağı alabalık işletmesinde 1988 yılında yüksek oranda ölümlere neden olan Enterik Kırmızı Ağız Hastalığını (ERM) ülkemizde ilk kez tespit ettim. Daha sonraki dönemlerde bu hastalığın yurdumuzun diğer bölgelerindeki alabalık işletmelerinde de epizootikler oluşturduğu bildirilmiştir. 1989 yılında 15 gün süre ile İçsu Balık Yetiştiriciliği ve Balık İşleme Teknolojisi konularında incelemelerde bulunmak üzere Macaristan'a görevli olarak gittim. 1990 yılında ikinci kitabım olan "Plankton Bilgisi ve Plankton Kültürü"nü Akdeniz Üniversitesi yayınevinden yayınladım. 1991 yılında Antalya'da aynalı sazan balığı üretimi yapılan işletmelerden gelen çeşitli ağırlıktaki hasta balıklarda deri üzerinde, yüzgeçlerde görülen küçük, büyük beyaz renkli veya hafif pembemsi lezyonların histopatolojik muayene ile bir virüsün deride epidermisin çok katlı üremesine neden olduğu, sazan çiçeği hastalığını tespit ettim. Davetimiz üzerine Aberdeen Üniversitesi'nden Akuatik İmmünolog Prof. Dr. Tony Ellis Eğirdir'i ziyaretiyle ilgili olarak hatırladıklarım arasında immünoloji konusundaki verdiği seminer ve Antalya ziyaretimizdeki pikniğimizden ibaret (Şekil 10).



Şekil 10. Akuatik İmmünolog Tony Ellis ile ilgili bir anı.

Şubat 1992 tarihinde Akdeniz Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu'nda Profesörlüğe yükseltildim. Mayıs 1993 tarihinden Ağustos 1994 tarihine kadar Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Yüksekokulu Yetiştiricilik Bölüm Başkanlığı yanı sıra Süleyman Demirel Üniversitesinde Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü görevini yürüttüm (Şekil 11) ve ilk mezunlarımızı verdik (Şekil 12). Sadece hastalıklar konusunda değil aynı zamanda balık histolojisi ve embriyolojisi konularında da yüksek lisans ve doktora tezleri de yaptırdım. 1993 yılında Prof. Dr. Mehmet Rüştü Özen ile birlikte içsu balıklarından sazan, sudak ve eğrezbalıklarının hipofiz bezindeki hücre tiplerini histokimyasal yöntemlerle identifikasyonunu yaptık. Prof. Dr. Mehmet Rüştü Özen doktora tezinden “Yapay Şartlarda İnci (*Alburnus orontis*) ve Kavinne (*Phoxinellus handlirschi*) Balıklarının Yumurtalarında Embriyo ve Larva Gelişimi Üzerine Bir Çalışma” başlıklı makaleyi birlikte yayınladık. Eşim, Sayın Prof. Dr. Ayşegül Kubilay ve Doç. Dr. Aliye Sarmaşık ile birlikte, bazı alabalık işletmelerinde görülen Pankretik Nekrozis Hastalığı üzerine histopatolojik ve elektron mikroskopi çalışmaları adlı tebliği Doğu Anadolu Bölgesi I. Su Ürünleri Sempozyumunda ilk kez sunduk. Denizli ve Antalya illerindeki iki işletmede beton havuzlarda su akışının hatalı projelendirilmesinden kaynaklanan beyaz benek hastalığının etkeni olan *Ichthyophthirius multifiliis* ile enfeste alabalıklarda yoğun ölümler gözlemledim. Bu havuzlarda parazitlerle mücadele çok zor olmuştu. Daha sonra Antalya Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün Kepez Su Ürünleri İşletmesinde yetiştirilen alabalıkların gözlerinde körlüğe neden olan *Diplostomum spathaceum* paraziti tespit ettik.



Şekil 11. Süleyman Demirel Üniversitesinde Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Mezuniyet Töreni.



Şekil 12. Müdürlük görevini yaparken Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu ilk mezunları ile ilgili gazete haberi.

Ağustos 1994 tarihinde İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü Hastalıklar Anabilim Dalına öğretim üyesi olarak atandım. İstanbul Üniversitesi çatısı altında akademik hayatımı sürdürürken Mayıs 1995 tarihinde aynı bölümün, Hastalıklar Anabilim Dalı Başkanlığına seçildim. Yurdumuzda Pasteurellosis hastalığını 1996 yılında ilk defa Marmara Denizi Yalova kıyısındaki kamuya ait bir işletmede bulunan genç levrek balıklarında tespit ettim. Akut olarak seyreden ve ölümlere neden olan bu epizootikte dalak, karaciğer gibi internal organlarda görüldüğü bildirilen nodül benzeri beyaz renkli depositlerin görülmediği atipik formunu literatüre bildirdim. 1998 yılında NATO/ARW organizasyonunun Portekiz'de düzenlediği "Kıyı Bölgesinde Modern Akuakültür" konulu workshop'a katıldım. Temmuz 1998 Haziran 1999 tarihleri arasında aynı fakültede bir yıl süreyle Dekan Yardımcılığı görevini yürüttüm. 1997-2003 tarihleri arasında iki dönem Fakülte Kurulu üyeliği yanı sıra 1999-2003, 2003- 2005 ve 2005-2007 tarihlerinde üç dönem Fakülte Yönetim Kurulu üyeliği görevlerini yürüttüm. 2003 yılında Prof. Dr. Metin TİMUR ile birlikte ulusal ve uluslararası çalışmalardan derleyip hazırladığımız ve ülkemizin ilk balık hastalıkları kitabını İstanbul Üniversitesi yayın evinden yayınladık. İlk Türkçe kaynak olarak birçok Fakültede halen ders kitabı olarak okutulmakta ve güncelliğini korumaktadır.

Türkiye'de Karadeniz bölgesinde kültüre alınan levrek balıkların (*Dicentrarchus labrax*)'da *A. salmonicida* subsp. *salmonicida* ile diğer bazı bakteriyel ve viral patojenlerin varlığını araştırdığımız proje çalışmasında kültür levrek balıklarında kan frotilerinde monositler içinde riketsiya benzeri organizmaları gözlemlerim, aynı zamanda bazı balıklarda VEI virusunun eritrositlerin sitoplazmalarında oluşturduğu inkulüzyon cisimciklerini tespit ettim. VEI virüsü ile balıkların visceral organlarından aynı zamanda *Vibrio anguillarum*, *P. damsela* subsp. *piscicida*, *Vibrio* sp., *Tenacibaculum maritimum* (*Flexibacter maritimus*) gibi patojen bakterileri de tanımlayarak karma enfeksiyonlar oluşturduğunu bildirdim ve Çin'in Şangay ilinde Ocean Üniversitesi'nde düzenlenen toplantıda sözlü bildiri olarak tebliğ ettim. Mayıs 2005 tarihinde İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu üyeliğine seçildim. Karadeniz'deki aynı işletmelerde hasta gökkuşuğu alabalıklarında EIBS'nin *Vibrio* sp., *Tenacibaculum maritimum* (*Flexibacter maritimus*), *A. salmonicida*, *S. epidermidis* gibi patojen bakterilerden bazıları ile karma enfeksiyonlar oluşturduğunu tespit ettim. May Graünwalt/Giemsa ile boyanmış kan frotilerinde eritrositlerin içinde inklüzyon cisimcikleri görüldüğü gibi nükleusların eridiği ve hayalet nükleusların görüldüğü, elektron mikroskopunda ise hasta balıkların eritrositlerinde ovoid şekilli viral inkulüzyonların varlığını gözlemlerim. 2008 yılında Prof. Dr. Jale Korun ile birlikte 2-5 g ağırlığındaki Avrupa levreklerinde ekzoftalmi, ülseratif cilt lezyonları, iç organlarda kanamalar gibi klinik belirtilerle birlikte *V. harveyi*'yi tanımladık. Aynı yıl su ürünleri lisans ve lisansüstü öğrencilerinin ders ve uygulamalarına kaynak olmak üzere alabalık, deniz levreği, çipura, sazan, mersin balığı ve altın balık (japon balığı) gibi ticari öneme sahip balıkların yanı sıra, köpek balıkları ve vatozlar ile çenesiz balıklardan lamprey'lerin anatomik yapılarını da karşılaştırmalı olarak düzenleyerek konuların daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayan Balık Anatomisi kitabını Nobel Yayın evinden yayınladım. Bu kitabımda klinik olarak önemli konuları işleyerek çeşitli balık türlerindeki organ sistemleriyle ilgili bilgilere yer verdim.

Mart 2009 tarihinde İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne ikinci kez Dekan Yardımcısı olarak atandım, aynı zamanda Fakülte kurul üyeliği de yaptım. Fakülte ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu üyeliğinin yanı sıra Hastalıklar Anabilim Dalı Başkanlığı ve Dekan Yardımcılığı görevlerini birden fazla kez yürüttüm. 2013 yılında 'Balık Histolojisi ve Embriyolojisi' kitabını İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden yayınladım. 2014 yılında İstanbul Üniversitesi Senatörlüğü'ne seçildim ve bu görevi emekli olana kadar sürdürdüm. Eşimin emekliye ayrılmasının ardından (Şekil 13), 2015 yılında büyük bir tutkuyla icra ettiğim bu meslekten emekli oldum. Emekli olduğum yıl doktorantım Doç. Dr. Remziye Eda Yardımcı ile birlikte bakteriyolojik ve moleküler yöntemlerle Türkiye'de yetiştirilen Avrupa levreğinde görülen hastalık salgınında *T. maritimum*'u etiyolojik ajan olarak tanımladık. Emekli olsam da çalışmalarına devam ettim. Bu süreçte iki doktora tezi daha bitirtmiş oldum. 2014 ve 2015 yıllarında kültür granyöz balıklarından *M. marinum* izole ve tanımlayarak, visceral organların doku kesitlerinde granulomatoz nodüllerin içinde Zeil Nelson boyası ile asit fast pozitif boyanan ince çomak şekilli pembe *M. marinum* basilleri gözlemlerim.



Şekil 13. Prof. Dr. Metin Timur'un emeklilik yemeğinden bir anı.

Kızımdan Can ve Cem isiminde iki erkek torunum, oğlundan ise Pelin isimli bir kız torunum var. Gerek yurt içinde gerekse yurt dışındaki dergilerde yayınlanan çok sayıda araştırma, proje çalışmalarımın yanı sıra yüksek lisans ve doktora tezleri yaptırmış, hem ulusal hem uluslararası kongrelerde sözel ve poster tebliğler sundum. Ayrıca çok sayıda uzman yetiştirilerek hem sektörde hem de uluslararası camiada balık hastalıkları konusunda ülkemizi temsil etmeye çalıştım. Çalışma arkadaşlarımla birbirinden değerli yayınlarımızla günümüze birçok eser bırakmış, bu konuda mütevazı olamayacağım birçok hastalığı ilk kez ülkemizde tanımlayarak literatürde isimimden söz ettiren bir balık histopatoloğuyum. İçlerinde birçok Fakülte Dekanı ve akademisyenin bulunduğu, sektörde alanında çalışan sayısız öğrenci yetiştirmiş olmanın gururunu yaşıyorum. Ayrıca bu otobiyografiyi kaleme almam için beni teşvik eden çok değerli Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dekanı Sayın Ayşegül Kubilay'a en samimi dileklerle teşekkür ederim.



Prof. Dr. Gülşen TİMUR, İstanbul-27.04.2024.

Acta Aquatica Turcica

(e-ISSN: 2651-5474)

Copyright Release For

Manuscript Submit Date:/...../.....

Manuscript Title :

The author(s) warrant(s) that;

- The manuscript is original and is not being forwarded for publish and assessment to publication elsewhere after sending *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.)
- The publishing, printing and distribution of the article is belong to the legal entity under name *Acta Aquatica Turcica* (Acta Aqua.Tr.).
- The written and visual materials such as the text, tables, figures and graphics etc. of the manuscript don't contain any copyright infringement, and the all legal permissions for them have been taken by the author(s).
- The all scientific, ethic and legal responsibility of the article is belong to author(s).

Notwithstanding the above, the Contributor(s) or, if applicable the Contributor's Employer, retain(s) all proprietary rights other than copyright, such as

- ✓ The patent rights,
- ✓ The using rights of the all authors will be published in book or other work without paying fees,
- ✓ The rights to reproduce the article for their own purposes provided are not sell under the seal of secrecy of distribution rights, and in accordance with the following conditions has been accepted by us.

Full Name, Address of Corresponding

Author:.....

.....

E-Mail :

Signature

.....

Full Name	Address	Signature

Acta Aquatica Turcica

Phone : +90 246 2146401 Fax: +90 246 2146445

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

actaquatr@isparta.edu.tr

Author Guidelines

PAGE SIZE

Page should be A4 (21 cm x 29.7 cm) size.

MARGINS

Top: 2.5 cm Right: 2.5 cm Left: 2.5 cm Bottom: 2.5 cm Gutter: 0 cm

TEXT FORMATING

Font : Times New Roman
Font size : 12-point
Alignment : Justified
Indent : 1.25 cm
Line spacing : 2
Line numbers : Continuously throughout the manuscript
Page numbers : Automatic numbered in the bottom center of the pages

TITLE PAGE

The title page should be uploaded to the system separately from the manuscript file. The title page should contain only the following information.

- *Title*

Title should be brief and informative reflecting the study. Abbreviations and formulae usage is not recommended.

- *Running title*

A short (running) title with a maximum of 75 characters should be given to reflect the title.

- *Authors names*

Name and surnames of the authors should be indicated clearly. Accuracy of the names spelling should be checked before submission.

- *Institution*

Format used: University/Institution, Faculty, Department, Province-COUNTRY

Example: Isparta University of Applied Sciences, Eğirdir Fisheries Faculty, Department of Aquaculture, Isparta-TURKEY

- *Corresponding author*

Please indicate the corresponding author who will be responsible for all the stages of publication, review, and post-publication. Contact information and mailing address of corresponding author should be given in the title page.

*Corresponding Author: Name Surname, e-mail: ...

- *ORCID's of the authors*

ORCID's of the authors should be identified. Please visit <https://orcid.org> to register an ORCID.

MANUSCRIPT FORMAT

Manuscripts in original articles, short communication, case report and reviews should be prepared in accordance with the format below*.

FIGURES

The figure title should be short and concise, centered at the bottom of the figure. Figures should have a minimum resolution of 300 DPI. Figures should be cited in the text as Figure 1, Figure 2, etc. The figures should be given in the nearest place where it cited.

ACKNOWLEDGEMENT

In this section, those who help to the conduct the study apart from financial support, are indicated.

Example: The authors thank Ahmet Taş (Isparta University of Applied Sciences, Turkey) for his helps during the laboratory part of the study.

FUNDING

In this section, institutions that provide financial support to the conduct of the study are indicated using the grant number.

Example-1: This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Isparta University of Applied Sciences grant 3241-E2-14.

Example-2: No financial support was received for the present study.

CONFLICT OF INTEREST

Conflicts of interest of the author(s), if any, are indicated in this section.

Example: The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The contributions of each author to the relevant stages of the study are indicated by using each work package and the first letters of the name and surname.

Example:

Fiction: IT; Literature: KL, TN; Methodology: CT, FU; Performing the experiment: FM, CT, FU; Data analysis: FU, TA; Manuscript writing: CT, FU, Supervision: CT. All authors approved the final draft.

ETHICAL APPROVAL STATEMENTS

The ethics committee approvals obtained for the study are indicated with information of institute, date, and number. Manuscripts that are not declare, although they require the Local Ethics Committee Approval in studies conducted with vertebrates, and the Approval for Ethics Committee Approval of Non-Interventional Investigates in survey/interview studies will not be considered for scientific evaluation.

Example-1: Local Ethics Committee Approval was not obtained because experimental animals were not used in this study.

Example-2: This study was conducted with the approval of Animal Experiments Local Ethics Committee of Isparta University of Applied Sciences (Date: 01.07.2010, No: 21438139-147).

DATA AVAILABILITY STATEMENT

In this section, data availability statement should be declared by the authors regarding the anonymous availability of the data used in the manuscript. Acta Aquatica Turcica encourages authors to share research data used.

Example-1: The data that support the findings of this study are openly available in Figshare at <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11815566.v1>

Example-2: The data used in the present study are available upon request from the corresponding author. Data is not available to the public due to privacy or ethical restrictions.

Example-3: Data supporting the findings of the present study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Example-4: Data sharing is not applicable for the present study as no new data was created or analyzed.

Example-5: Research data is not shared.

Example-6: Data supporting the findings of the present study are available in the supplementary material to this article.

CITATIONS

Citations are written in the following formats, in the order of the year, separated by a semicolon (;).

- Single author

(Author, Year)

-- It is thought to be ... (Küçük, 2008; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b).

-- According to Küçük (2008), ...

- Two authors

(Author-1 and Author-2, Year)

-- They are among the important parameters (Küçük and Güçlü; 2001; Ekici and Koca, 2021a; Ekici and Koca, 2021b).

-- According to Ekici and Koca (2021b),...

- Three or more authors

(Author-1 et al., Year)

-- It can be repeated periodically (Yiğit et al., 2006a; Yiğit et al., 2006b; Boyacı et al., 2020).

-- According to Boyacı et al. (2020),...

REFERENCES LIST

References should be indented 1.25 cm from the second line and should be prepared according to APA version 7. Ideally, the names of all authors should be provided. Usage of "et al" in long author lists (more than 10) will also be accepted. Except for special uses, only the first letter of the title of all references should be capitalized, and all words in the names of the sources (journal, publishing house and congress) should be written with a capital letter.

1-Journal articles

The name of the journal (italic) without shortening, volume (italic), issue, page numbers and DOI number having an active link should be specified.

Petrauskienė, L., Utevska, O., & Utevsky, S. (2009). Can different species of medicinal leeches (*Hirudo* spp.) interbreed? *Invertebrate Biology*, 128(4), 324-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2009.00180.x>

Wagenaar, D. A., Hamilton, M. S., Huang, T., Kristan, W. B., & French, K. A. (2010). A hormone-activated central pattern generator for courtship. *Current Biology*, 20(6), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.027>

2-Book

The title of book should be written in italic, and it should be followed with Publisher information.

Nesemann, H., & Neubert, E. (1999). *Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea*. Spektrum Akademischer Verlag.

Sawyer, R. T. (1986). *Leech biology and behavior*. Oxford University Press.

3-Book section

The title of the chapter should be normal, the title of the book should be in italic, the editor(s), the page numbers of the section, the publisher and the DOI number (if available) having active link should be included.

Le Couteur, D., Kendig, H., Naganathan, V., & McLachlan, A. (2010). The ethics of prescribing medications to older people. In S. Koch, F. M. Gloth, & R. Nay (Eds.), *Medication management in older adults* (pp. 29-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9_3

McCormack, B., McCance, T., & Maben, J. (2013). Outcome evaluation in the development of person-centred practice. In B. McCormack, K. Manley, & A. Titchen (Eds.), *Practice development in nursing and healthcare* (pp. 190-211). John Wiley & Sons.

4-Web pages / Online documents

The title of the page should be in italic, the name of the website and the active link to the page should be specified.

International Union for Conservation of Nature. (2010). *Chondrostoma nasus*. <https://www.iucnredlist.org/species/4789/97800985>

Wikipedia. (2021). Toxicology. <https://en.wikipedia.org/wiki/Toxicology>

5-Dissertations/Thesis

The title of the dissertation/thesis should be in italic, its type (Doctoral, Master's, Specialization in Medicine) and the name of the university should be specified.

Filik, N. (2020). Inhibition effect of phenolic compounds on the environmental sensing system of *Aeromonas hydrophila* strains isolated from cultured fish and determination of the clonal relationship between strains by pulsed field gel electrophoresis method. [Doctoral dissertation, Isparta University of Applied Sciences].

Ozdal, A. M. (2019). Effects on growth and coloration of red pepper supplementation as pigment sources to diets of jewel cichlid (*Hemichromis guttatus*). [Master's thesis, Isparta University of Applied Sciences].

6-Conference, symposium presentations

Event date, presentation title (italic), presentation type (Oral presentation, Poster presentation), event name, city and country should be given.

Ceylan, M., Çetinkaya, O. (2017, October 4 - 6). Assessment of population structure and size of medicinal leech *Hirudo verbana*, inhabiting some model wetlands of Turkey [Oral Presentation]. International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Isparta, Turkey.

Snoswell, C. (2016, October 31 - November 3). Models of care for store-and-forward tele dermatology in Australia [Poster presentation]. 7th International Conference on Successes and Failures in Telehealth, Auckland, New Zealand.

NOTE: Manuscripts that are not prepared in accordance with the journal writing rules will not be considered for scientific evaluation.

Yazım Kuralları

SAYFA BOYUTU

Sayfa A4 (21 cm x 29,7 cm) formatında olmalıdır.

KENAR BOŞLUKLARI

Üst: 2,5 cm Sol: 2,5 cm Alt: 2,5 cm Sağ: 2,5 cm Cilt payı: 0 cm

YAZI STİLİ

Yazı karakteri : Times New Roman

Yazı karakteri büyüklüğü : 12 punto

Paragraf : İki yana yaslı

Paragraf girintisi : 1,25 cm

Satır aralığı : 2

Satır numarası : Metnin tümünde satır numarası atanmalıdır

Sayfa numarası : Sayfaların altına gelecek şekilde otomatik numaralanmış

BAŞLIK SAYFASI

Başlık sayfası, makale dosyasından ayrı olarak sisteme yüklenmelidir. Başlık sayfasında sadece aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- *Başlık*

Başlık kısa, bilgilendirici ve çalışmayı net olarak yansıtmalıdır. Kısaltma ve formül kullanımı önerilmez.

- *Kısa başlık*

Başlığı yansıtmak üzere maksimum 75 karakterde kısa bir başlık verilmelidir.

- *Yazarlar*

Yazarların ad ve soyadları kısaltılmadan açık olarak yazılmalıdır. Makale yüklenmeden önce yazar isimlerinin doğruluğu kontrol edilmelidir.

- *Kurum bilgisi*

Kullanılan düzen: Üniversite/Enstitü, Fakülte, Bölüm, İl-ÜLKE

Örnek: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Isparta-TÜRKİYE

- *Sorumlu yazar*

Makalenin tüm aşamalarından sorumlu olacak sorumlu yazar belirtilmelidir. Başlık sayfasında sorumlu yazarın iletişim bilgileri ve posta adresi verilmelidir.

*Sorumlu Yazar: Adı Soyadı, e-posta: ...

- *ORCID bilgileri*

Tüm yazarların ORCID bilgileri belirtilmelidir. Lütfen ORCID tanımlaması yapmak için <https://orcid.org> adresini ziyaret ediniz.

MAKALE FORMATI

Araştırma makalesi, kısa makale, olgu sunumu ve derlemeler aşağıdaki formata uygun olarak hazırlanmalıdır.

Araştırma Makalesi	Kısa Makale	Olgu Sunumu	Derleme
--------------------	-------------	-------------	---------

Başlık
Kısa başlık
Yazarlar
Kurum bilgileri
Sorumlu yazar e-posta adresi
ORCID bilgileri

Başlık
Özet
Anahtar kelimeler

Title
Abstract
Keywords

1. Giriş

2. Materyal ve Metot 3. Bulgular 4. Tartışma 5. Sonuç	2. SERBEST İÇEREİK	2. Olgu Sunumu 3. Tartışma 4. Sonuç	2. SERBEST İÇEREİK
--	--------------------	---	--------------------

Teşekkür
Finans
Çıkar Çatışması Beyanı
Yazar Katkıları
Etik Onay Beyanı
Veri Kullanılabilirlik Beyanı
Kaynaklar

ÖZET

Özet, çalışmanın amacını, kullanılan metotları, öne çıkan bulguları ve literatüre katkısını öz bir şekilde içermelidir. Hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde maksimum 300 kelime olacak şekilde yazılmalıdır.

Not: Türk olmayan yazalar için Türkçe Özet desteği sağlanmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER

Anahtar kelimeler başlıkta yer almayan, çalışmayı yansıtacak kelimelerden seçilmelidir. En az 3 (üç), en çok 5 (beş) kelime belirtilmeli; kelimeler aralarında virgül (,) son kelimedenden sonra ise nokta (.) gelmelidir.

Anahtar kelimeler: CITES, akuaponik, üretim protokolü, mortalite, immünoloji.

ONDALIK GÖSTERİM

Türkçe makalelerde “,” (virgül) İngilizce makalelerde ise “.” (nokta) olmalıdır.

Türkçe: %10,25

İngilizce: 10.25%

LATİNCE GÖSTERİM

Tür ismi, metinde ilk geçtiği yerde kısaltılmadan (*Cyprinus carpio*), sonrasında ise cinsi ismi kısaltılarak (*C. carpio*) verilmelidir.

TABLolar

Tablo başlığı, tablonun üstüne gelecek şekilde kısa ve öz olmalıdır. Tabloda yer alan kısaltmalar tablonun altında açıklanmalıdır. Tablo özel bir tasarım uygulanmamış, düz kılavuz şeklinde olmalıdır. İhtiyaç bulunması halinde tablo içi metinde yazı karakteri büyüklüğü 10 puntoya kadar düşürülebilir. Tablolara metin içinde Tablo 1, Tablo 2, ... şeklinde atıf yapılmalıdır. Tablolar, alıntılanıkları yere en yakın yerde verilmelidir.

Tablolar düzenlenebilir olmalıdır. Ekran görüntüsü veya resim formatındaki tablolar kabul edilmemektedir.

ŞEKİLLER

Şekil başlığı, şeklin altına ortalanmış olarak kısa ve öz olmalıdır. Şekiller minimum 300 DPI çözünürlükte olmalıdır. Şekillere metin içinde Şekil 1, Şekil 2, ... şeklinde atıf yapılmalıdır. Şekiller, alıntılандıkları yere en yakın yerde verilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu bölümde finansal destek dışında çalışmanın yürütülmesine katkı sunanlar belirtilir.

Örnek: Yazarlar çalışmanın laboratuvar bölümünde yardım eden Ahmet Taş'a (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye) teşekkür etmektedir.

FİNANS

Bu bölümde çalışmanın yürütülmesine finansal destek sağlayan kurumlar destek numarası kullanılarak belirtilir.

Örnek-1: Bu çalışma 3241-E2-14 proje numarası ile Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Örnek-2: Bu çalışmanın yürütülmesinde herhangi bir finans desteği alınmamıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Bu bölümde yazarların varsa çıkar çatışmaları belirtilir.

Örnek: Yazarlar, bu çalışmayı etkileyebilecek finansal çıkarlar veya kişisel ilişkiler olmadığını beyan eder.

YAZAR KATKILARI

Bu bölümde isim ve soy ismin ilk harfleri kullanılarak yazarların çalışmanın ilgili aşamalarına yaptıkları katkılar belirtilir.

Örnek:

Kurgu: BT; Metodoloji: CT, FU; Deneyin gerçekleştirilmesi: FM, CT, FU; Veri analizi: FU, TA; Makale yazımı: CT, FU, Denetleme: CT. Tüm yazarlar nihai taslağı onaylamıştır.

ETİK ONAY BEYANI

Bu bölümde çalışmanın yürütülmesinde alınan etik kurul onayının alındığı kurum, tarih ve numarası belirtilir. Omurgalı hayvanlarla yürütülen çalışmalarda Yerel Etik Kurul Onayı, anket/mülakat çalışmalarında ise Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu Onayı gerektirdiği halde beyan edilmeyen makaleler bilimsel değerlendirmeye alınmamaktadır.

Örnek-1: Bu çalışmada deney hayvanları kullanılmaması nedeniyle Yerel Etik Kurul Onayı alınmamıştır.

Örnek-2: Bu çalışma Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul onayı ile yürütülmüştür (Tarih: 01.07.2010, No: 21438139-147).

VERİ KULLANILABİLİRLİK BEYANI

Bu bölümde makalede kullanılan verilerin anonim kullanılabilirliğine ilişkin beyanda bulunulmalıdır. Acta Aquatica Turcica dergisi, yazarları araştırma verilerini paylaşmaya teşvik etmektedir.

Örnek-1: Bu çalışmada kullanılan veriler Figshare platformunda <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.11815566.v1> DOI adresi ile erişime açıktır.

Örnek-2: Bu çalışmada kullanılan verilere ilgili yazardan talep üzerine erişilebilir. Veriler, gizlilik veya etik kısıtlamalar nedeniyle kamuya açık değildir.

Örnek-3: Bu çalışmada kullanılan veriler makul talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir.

Örnek-4: Bu çalışmada yeni veri oluşturulmadığı veya analiz edilmediği için veri paylaşımı bu makale için geçerli değildir.

Örnek-5: Araştırma verileri paylaşılmaz.

Örnek-6: Bu çalışmada kullanılan veriler bu makalenin ekinde mevcuttur.

ATIFLAR

Atıflar yıl sırasına göre ve aralarında noktalı virgül (;) olacak şekilde aşağıdaki formatlarda yazılır:

- Tek yazar:

(Yazar, yıl)

-- ... olduğu düşünülmektedir (Küçük, 2008; Güçlü, 2018a; Güçlü, 2018b).

-- Küçük (2008)'e göre ...

- İki yazar:

(Yazar-1 ve Yazar-2, yıl)

-- ... önemli parametreler arasında yer almaktadır (Küçük ve Güçlü; 2001; Ekici ve Koca, 2021a; Ekici ve Koca, 2021b).

-- Ekici ve Koca (2021b)'a göre ...

- Üç ve daha çok yazar:

(Yazar vd., yıl)

-- ... dönemselsel olarak tekrarlayabilmektedir (Yiğit vd., 2006a; Yiğit vd., 2006b; Boyacı vd., 2020)

-- Boyacı vd. (2020)'e göre ...

KAYNAKLAR

Kaynaklar APA 7. versiyona göre yazılmalıdır. Tüm yazarların isimleri verilmelidir, ancak 10. yazardan sonra "vd." kısaltması da kabul edilmektedir. Özel kullanımlar hariç olmak üzere tüm eser türlerinde eser isminin sadece ilk harfi büyük, eserin yayınlandığı veya sunulduğu dergi, yayınevi, kongre isimlerinde geçen tüm kelimeler büyük harfle başlanarak yazılmalıdır.

1-Makale

Dergi ismi kısaltılmadan (italik), cilt (italik), sayı, sayfa numaraları ve aktif link içerecek şekilde DOI numarasına yer verilmelidir:

Petrauskienė, L., Utevskas, O., & Utevsky, S. (2009). Can different species of medicinal leeches (*Hirudo* spp.) interbreed? *Invertebrate Biology*, 128(4), 324-331. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7410.2009.00180.x>

Wagenaar, D. A., Hamilton, M. S., Huang, T., Kristan, W. B., & French, K. A. (2010). A hormone-activated central pattern generator for courtship. *Current Biology*, 20(6), 487-495. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2010.02.027>

2-Kitap

Kitap başlığı italik olacak şekilde ve yayın kuruluş ismi olacak şekilde verilmelidir.

Nesemann, H., & Neubert, E. (1999). *Annelida, Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea*. Spektrum Akademischer Verlag.

Sawyer, R. T. (1986). Leech biology and behavior. Oxford University Press.

3-Kıtap bölümü

Bölüm başlığı normal, kitap başlığı italik olacak şekilde, editör(ler), bölümün sayfa numaraları, yayıncı kuruluş ve varsa aktif link içerek şekilde DOI numarasına yer verilmelidir:

Le Couteur, D., Kendig, H., Naganathan, V., & McLachlan, A. (2010). The ethics of prescribing medications to older people. In S. Koch, F. M. Gloth, & R. Nay (Eds.), Medication management in older adults (pp. 29-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-60327-457-9_3

McCormack, B., McCance, T., & Maben, J. (2013). Outcome evaluation in the development of person-centred practice. In B. McCormack, K. Manley, & A. Titchen (Eds.), Practice development in nursing and healthcare (pp. 190-211). John Wiley & Sons.

4-Web sitesi

Sayfa başlığı italik, websitesinin ismi ve sayfanın aktif linki olacak şekilde verilmelidir.

International Union for Conservation of Nature. (2010). Chondrostoma nasus. <https://www.iucnredlist.org/species/4789/97800985>

Wikipedia. (2021). Toxicology. <https://en.wikipedia.org/wiki/Toxicology>

5- Tezler

Tez başlığı italik olacak şekilde, tez türü (Doktora, Yüksek lisans, Tıpta Uzmanlık) ve üniversite ismi belirtilmelidir.

Filik, N. (2020). Kültür balıklarından izole edilen Aeromonas hydrophila suşlarında fenolik bileşenlerin çevreyi algılama sistemi üzerine inhibisyon etkisi ve suşlar arasındaki klonal ilişkinin pulsed field jel elektroforez yöntemiyle belirlenmesi [Doktora tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].

Özdal, A. M. (2019). Effects on growth and coloration of red pepper supplementation as pigment sources to diets of jewel cichlid (Hemichromis guttatus) [Yüksek lisans tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi].

6- Konferans, sempozyum sunumları

Etkinlik tarihi, sunu başlığı (italik), sunum türü (Sözlü sunum, Poster sunum), etkinlik adı, şehir ve ülke verilmelidir.

Ceylan, M., Çetinkaya, O. (2017, Ekim 4 - 6). Assessment of population structure and size of medicinal leech Hirudo verbana, inhabiting some model wetlands of Turkey [Sözlü sunum]. International Symposium on Limnology and Freshwater Fisheries, Isparta, Türkiye.

Snoswell, C. (2016, Ekim 31 - Kasım 3). Models of care for store-and-forward teledermatology in Australia [Poster sunum]. 7th International Conference on Successes and Failures in Telehealth, Auckland, Yeni Zelanda.

NOT: Dergi yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmayan makaleler değerlendirmeye alınmayacaktır.