Ege Journal of
Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

E-ISSN 2418-3140

EgeJFAS

Su Ürünleri Dergisi

Volume 38 Number 1 2021

Ege University Faculty of Fisheries

Instructions for Authors

Scope of the Journal

Su Ürünleri *Dergisi* (*Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*) is an open access, international, double blind peer-reviewed journal publishing original research articles, short communications, technical notes, reports and reviews in all aspects of fisheries and aquatic sciences including biology, ecology, biogeography, inland, marine and crustacean aquaculture, fish nutrition, disease and treatment, capture fisheries, fishing technology, management and economics, seafood processing, chemistry, microbiology, algal biotechnology, protection of organisms living in marine, brackish and freshwater habitats, pollution studies.

Su Ürünleri *Dergisi* (*EgeJFAS*) is published quarterly (March, June, September and December) by Ege University Faculty of Fisheries since 1984.

Submission of Manuscripts

Please read these instructions carefully and follow them strictly to ensure that the review and publication of your paper is as efficient and quick as possible. The Editors reserve the right to return manuscripts that are not in accordance with these instructions. All manuscripts will be peer-reviewed by at least two referees.

Submission of manuscripts to this journal should be presented in electronic form via online submission system at http://www.egejfas.org. If your submission is not successful via online system, you can send the file via e-mail. The correspondence regarding editorial matters should be sent to editor@egejfas.org.

Please prepare your manuscript according to the instructions below.

Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.

Preparation of Manuscripts

Papers must be clearly written in Turkish or English. Manuscripts should be typed double spaced on A4 size paper in 12-point Times New Roman font including the references, table headings and figure captions with standard margins (25 mm) all around. The author's name should appear centered under the title. Numbered ([1]) note should give the author's institutional address and an asterisked (*) note should indicate the correspondence author's e-mail address. Degrees and qualifications should not be included.

Please prepare your typescript text using a word-processing package (save in .doc or .docx).

The complete manuscript should be in a single file containing full text, references, figures and tables. Figures and tables should be at the end of the manuscript file and the locations should be indicated in the text.

- Research papers and reviews must not exceed 25 manuscript pages including tables and figures (except checklists).
- Short communications, technical notes and reports which are results of brief but significant work, must not exceed 10 manuscript pages including tables and figures.

Title page

The title must be short and concise. The first name and surname of each author should be followed by department, institution, city with postcode, and country. The e-mail address of the corresponding author should also be provided. It is editorial policy to list only one author for correspondence.

It is important that authors ensure the following: (i) all names have the correct spelling and are in the correct order (first name and family name). Occasionally, the distinction between surnames and forenames can be ambiguous, and this is to ensure that the authors' full surnames and forenames are tagged correctly, for accurate indexing online.

Abstract

English and Turkish abstracts (contributors who are not native Turkish speakers may submit their manuscripts with an English abstract only) of maximum of 300 words should be included in all submissions. The Abstract should be comprehensible to readers before they have read the paper, and reference citations must be avoided. It is essential that the Abstract clearly states the legal importance of the work described in the paper. A list of keywords (maximum six) must be proposed.

Following pages

These should content the rest of the paper and should be organized into an Introduction, Material and Methods, Results, Discussion (or Results and Discussion), Conclusion, Acknowledgements and References. Short communication and technical notes both should follow the same layout, without the abstract. In writing of systematic papers, the International Codes of Zoological and Botanical Nomenclature must be strictly followed. The first mention in the text of any taxon must be followed by its authority including the year. The names of genera and species should be given in *italics*.

Acknowledgements

Acknowledgements should be kept brief and placed before the reference section.

References

Full references should be provided in accordance with the APA style. The usage of reference managers as Mendeley ©or Endnote ©or an online reference manager as Citefast (http://www.citefast.com/) with the output style of APA 6th edition is advised in organizing the reference list.

All references must be written in English. The in-text citation to the references should be formatted as surname(s) of the author(s) and the year of publication: (Kocataş, 1978) or (Geldiay and Ergen, 1972); in Turkish article (Geldiay ve Ergen, 1972). For citations with more than two authors, only the first author's name should be given, followed by "*et al*." –in Turkish article 'vd.'- and the date. If the cited reference is the subject of a sentence, only the date should be given in parentheses, i.e., Kocataş (1978), Geldiay *et al*. (1971). There should be no parentheses for the citations that the year of the citation is given in the beginning of the sentence, i.e. "In 1978, Kocataş's study of freshwater ecology showed that…"

When its needed to cite two or more works together, in-text citations should be arranged alphabetically in the same order in which they appear in the reference list, i.e. (Geldiay and Ergen, 1972; Kocataş, 1978; Thurry, 1987) or (Kocataş, 1978, 1979, 1981) or (Geldiay and Ergen, 1972a, 1972b)

All citations should be listed in the reference list, with the exception of personal communications. References should be listed alphabetically ordered by the author's surname, or first author's surname if there is more than one author at the end of the text.

Hanging indent paragraph style should be used. The year of the reference should be in parentheses after the author name(s). The correct arrangement of the reference list elements should be in order as "Author surname, first letter of the name(s). (publication date). Title of work. Publication data. DOI

Article title should be in sentence case and the journal title should be in title case. Journal titles in the Reference List must be italicized and spelled out fully; **do not abbreviate titles**) e.g., *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, not *Ege J Fish Aqua Sci*). Article titles are not italicized. If the journal is paginated by issue the issue number should be in parentheses.

DOI information (if available) should be placed at the end of the reference as in the example. The DOI information for the reference list can be retrieved from CrossRef © Simple Text Query Form (http://www.crossref.org/SimpleTextQuery/) by just pasting the reference list into the query box.

The citation of journals, books, multi-author books and articles published online should conform to the following examples:

Journal Articles

Öztürk, B .(2010). Scaphopod species (Mollusca) of the Turkish Levantine and Aegean seas. *Turkish Journal of Zoology,* 35(2), 199-211. DOI:10.3906/zoo-0904-23

Özbek, M. & Ulutürk, E .(2017) .First record of *Spongilla lacustris*) Porifera: Demospongiae) from the Eastern Black Sea (Uzungöl Lake, Trabzon) (*in Turkish with English abstract*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 34(3), 341-346. DOI: 10.12714/egejfas.2017.34.3.14

Books

Parsons, T.R., Matia, Y. & Lalli, C.M. (1984). A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. New York: Pergamon Press.

Chapter in Books

Gollasch, S. (2007). Is ballast water a major dispersal mechanism for marine organisms? In W. Nentwig (Ed.), *Biological Invasions* (pp 29-57). Berlin: Springer.

Proceedings

Soultos, N., Lossifidou, E., Lazou, T. & Sergedilis, D. (2010). Prevalence and antibiotic susceptibility of Listeria monocytogenes isolated from RTE seafoods in Thessaloniki (Northern Greece). In Ş. Çaklı, U. Çelik, C. Altınelataman (Eds.), West European Fish Technologists Association Annual Meeting 2010 (pp. 94-98). İzmir, Turkey: Proceedings Book.

Online Articles

Andrews, T. (2010). What vitamins are found in fish? Retrieved from http://www.livestrong.com/article/292999-what-vitamins-are-found-in-fish (27.11.2012).

Tables and Figures

All illustrations, except tables, should be labeled 'Figure' and numbered in consecutive Arabic numbers, and referred to as Table 1, Figure 1....in the text, unless there is only one table or one figure. Each table and figure, with a concise heading or with a descriptive statement written in English -and Turkish- (only contributors who are native Turkish speakers) should be placed inside the manuscript in proper places. Tables need not to exceed 175 x 227 mm. Figures, which are recommended for electronic formats such as JPEG, TIFF (min. 300 dpi) should be also arranged in available dimensions. When it is necessary, the original copies of the figures will be asked from author(s) as separate files, after the reviewing process being concluded.

Copyright and License

Upon receipt of accepted manuscripts at EgeJFAS, authors will be invited to complete a copyright license to publish form.

Please note that by submitting an article for publication you confirm that you are the corresponding/submitting author and that EgeJFAS may retain your email address for the purpose of communicating with you about the article. If your article is accepted for publication, EgeJFAS will contact you using the email address you have used in the registration process.

Proof Sheets and Offprints

Page proofs will be sent to the corresponding authors. These should be checked immediately and corrections, as well as answers to any queries, returned to the Editorial Office via e-mail within 3 working days (further details are supplied with the proof). It is the author's responsibility to check proofs thoroughly. No changes or additions to the edited manuscript will be allowed at this stage. The journal provides free access to the papers.

Page Charges and Reprints

No page charges are collected. All authors/readers have free access to all papers.

Plagiarism Detection

In accordance with its publishing policies EgeJFAS requires plagiarism check for each study that has undergone the "Review Process". The iThenticate plagiarism checker software is used for plagiarism detection.

Indexes

EgeJFAS is indexed in TUBITAK ULAKBIM TR Dizin, ESCI (Clarivate Analytics), Zoological Record (Clarivate Analytics), EBSCO, CABI, ProQuest, DOAJ, ASFA

Corresponding Address	
Su Ürünleri Dergisi Ege University Faculty of Fisheries 35100 Bornova-İzmir, Turkey Phone: +90 232 311 3838 Fax: +90 232 388 3685 E-mail: editor@egejfas.org	**E- ISSN 2148-3140**

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Su Ürünleri Dergisi

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Volume 38 Number 1 **ISSN 1300-1590 / E-ISSN 2418-3140**

İÇİNDEKİLER CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

Edremit Körfezi'nden yakalanan Barbunya (*Mullus barbatus*) ve Bakalyaro (*Merluccius merluccius)* balıklarında alifatik hidrokarbonların incelenmesi
Investigation of aliphatic hydrocarbons in Red Mullet (*Mullus barbatus*) and European Hake (*Merluccius merluccius*) fish caught from the Edremit Bay (Western Turkey)
Enis Darılmaz **1-10**

Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi ile balıkçıların iç su balıkları avcılığı konusundaki görüşlerinin değerlendirilmesi
Evaluation of fishermen opinions about inland fisheries with non-linear canonical correlation analysis
Emre Yılmaz, Serap Pulatsü **11-19**

The diversity, abundance and seasonal distribution of planktonic microcrustacean (Copepoda, Cladocera) in Kayalıköy Reservoir (Kırklareli/Turkey)
Kayalıköy Barajı'nın (Kırklareli/Türkiye) planktonik mikrokrustase (Copepoda, Cladocera) tür çeşitliliği, bolluğu ve mevsimsel dağılımı
Hüseyin Güher, Burak Öterler **21-29**

Ege Denizi'nde ağ kafes yetiştiriciliğinde dalış faaliyetlerinin değerlendirilmesi
Evaluation of diving operations for fish cage farming in the Aegean Sea
Gamze Akpınar, F. Ozan Düzbastılar **31-41**

Yunuslar ile kıyı balıkçılığı arasındaki etkileşim ve azaltılmasında akustik caydırıcı cihaz kullanımı
Interaction between dolphins and coastal fisheries and using acoustic deterrent in reducing of interaction
Emre Namlıtürk, İsmet Balık **43-52**

Urla (İzmir/Türkiye) kumsallarında deniz çöplerinin mevsimsel olarak araştırılması
Seasonal investigation of marine litter on beaches of Urla (Izmir/Turkey)
Zeynep Güngören, Aslı Başaran **53-61**

Bioinformatics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) lymphocyte cytosolic protein 1 (*lcp1*) gene
Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) lenfosit sitosolik protein 1 (*lcp1*) geninin biyoinformatiği
Mehtap Bayır, Gökhan Arslan **63-68**

Effects of feed rations containing egg powder in different proportions on growth performance, feed utilization, body composition, and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fry
Farklı oranlarda yumurta tozu içeren yem rasyonlarının yavru gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* walbaum, 1792) büyüme performansı, yem kullanımı, vücut kompozisyonu ve yaşam oranına etkileri
Özay Köse, Huriye Arıman Karabulut, Ilker Zeki Kurtoğlu, Akif Er **69-78**

CPUE comparison of traditional crayfish fyke net rigged with knotted net and alternatively knotless net
Düğümlü ağdan donanmış geleneksel kerevit pinteri ile alternatif olarak düğümsüz ağdan donanmış pinterlerin *CPUE* karşılaştırması
Mehmet Cilbiz, Rahmi Uysal, Abdulkadir Yağcı, S. Oğuz Korkut, Kadir Çapkın, Mehmet Cesur **79-86**

An assesment of domoic acid levels as a function of salinity-temperature variations in the Sea of Marmara
Marmara Denizi'ndeki domoik asit seviyelerinin tuzluluk-sıcaklık değişimlerinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmesi
Fuat Dursun **87-93**

KISA ARAŞTIRMALAR SHORT COMMUNICATIONS

Length-weight relationships of fishes caught by stationary uncovered pound nets in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea (Turkey)
Saros Körfezi'nin (Kuzey Ege Denizi) kıyısal sularında ağ dalyan ile yakalanan balıkların boy-ağırlık ilişkileri
Serhat Çolakoğlu **95-99**

Anticancer secondary metabolites from marine sponges
Deniz süngerlerinden antikanser metabolitler
İbrahim Seyda Uras, Belma Konuklugil **101-106**

VAKA TAKDİMİ CASE REPORT

An appendage abnormality in the first left pereiopod of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) reared in the laboratory conditions
Laboratuvar koşullarında yetiştirilen kırmızı bataklık kerevitinin (*Procambarus clarkii*) ilk sol yürüme bacağında bir uzantı anormalliği
Onur Karadal **107-109**

DERLEMELER REVIEWS

Türkiye'deki egzotik tilapya türlerinin mevcut durumu
Recent status of exotic tilapia species in Turkey
Erdoğan Çiçek **111-116**

Doğal ürün fukoksantin trendleri
Trends in a natural product fucoxanthin
Bahar Aslanbay Güler, Esra İmamoğlu **117-124**

Balıklarda bağışıklık sistemi, mukozal bağışıklıklık ve IL-1β, IL-18 ve TNF-α proenflamatuvar sitokinlerinin işlevleri
Fish immune system, mucosal immunity and functions of IL-1β, TNF-α and IL-18 proinflammatory cytokines
Serdar Kilercioğlu **125-134**

Published by

Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Su Ürünleri Dergisi
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Sahibi **Director**
Uğur SUNLU **Dekan** **Dean**
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Sorumlu Müdür **Responsible Director**
Tolga DİNÇER
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Yazı İşleri Müdürü **Editor-in-Chief**
Aynur LÖK
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Yazı İşleri Müdür Yardımcısı **Co-Editor-in-Chief**
Gülnur METİN
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Teknik Editör **Technical Editor**
M. Tolga TOLON Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey
Evrim KURTAY Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

İstatistik Editörü **Statistical Editor**
Hülya SAYĞI Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Yabancı Dil Editörü **Foreign Language Editor**
Eren ALKAN Ege University School of Foreign Languages, İzmir, Turkey

Yayın Kurulu **Editorial Board**
Celal ATEŞ Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey
Aslı BAŞARAN Ege University, İzmir, Turkey
Nuri BAŞUSTA Fırat University, Elazığ, Turkey
Levent BAT Sinop University, Sinop, Turkey
Javier BORDERÍAS ICTAN-CSIC, Madrid, Spain
Kurt BUCHMANN Universityof Copenhagen, Copenhagen, Denmark
Melih Ertan ÇINAR Ege University, İzmir, Turkey
Yılmaz ÇİFTÇİ Ordu University, Ordu, Turkey
Deniz ÇOBAN Adnan Menderes University, Aydın, Turkey
Mark DIMECH FAO Fish. Aqua. Dept., Rome, Italy
İbrahim DİLER Isparta University of Applied Sciences, Turkey
Ertuğ DÜZGÜNEŞ Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey
Ercüment GENÇ Ankara University, Ankara, Turkey
Ana GORDOA CEAB-CSIC, Madrid, Spain
Gertrud HAIDVOGL Uni. Nat. Res. Life Sci., Vienna, Austria
Chiaki IMADA Tokyo Uni. Marine Sci. Tech., Tokyo, Japan
F. Saadet KARAKULAK İstanbul University, İstanbul, Turkey
Pavel KOZÁK University of South Bohemia, Czech Republic
Marcelo de Castro LEAL University of Lavras, Lavras, Brazil
K. Karal MARX Fisheries College and Research Institute, Thoothukudi, India
Jörg OEHLENSCHLÄGER Seafood Consultant, Hamburg, Germany
Rahime ORAL Ege University, İzmir, Turkey
M. Bahadır ÖNSOY Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey
Murat ÖZBEK Ege University, İzmir, Turkey
Müfit ÖZULUĞ İstanbul University, İstanbul, Turkey
Giuliana PARISI University of Florence, Florence, Italy
Şahin SAKA Ege University, İzmir, Turkey
Haşim SÖMEK İzmir Kâtip Çelebi University, İzmir, Turkey
Radu SUCIU Danube Delta National Institute, Tulcea, Romania
Tamás SZABÓ Szent Istvàn University, Gödöllő, Hungary
William TAYLOR Michigan State University, East Lansing, USA
E. Mümtaz TIRAŞIN Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
Adnan TOKAÇ Ege University, İzmir, Turkey
Sühendan Mol TOKAY İstanbul University, İstanbul, Turkey
Mustafa ÜNLÜSAYIN Akdeniz University, Antalya, Turkey
Argyro ZENETOS Hellenic Centre for Marine Research, Anávyssos, Greece

Yayın Ofisi **Editorial Office**
Halise KUŞÇU Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Su Ürünleri Dergisi yılda dört sayı olarak yayınlanır. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences is published in four issues annually.

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 18679
Ministry of Culture and Tourism Sertificate No:18679

Yayımlanma Tarihi **Publishing Date**
15 Mart March 15th, 2021

İletişim **Contact**
Ege Üni. Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir Ege Uni. Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, Izmir, Turkey
Tel: +90 232 311 3838 Fax: +90 232 388 3685 http://www.egejfas.org info@egejfas.org

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 1-10 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.01

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Edremit Körfezi'nden yakalanan barbunya (*Mullus barbatus*) ve bakalyaro (*Merluccius merluccius)* balıklarında alifatik hidrokarbonların incelenmesi

Investigation of aliphatic hydrocarbons in red mullet (*Mullus barbatus*) and European hake (*Merluccius merluccius*) fish caught from the Edremit Bay (Western Turkey)

Enis Darılmaz

Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi 35340, İzmir, Türkiye https://orcid.org/0000-0002-9090-9319

enis.darilmaz@deu.edu.tr

Received date: 30.04.2020 *Accepted date: 09.07.2020*

How to cite this paper:
Darılmaz, E. (2021). Investigation of aliphatic hydrocarbons in red mullet *(Mullus barbatus*) and European hake (*Merluccius merluccius*) fish caught from the Edremit Bay (Western Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 1-10. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.01

Öz: Bu çalışmada, 2015 yılı bahar ve güz dönemlerinde Edremit Körfezi'nden (Batı Ege, Türkiye) trolle yakalanan barbunya (*Mullus barbatus*) ve bakalyaro (*Merluccius merluccius*) balıklarında alifatik hidrokarbon seviyeleri incelenmiştir. Bu amaçla, her iki dönemde körfezin 3 farklı bölgesinden trolle örnekleme yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, barbunya balıklarındaki toplam alifatik hidrokarbon (TAH) seviyeleri bakalyarolardakinden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Barbunya örneklerinde hesaplanan TAH seviyeleri 456-2090 ng/g iken bakalyarolarda 61-746 ng/g aralığında ölçülmüştür. Genel olarak barbunyalardaki yüksek TAH seviyesinin, bu türe ait eksrakte olabilen organik madde (EOM) miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Korelasyon, kümeleme ve birincil bileşen analiz sonuçlarına göre genellikle barbunyalarda TAH seviyelerine etki eden bileşiklerin C11 ve C12 alifatik hidrokarbon bileşikleri iken bakalyarolarda C15, C17 ve Pristan (Pristane) bileşiklerinin olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar Edremit Körfezi'ndeki balıklarda bulunan alifatik hidrokarbonların kaynağının, bakalyarolarda biyojenik iken barbunyalarda kesin olmamakla birlikte petrojenik olabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: Alifatik hidrokarbonlar, barbunya, bakalyaro, Edremit Körfezi

Abstract: In this study, aliphatic hydrocarbon levels were investigated in red mullet and european hake fish caught by trawler from Edremit Bay (Western Aegean, Turkey) in spring and autumn 2015. For this purpose, trawling was carried out from 3 different regions of the Edremit Bay in both seasons. As a result of the analyzes, total aliphatic hydrocarbon (TAH) levels in red mullet were found to be higher than that of european hake. TAH concentrations found for red mullet were in the range of 456-2090 ng/g, while it was found in the range of 61-746 ng/g for european hake. In general, TAH concentrations in red mullet were higher than that of european hake for both seasons. In addition, EOM amounts were found higher in red mullet like TAH. According to correlation, cluster and primary component analysis results, it was observed that the compounds affecting TAH levels in red mullet are C11 and C12 aliphatic hydrocarbon compounds, while european hake have C15, C17 and Pristane compounds. These results indicate that the source of aliphatic hydrocarbons in Edremit Bay fish is biogenic in european hake samples, although not exact, it may be petrogenic in red mullet samples.

Keywords: Aliphatic hydrocarbons, red mullet, European hake, Edremit Bay

GİRİŞ

Edremit Körfezi balıkçılık için önemli doğal körfezlerden biridir. Körfezde özellikle kıyı balıkçılığı, trol ve gırgır ağlarıyla avcılık yapılmaktadır (Ceyhan vd., 2006). Edremit Körfezi'nde trol örneklemelerinde barbunya (*Mullus barbatus*) ve bakalyaro (*Merluccius merluccius*), en çok avlanan balık türleridir (Ünlüoğlu vd., 2008). Bu balıklar, ekonomik açıdan değerli olup çok fazla tüketilen balıklardandır. Bu türlerden barbunya, MED POL Programı dahilinde organik ve inorganik kirleticilerin biyolojik izlenmesinde indikatör tür olarak belirlenmiştir. Körfez çevresinde yaşayan insanların önemli geçim kaynakları arasında balıkçılık, turizm ve zeytinyağı yer almaktadır. Yaz aylarında turizme bağlı olarak Avvalık, Gömeç, Burhaniye ve Edremit'te artan nüfus ile evsel atıksular, kış aylarında ise zeytinyağı üretimi kaynaklı zeytin karasuyu önemli çevresel sorunlardandır (Balıkesir İli Çevre Durum Raporu, 2016).

Alifatik hidrokarbonlar, karasal bitkiler, denizel plankton ve bakteriler gibi doğal kaynaklı olabilirken aynı zamanda petrol ürünlerinin ana bileşenlerindendir (Brassell vd., 1978; Wang vd., 1999). Petrolün alifatik bileşenlerinin genellikle balık türleri için önemli derecede toksik olmadığı belirtilmiştir (Payne vd., 1995). Bununla beraber, petrol hidrokarbonlarından PAH'lar (polisiklik aromatik hidrokarbon) ve birçok alifatik ve aromatik bileşikler genellikle sucul organizmalar için narkoz toksisitesi gösterebilmektedir (US EPA, 2018).

Denizel organizmalarda hidrokarbonlara maruz kalma az fakat kolaylıkla gözlemlenebilen etkilere neden olabilmektedir. Balıklardaki alifatik hidrokarbon birikimi büyümeyi belirgin bir şekilde inhibe edebilmektedir (Luquet vd., 1984). Buna ek olarak, Exxon Valdez petrol saçılmasını izleyen zamanlarda yapılan çalışmada balıklarda büyümenin inhibe edildiği belgelenmiştir (Carls vd., 1996). Düşük konsantrasyonlardaki düşük kaynama dereceli doymuş hidrokarbonlar (benzin aralığı) anestezi ve narkoz etkisi gösterirken; çeşitli kara omurgasızları ve besin zincirinin alt basamağındaki

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

omurgalılarda daha fazla konsantrasyonda hücre hasarı ve ölümler meydana gelebilmektedir. Yüksek kaynama noktalı doymuş hidrokarbonlar muhtemelen direkt olarak toksik olmasa da beslenme ve hayvanlar arasında kimyasal iletişimi de etkileyebilmektedir (Chukwuka vd., 2018).

Literatürde Edremit Körfezi'ndeki balıklara ait çalışmalar sadece balıkların biyolojisi üzerine yapılmıştır (Çelik ve Torcu, 2000; Ünlüoğlu vd., 2008; Akalın, 2014). Edremit Körfezi'ndeki balıklarda alifatik hidrokarbonların birikimi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışma ile Edremit Körfezi'nden trol ile yakalanmış olan ekonomik değere sahip barbunya ve bakalyaro balıklarında alifatik hidrokarbonların varlığı araştırılmıştır. Bu nedenle, bu türlerin kas dokularındaki alifatik hidrokarbonların seviyeleri incelenmiştir. Bununla beraber alifatik hidrokarbonların kaynağının (biyojenik ya da insan kaynaklı) belirlenmesi amaçlanmıştır.

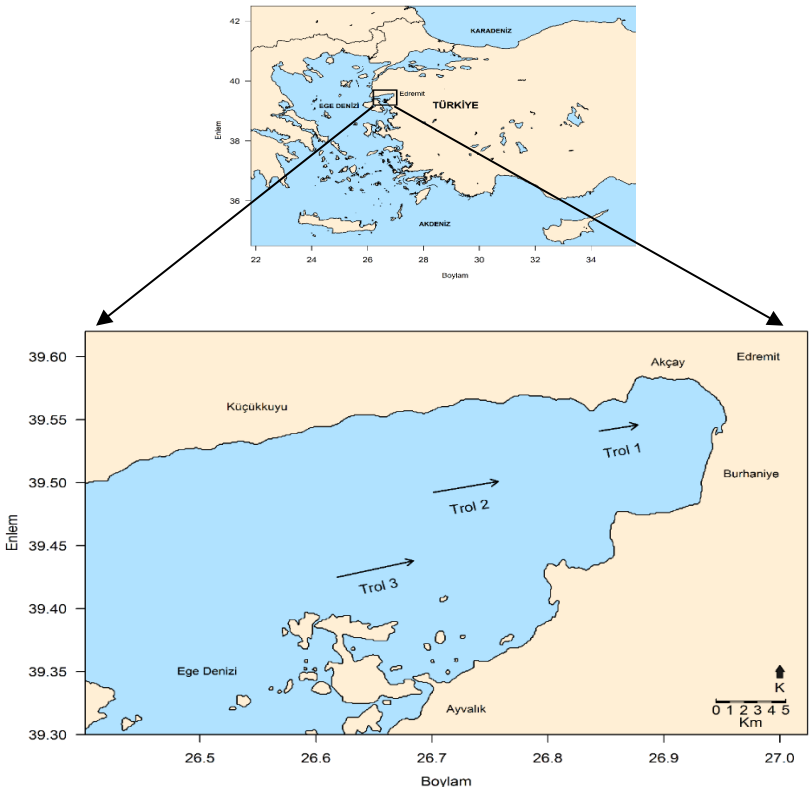
MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı

Trol örneklemeleri 2015 yılının bahar ve güz dönemlerinde TÜBİTAK (113Y447) projesi kapsamında yapılmıştır. Bahar örneklemesi Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait RV K. Piri Reis araştırma gemisi ile yapılırken güz örneklemesi yerel balıkçı teknesi ile yapılmıştır. Trol örneklemeleri Şekil 1'de verilen alanlarda yapılmıştır. Örneklemelerde 44 mm göz açıklığına sahip trol ağı kullanılmıştır. Trol çekimleri; 2,5 deniz mili/saat hızla ve ağ deniz tabanına oturduktan sonra mevcut şartlara göre 15-30 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir.

İlk trol (T1) Akçay kıyı alanından Körfez'in çıkışına doğru (doğudan batıya doğru); ikinci trol (T2) Altınoluk Küçükkuyu arasında (doğudan batıya doğru); üçüncü trol (T3) ise Körfez'in güney kıyısını temsilen doğu batı doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Yapılan trol örneklemeleri ile bakalyaro ve barbunya örnekleri toplanmıştır.

Toplanan balık örneklerinin çatal boy ve ağırlıkları (Tablo 1) ölçüldükten sonra kas dokuları ayrılarak temiz alüminyum folyolara sarılıp analize kadar -20 ºC'de saklanmıştır. Analize başlarken donmuş örnekler öncelikle liyofilizatörde kurutulup, kurutulan örnekler metanol ile mikrodalga ekstraksiyon sisteminde ekstrakte edilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında ekstrakte olabilen organik madde (EOM) miktarına ait ölçümler hassas terazi yardımıyla gravimetrik olarak saptanmıştır. Lipitleri uzaklaştırıldıktan sonra ekstraktlar silika-alümina kolonundan geçirilmiştir (UNEP/FAO/IOC/IAEA, 1993). Kolon sonrası örnekler öncelikle dönel buharlaştırıcıda daha sonra da azot gazı yardımıyla yaklaşık 1 ml'ye konsantre edilerek Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi cihazında analiz edilmiştir. Analiz koşullarına ait bilgiler şu şekildedir: GC kolonu: 30 m x 320 µm x 0.25 µm (DB5MS-UI);



Şekil 1. Edremit Körfezi'nde trol çekim hatları
Figure 1. Trawl lines in Edremit Bay

Tablo 1. Örneklemelere ait biyometrik ölçümler (n=birey sayısı; boy ve ağırlık ortalama (minimum-maksimum) değerleri göstermektedir) (** Örnek analiz edilememiştir*)

Table 1. Biometric measurements of samples (n = number of individuals; length and weight indicate mean (minimum-maximum) values) (** This sample could not be analyzed*)

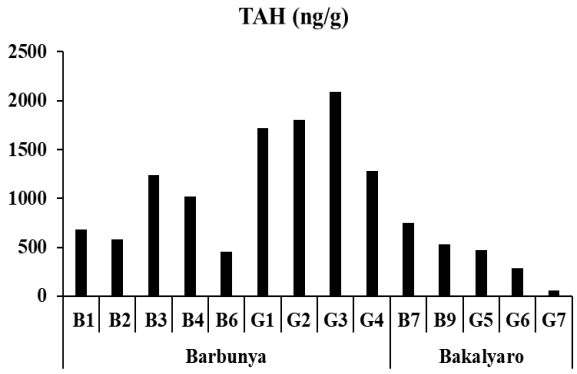
Mevsim	Trol no	Örnek analiz no	Balık türü	Boy (cm)	Ağırlık (g)
Bahar	T1	B-5	barbunya (n=14)	14,5 (13,0-17,2)	45 (33-75)
		B-6	barbunya (n=24)	11,5 (10,4-12,8)	22 (15-31)
			**bakalyaro (n=4)*	29,3 (26,1-35,0)	209 (138-158)
	T2	B-3	barbunya (n=17)	18,7 (17,5-20,7)	100 (82-132)
		B-4	barbunya (n=30)	13,3 (11,5-15,0)	33 (22-46)
		B-9	bakalyaro (n=5)	29,8 (25,7-33,6)	200 (130-274)
	T3	B1	barbunya (n=20)	17,3 (16,2-18,8)	85 (66-112)
		B2	barbunya (n=30)	12,2 (10,5-13,5)	26 (18-32)
		B7	bakalyaro (n=7)	30,8 (28,6-35,2)	224 (156-334)
Güz	T1	G4	barbunya (n=31)	15,0 (13,8-19,3)	54 (40-98)
		G7	bakalyaro (n=17)	23,9 (20,2-30,0)	109 (72-194)
	T2	G2	barbunya (n=10)	16,1 (15,1-18,0)	70 (54-94)
		G3	barbunya (n=14)	14,1 (13,0-14,9)	45 (36-54)
		G6	bakalyaro (n=10)	23,9 (18,0-27,0)	126 (88-176)
	T3	G1	barbunya (n=16)	13,5 (11,6-15,5)	41 (24-62)
		G5	bakalyaro (n=5)	21,9 (19,8-26,5)	113 (56-92)

Taşıyıcı gaz: Helyum (%99.999 saflıkta); Enjeksiyon tipi: Splitless; Enjeksiyon sıcaklığı: 280°C; Fırın sıcaklığı: 60°C (1 dak), 3°C/dak ile 300°C'ye ve 300°C'de 10 dakika bekleme; Enjeksiyon hacmi: 1 µL; MS:EI, 70 eV; MS Quadrupole sıcaklığı: 150°C; MS kaynak sıcaklığı: 230°C. Analiz edilen alifatik hidrokarbonlar şunlardır: C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, Pristan (Pri), C18, Phytane (Phy), C19, C20, C21, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31 ve C32. Alifatik hidrokarbonların analizi için 1-1000 ppb aralığında standartlar kullanılmış olup hesaplamalar için alifatik hidrokarbon standartlarının kromatogramda çıktığı zaman ve pik alanlarından yararlanılmıştır. Alifatik hidrokarbonların dedeksiyon limitleri 0,24 ile 1,4 ppb aralığındadır. Tablo ve şekillerdeki B1, B2, B3, B4, B6, G1, G2, G3 ve G4 barbunya örnekleri için B7, B9, G5, G6 ve G7 bakalyaro örnekleri için gaz kromatografi-kütle spektrometresi cihazında analiz edilirken verilmiş kodlardır. Analiz edilen örnekler ya da bileşikler arasında ilişki olup olmadığını anlayabilmek için kümeleme ve birincil bileşen analizleri (PCA) PRIMER5 istatistik programı kullanılarak araştırılmıştır.

BULGULAR

Trolle yakalanmış barbunya ve bakalyaro balıklarına ait toplam alifatik hidrokarbon konsantrasyonları Şekil 2'de verilmiştir. C10, Phy, C22, C23, C24, C25, C26, C27, C28, C29, C30, C31 ve C32 bileşikleri örneklerde tespit edilmemiştir.

Barbunyaya ait TAH konsantrasyonları bahar döneminde 456-1240 ng/g, güz döneminde 1279-2090 ng/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyonlar (2090 ng/g) güz dönemi örneklerinde T2 den yakalanmış küçük boy barbunyalarda iken, bahar döneminde (1240 ng/g) aynı trol hattında yakalanan büyük boy barbunya örneklerinde bulunmuştur. Her iki mevsimde de barbunya örneklerinde saptanan baskın alifatik hidrokarbonlar C11 ve C12 bileşikleridir. C11 ve C12 bileşiklerinin TAH'a oranları, bahar döneminde sırasıyla %17,2-%38,5 ve %16,1-%26,6 aralığında iken güz döneminde %37,9-%43,9 ve %28,1-%32,3 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Edremit Körfezi'nden yakalanan balıklarda toplam alifatik hidrokarbon (TAH) seviyeleri

Figure 2. Total aliphatic hydrocarbon (TAH) levels in fish caught from the Edremit Bay

C15, C17 ve Pristan bileşikleri hem barbunya hem de bakalyaro için bahar ve güz dönemi örneklerinin tamamında tespit edilen alifatik hidrokarbonlardır. Bu alifatik bileşiklerin TAH'a oranları incelendiğinde, C15 bileşiği bahar döneminde barbunyada %6,3-%12,9 ve güz döneminde %4,5-%9,3 iken bahar döneminde bakalyaroda %31,9-%61,8 ve güz döneminde %21,2-%36,1 aralığında tespit edilmiştir. C17 bileşiği bahar döneminde barbunyada %4,4-%11,3 ve güz döneminde %1,8-%2,6 iken bahar döneminde bakalyaroda %12,4-%26,5 ve güz döneminde %18,6-%33,5 aralığında

tespit edilmiştir. Pristan bileşiği bahar döneminde barbunyada %6,7-%31,6 ve güz döneminde %4,9-%8,3 iken bahar döneminde bakalyaroda %3,8-%10,4 ve güz döneminde %13,7-%24,8 aralığında tespit edilmiştir.

Bakalyaronun TAH konsantrasyonları bahar döneminde 533-746 ng/g, güz döneminde 61-467 ng/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek konsantrasyonlar hem bahar (746 ng/g) hem de güz döneminde (467 ng/g) T3 hattından yakalanan bakalyarolarda bulunmuştur. Bahar dönemi örneklerinde genellikle baskın olan bileşik C15 iken güz döneminde C15 ve C17'dir.

Barbunyaya ait TAH ortalamaları incelendiğinde hem bahar hem de güz döneminde T2'den örneklenen balıklara ait değerlerin diğer trollerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Hem barbunya hem de bakalyaro örneklerine ait en düşük TAH değerleri güz döneminde T1'den yakalanmış balıklarda bulunmuştur.

EOM'nin ortalama değerleri bahar döneminde yakalanmış barbunya ve bakalyarolarda sırasıyla 14,90 % ve 3,53 %, güz döneminde ise 23,54 % ve 3,46 % olarak bulunmuştur.

TARTIŞMA

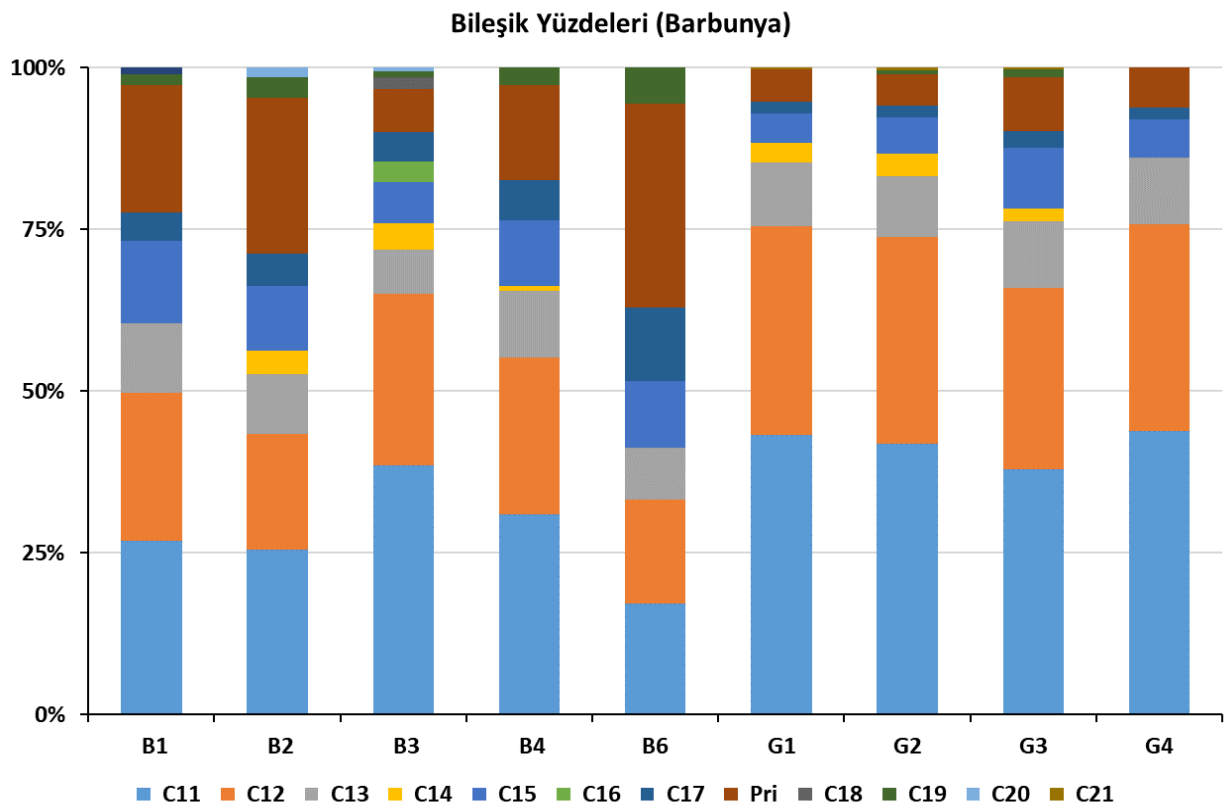
Alifatik hidrokarbonların bileşik yüzdelerinin verildiği Şekil 3'te barbunya balıklarının C11 ve C12 yüzdelerinin her iki dönemde de baskın olduğu görülürken bakalyaroda C15 ve C17'nin baskınlığı dikkat çekmektedir. Bu sonuçlara göre barbunya balıklarında suda çözünmüş halde bulunan düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonların bakalyoraya göre daha fazla biriktiği söylenebilir. Bunun barbunya balıklarına ait EOM değerleri ile dolayısıyla üreme periyoduna bağlı olarak yağlanması ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. C15, C17 ve Pri bileşiklerinin tüm balıklarda tespit edilmesi benzer bir kaynaktan gelebileceğini ifade edebilir. C15'in alg ve fotosentetik bakteri kaynaklı, C17'nin plankton kaynaklı ve Pri'nın zooplankton kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Blumer vd., 1964; Clark Jr, 1966; Wakeham, 1990; Blumer ve Sass, 1992; Le Dréau vd., 1997; Carro vd., 2006; Colombo vd., 2007; Lin vd., 2008). Bahsedilen bu bileşiklerin (C15, C17 ve Pri) her iki balık türü için de biyojenik kaynaklı oldukları görülmektedir. Düşük molekül ağırlıklı alifatik hidrokarbonların (C11, C12 ve C13 gibi) muhtemel kaynağının alg/bakteri ve petrol karışımlı bir kaynağı (Wang ve Christensen, 1964; Harvey ve Taylor, 2017) olabileceği gibi çift karbonlu alifatik hidrokarbonlarında (C16-C22) petrol kaynaklı olabileceği (Steinhauer ve Boehm, 1992; Brown vd., 2010; Miyake vd., 2006; Wakeham, 1990; Lin vd., 2008) belirtilmiştir. Wang ve Christensen (1964) dizel yakıtına ait GC kromatogramında C11-C14 aralığındaki alifatik hidrokarbonların baskınlığına işaret etmesine bağlı olarak Edremit Körfezi'ndeki barbunyalardaki düşük molekül ağırlıklı alifatik hidrokarbonların kesin olmamakla birlikte petrojenik olabileceği söylenebilir. Edremit Körfezi'nde yapılan bu çalışmada C16, C18 ve C20 alifatik bileşikleri barbunyalarda sadece bahar dönemine ait örneklerin bir kısmında tespit edilmiştir. Diğer balık örneklerinde bu bileşiklerin saptanamaması ve saptananlarda da TAH içindeki oranlarının düşüklüğü nedeniyle (Şekil 3) bu bölge balıkları petrojenik kaynaklı bir kirlilik ile kesin olarak ilişkilendirilememiştir.

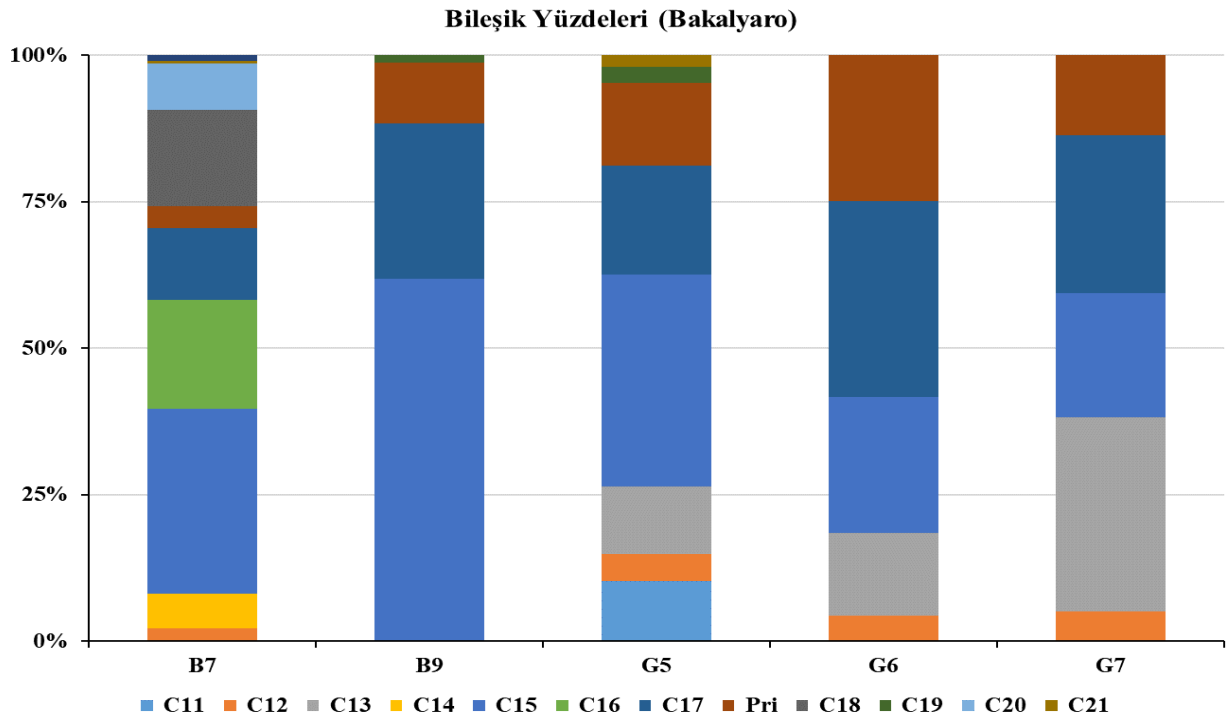
Colombo vd. (2007) 'nin Rio de la Plata'da yaptıkları çalışmada, balık kaslarında özellikle C15 ve C17'nin yüksek seviyelerde bulunmasının balıkların organik maddece zengin olan diyetinin plankton kaynaklı olmasına bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada baskın olan alifatik hidrokarbon bileşiklerinin balık türleri arasında farklılık göstermesinin nedeni olarak türün beslenme rejimleri (Colombo vd., 2007) ve analiz edilen bileşiklerin suda çözünme düzeylerinin farklılığından (Ferguson vd., 2009) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çelik ve Torcu (2000) yaptıkları çalışmada barbunyaların üreme periyodunun mart ayından başlayıp eylül ayına kadar sürmekte olduğunu belirtmiştir. Buna bağlı olarak barbunyanın EOM ortalamasının güz döneminde daha yüksek bulunmasının nedeni olarak üreme periyodunda balıkların yağlanmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Bakalyaroda ise güz ve bahar dönemi EOM değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. Akalın (2014) Edremit Körfezi'ndeki bakalyarolarda yaptığı çalışmada bakalyaronun yıl içinde uzun bir üreme dönemine sahip olduğunu belirtmiştir. Bu yaklaşım, bakalyarodaki mevsimsel EOM ortalamasının birbirine yakınlığını açıklayabilmektedir.

TAH ile EOM değerleri arasındaki korelasyon testi sonuçlarına göre barbunya için R = 0,7586 bulunurken bakalyaro için ise herhangi bir ilişki bulunamamıştır (R = -0,2562). Alifatik hidrokarbonların sudaki çözünürlükleri molekül ağırlığı arttıkça azalmaktadır (Ferguson vd., 2009). Barbunyada TAH seviyelerinin yüksekliğine etki eden etkenin diğer bileşiklere oranla yüksek seviyede saptanan düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonların (C11, C12 gibi) olabileceği söylenebilir. Bu nedenle bakalyaroya göre kısmen daha yağlı olan barbunyada daha yüksek seviyede TAH seviyeleri bulunmuştur.

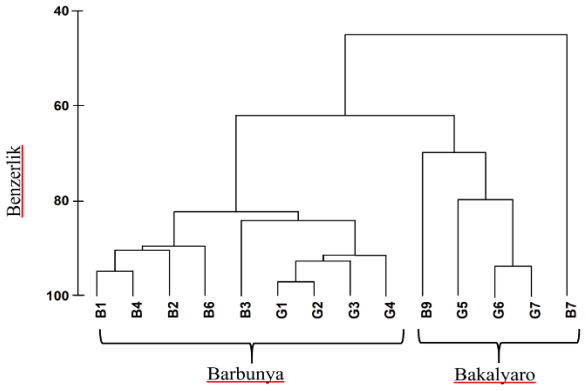
Darilmaz ve Kucuksezgin (2012)'in İzmir Körfezi'nde yaptığı çalışmada barbunyalarda çift karbonlu alifatik hidrokarbonlar analiz edilmiş olup Edremit Körfezi'nden (bu çalışma) yakalanmış olan barbunya balıklarında olduğu gibi düşük karbon sayılı alifatik bileşikleri yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. İzmir Körfezi'ndeki aynı çalışmada barbunya balıklarında toplam alifatik hidrokarbon seviyeleri isparoz balıklarındakinden daha yüksek bulunurken, Edremit Körfezi'nde (bu çalışma) barbunya türü bakalyaroya göre daha yüksek seviyede birikim göstermiştir. Bu durumun alifatik hidrokarbonların sudaki çözünürlükleri ve balıkların EOM miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.





Şekil 3. Edremit Körfezi'nden yakalanan balıklarda alifatik hidrokarbon bileşiklerinin dağılımı
Figure 3. Distribution of aliphatic hydrocarbon compounds in fish caught from the Edremit Bay

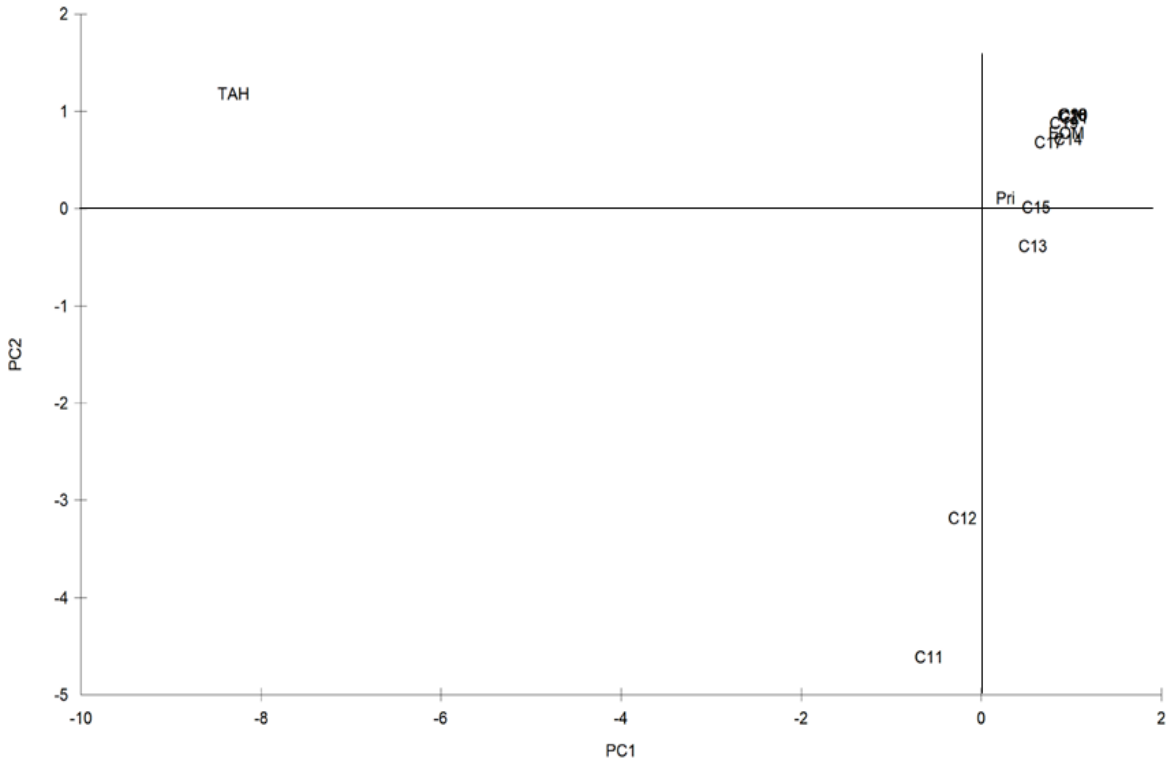
Şekil 4'te alifatik hidrokarbon verilerinden yararlanılarak oluşturulan kümeleme analizinde B1, B2, B3, B4, B6, G1, G2, G3 ve G4 barbunya örneklerini B7, B9, G5, G6 ve G7 bakalyaro örneklerini göstermektedir. PRIMER istatistik programı ile yapılan kümeleme analizinde barbunya ve bakalyaroların belirgin biçimde ayrıldığı görülmektedir. Bu ayrımın bu balıkların fizyolojisi, beslenme farklılığı ve/veya EOM içerikleriyle alakalı olabileceği düşünülmektedir.



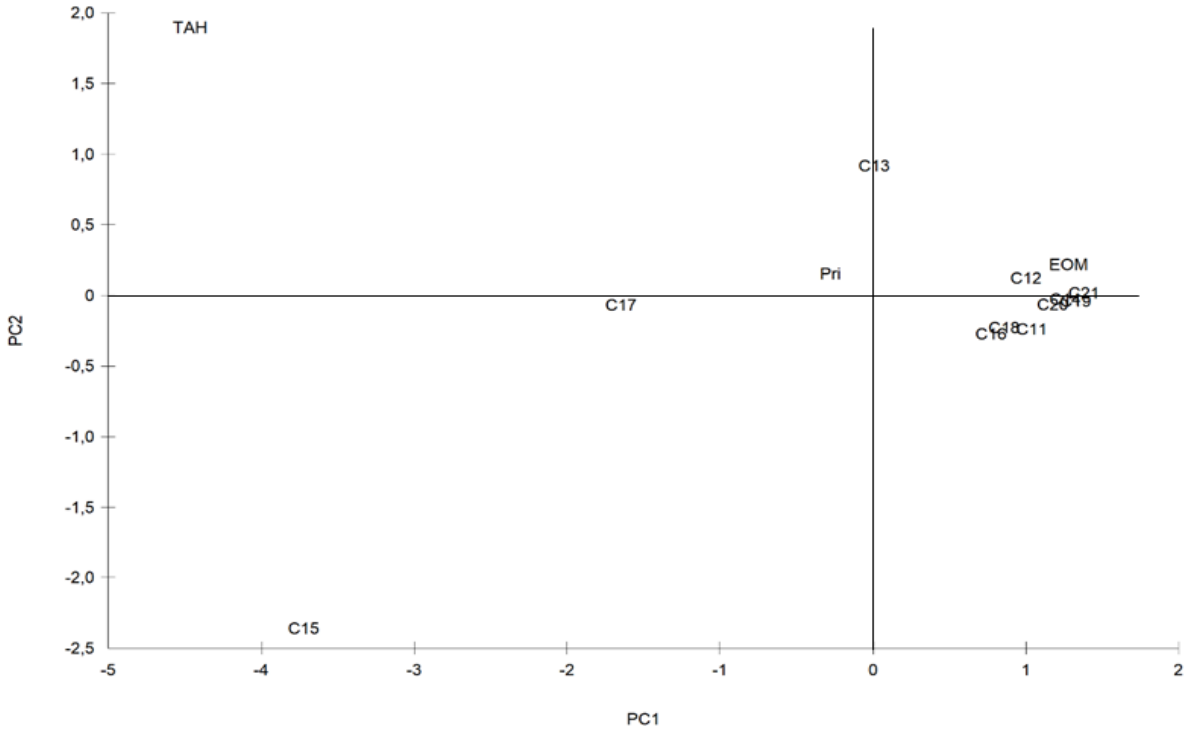
Şekil 4. Edremit Körfezi balık örneklerine ait kümeleme analizi
Figure 4. Cluster analysis of Edremit Bay fish samples

Barbunya örneklerine ait birincil bileşen analizi (PCA) Şekil 5'te gösterilmiştir. Buna göre PC1 (eigen değeri=5,96) ile değişkenliğin %66,2 sini açıklayabiliyorken PC2 (eigen değeri=2,99) ile birlikte %99,5'ini açıklayabilmektedir. PC1'in negatif kısmında C11, C12 ve TAH arasında bir ilişki gözlenirken pozitif kısmında C13, C14, C15, C16, C17, Pri, C18, C19, C20, C21 ve EOM arasında ilişki gözlenmiştir. Negatif kısımdaki bileşikler (C11 ve C12) molekül ağırlığı düşük olan alifatik hidrokarbonlar olup aynı zamanda barbunyada baskın olan bileşiklerdir. Bunun yanında TAH değerlerine esas etki eden alifatik hidrokarbonların bunlar olması nedeniyle barbunyadaki alifatik hidrokarbonların suda çözünmüş halde bulunan düşük molekül ağırlıklı bileşiklerden yani petrojenik kaynaklı olabileceği söylenebilir. PC2'nin negatif kısmında C11, C12 ve C13 bileşikleri görülürken diğer alifatik bileşikleri, EOM ve TAH birlikte görülmüştür.

Bakalyaro örneklerine ait PCA Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre sadece PC1 (eigen değeri=3,71) varyasyonun %74,2'sini açıklayabilmektedir. PC1'in negatif kısmında bakalyarolarda baskın olan bileşikler (C15, C17, Pri) ve TAH birlikte bulunurken diğer bileşikler ve EOM pozitif kısmında bulunmuştur. C15, C17, Pri ve TAH'ın birlikte bulunması bakalyarolarda TAH değerlerine etki eden esas bileşiklerin bunlar olduğunu göstermekle beraber biyojenik kökenli olabileceğine de işaret etmektedir.



Şekil 5. Barbunya örneklerine ait PCA analizi
Figure 5. PCA analysis of red mullet samples



Şekil 6. Bakalyaro örneklerine ait PCA analizi
Figure 6. PCA analysis of european hake samples

Pristan, kopepodlara ve besinlerine bağlı olarak deniz omurgasızları, balık, kuşlar ve memelilerde kolaylıkla biyoakümüle olabilmektedir (Short ve Harris, 2005). Blumer ve Sass (1972) yüksek konsantrasyonda bulunmuş olan Pristan'ın (Phytane'ın olmaması) zooplankton kaynaklı olabileceğini ifade etmiştir. Zooplanktonun, alınan fitolleri Pristan'a dönüştürdüğü ve bunun, diğer deniz hayvanlarında bulunan Pristan için ana kaynağı oluşturduğu Blumer vd. (1964) tarafından belirtilmiştir. Buna göre Edremit Körfezi balıklarında ölçülen Pristan'ın zooplankton kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Pristan değerlerinin hem bahar hem de güz dönemi örneklerinde bakalyaroya göre barbunyada daha yüksek bulunması barbunyanın fizyolojisi, beslenmesi ve/veya EOM değerleri ile ilişkili olabileceğine işaret etmektedir.

Balıklardaki alifatik hidrokarbonların kaynağının lipit oto-oksidasyonundan, karotenoidlerin bozunmasından veya diyetlerinden kaynaklanabilmektedir (Vidal vd., 2016). Carro vd. (2006) tarafından çift kabuklularda yapılan çalışmada C13, C15, C17 ve C19'un biyojenik; C14, C16, C18 ve C20'nin petrojenik indikatör olabileceği ifade edilmiş olup biyoakümülasyonun beslenme, yaşam davranışları, lipit içeriğinin farklılıkları, kıyı zonları ve bulundukları alanın kirlilikle olan durumu ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir. Ahmed vd.(2014) 'in balıklarda yaptığı çalışmada C10, C12 ve C14 alifatik hidrokarbonlarının diğer alifatik bileşiklere göre yüksek bulunduğunu belirtmiş olup düşük molekül ağırlıklı bu alifatiklerin petrojenik kaynaklı olabileceği ifade edilmiştir. Bir diğer çalışmada, Colombo vd. (2007) örneklere ait kromatogramlarda UCM (Çözünmemiş kompleks karışımı) e rastlandığı için petrojenik bir kirliliğin olabileceğini ifade etmişlerdir. Edremit körfezindeki barbunya balıklarında da C11, C12 ve C13 alifatik hidrokarbonları yüksek bulunmuştur. Bu balıklara ait kromatogramlarda UCM (Çözünmemiş kompleks karışımı) in görülmemesi bu hidrokarbonların kaynağının petrojenik olmayabileceğine işaret etmektedir.

Barbunya örneklerine ait korelasyon tablosu (Tablo 2) incelendiğinde özellikle C11, C12, C13, TAH ve EOM arasındaki pozitif ilişki dikkat çekmektedir. Bu tabloda barbunyada baskın olan düşük molekül ağırlıklı alifatik hidrokarbonların (C11, C12 ve C13) EOM ve TAH değerlerine etkisi barizdir. Bunun nedeni olarak düşük molekül ağırlıklı hidrokarbonların sudaki çözünürlükleri ve/veya barbunyanın besini kaynaklı olduğu söylenebilir. Bakalyaro örneklerine ait korelasyon tablosu (Tablo 3) incelendiğinde özellikle C11, C12 ve C13'ün sonrasında da TAH ile C14, C15, C16 ve C17 arasında pozitif ilişki dikkat çekmektedir. Bu tablo bakalyaroya ait TAH değerlerinin özellikle C14, C15, C16 ve C17 kaynaklı olabileceğini göstermektedir. Bunun nedeni olarak bu alifatik hidrokarbonlardan özellikle C15 ve C17'nin biyojenik kaynaklı olması etkili olabilir. Barbunya ve bakalyaro örneklerine ait korelasyon tabloları karşılaştırıldığında TAH'na etki eden bileşiklerin barbunyada C11, C12 ve C13 iken bakalyaroda bu bileşiklerden ziyade C14, C15, C16 ve C17 görülmektedir. Bu farklılığın balıkların lipit içerikleri ve beslenmelerinden kaynaklı olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Barbunya örneklerinde boy, ağırlık, EOM ve alifatik hidrokarbonların korelasyonu
Table 2. Correlation of length, weight, EOM and aliphatic hydrocarbons in red mullet samples

	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	Pri	C18	C19	C20	C21	TAH	EOM	Boy	Ağırlık
C11	1															
C12	1,00	1														
C13	0,95	0,96	1													
C14	0,74	0,73	0,61	1												
C15	0,61	0,62	0,78	0,34	1											
C16	0,04	-0,01	-0,19	0,35	-0,11	1										
C17	-0,06	-0,06	0,00	0,06	0,37	0,37	1									
Pri	-0,38	-0,35	-0,10	-0,37	0,43	-0,38	0,47	1								
C18	0,04	-0,01	-0,19	0,35	-0,11	1,00	0,37	-0,38	1							
C19	-0,40	-0,38	-0,21	-0,23	0,31	-0,12	0,73	0,86	-0,12	1						
C20	-0,30	-0,35	-0,44	0,19	-0,32	0,61	0,01	-0,11	0,61	0,03	1					
C21	0,83	0,85	0,85	0,77	0,60	-0,25	-0,07	-0,08	-0,25	-0,12	-0,37	1				
TAH	0,99	0,99	0,97	0,74	0,72	0,02	0,06	-0,23	0,02	-0,25	-0,31	0,86	1			
EOM	0,79	0,79	0,81	0,35	0,59	-0,06	-0,26	-0,28	-0,06	-0,55	-0,45	0,55	0,77	1		
Boy	0,27	0,26	0,13	0,31	0,14	0,64	-0,05	-0,48	0,64	-0,42	0,15	0,02	0,25	0,44	1	
Ağırlık	0,23	0,22	0,08	0,32	0,09	0,65	-0,07	-0,48	0,65	-0,42	0,17	0,02	0,20	0,40	0,99	1

Tablo 3. Bakalyaro örneklerinde boy, ağırlık ve alifatik hidrokarbonların korelasyonu
Table 3. Correlation of length, weight, EOM and aliphatic hydrocarbons in european hake samples

	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	Pri	C18	C19	C20	C21	TAH	EOM	Boy	Ağırlık
C11	1															
C12	0,66	1														
C13	0,71	0,57	1													
C14	-0,25	0,36	-0,53	1												
C15	0,02	-0,07	-0,54	0,33	1											
C16	-0,25	0,36	-0,53	1,00	0,33	1										
C17	0,00	0,01	-0,22	0,07	0,83	0,07	1									
Pri	0,42	0,37	0,54	-0,37	0,25	-0,37	0,69	1								
C18	-0,25	0,36	-0,53	1,00	0,33	1,00	0,07	-0,37	1							
C19	0,86	0,30	0,42	-0,38	0,41	-0,38	0,37	0,51	-0,38	1						
C20	-0,25	0,36	-0,53	1,00	0,33	1,00	0,07	-0,37	1,00	-0,38	1					
C21	0,94	0,80	0,55	0,09	0,14	0,09	0,03	0,30	0,09	0,75	0,09	1				
TAH	0,10	0,40	-0,40	0,71	0,83	0,71	0,69	0,23	0,71	0,23	0,71	0,35	1			
HEOM	-0,49	-0,49	0,00	-0,49	-0,04	-0,49	0,41	0,48	-0,49	-0,26	-0,49	-0,68	-0,29	1		
Boy	-0,59	-0,31	-0,93	0,67	0,73	0,67	0,50	-0,25	0,67	-0,30	0,67	-0,37	0,69	0,01	1	
Ağırlık	-0,43	-0,12	-0,83	0,73	0,81	0,73	0,60	-0,12	0,73	-0,17	0,73	-0,20	0,83	-0.06	0,98	1

Akalın (2014)'ın bakalyarolar üzerine yaptığı çalışmada üreme dönemlerinde dişilerin erkeklere oranla daha büyük boylara ulaştığı belirtilmektedir. Erkek bireylerin üreme olgunluk boyunun ortalama 26,5 cm (toplam boy) olduğu verilmiş olup, Edremit Körfezi'nden yakalanan bakalyaroların da üreme olgunluk boyunda oldukları görülmüştür. Edremit Körfezi'ndeki bu çalışmada bakalyaro örneklerinde ortalama boyların bahar döneminde güz dönemi örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bakalyaro örneklerindeki TAH değerleri ile boyları arasında da pozitif korelasyon (r=0,69) bulunmuştur. Bu da TAH değerlerinin bahar döneminde güz dönemine göre daha yüksek bulunmasını açıklayabilmektedir

Edremit Körfezi'ndeki balıklarda bulunan TAH (61-2090 ng/g, dw) seviyeleri diğer bölgelerde yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında; Ahmed vd.'nin (2019) Suez Körfezi'nde (Mısır) yaptığı çalışmadan (11-97 ng/g, ww) ve Webster vd.'nin (2012)' Elgin'de (İskoçya) yaptığı çalışmadan (52-468 ng/g, ww) daha yüksek bulunmuştur. Mzoughi vd.'nin (2010) Tunus Körfezi'nde yaptığı çalışmayla benzer seviyeler (289-1051 ng/g (dw) bulunmuştur. Ayrıca Edremit Körfezi'nde hesaplanan TAH seviyeleri Colombo vd. 'nin (2007) Río de la Plata'da (Arjantin) (83-254 µg/g, dw) Emara vd.'nin (2008) Akdeniz'de (Mısır) (1006-19365 ng/g, fw), Carro vd.'nin (2006) Galicia'da (İspanya) (89-5098 ng/g, ww), Wang vd. (2019)'nın Laizhou Körfezi'nde (Çin) (376-13804 ng/g, ww), Azis vd.'nin (2016) Marsilya'da (Fransa) (27026-28335 ng/g, dw) saptadıkları değerlerden daha düşüktür.

SONUÇ

Balıkçılık açısından önemli doğal körfezlerimizden biri olan Edremit Körfezi'nden (Balıkesir) trolle yakalanmış barbunya ve bakalyaro balıklarının kas dokularında alifatik hidrokarbonların varlığı incelenmiştir. Analiz sonuçları, baskın alifatik hidrokarbonların barbunyada düşük molekül ağırlıklı C11 ve C12 iken bakalyaroda C15 ve C17 olduğunu göstermiştir. Baskın hidrokarbonlardaki farklılıkların balık türünün fizyolojisine, diyet kompozisyonlarına, EOM miktarlarına ve/veya suda çözünmüş halde bulunan hidrokarbonlara bağlı olduğu düşünülmektedir. Kümeleme ve birincil bileşen analizlerinde alifatik hidrokarbon konsantrasyonlarına göre barbunya ve bakalyaro balıklarının birbirinden kolaylıkla ayrıldığı gözlenmiştir. Bakalyarolara göre Barbunya balıkları daha yüksek TAH değerlerine sahiptir. Barbunyalarda güz dönemi değerleri daha yüksek bulunurken, bakalyaroda bahar dönemi örneklerinin değerleri daha yüksek saptanmıştır. Bu çalışmada ele alınan veriler, ileride yapılacak çalışmalar için referans oluşturacaktır. Ayrıca bu gibi biyomonitoring çalışmalarda denizsuyu örneklerinde de alifatik hidrokarbon analizlerinin yapılması saptanacak sonuçların yorumlanmasında faydalı olacaktır.

TEŞEKKÜR

TÜBİTAK'a 113Y447 nolu projeye olan desteği için teşekkürler. Ayrıca, TÜBİTAK-113Y447 projesinde görevli araştırmacılara ve K. Piri Reis gemisi çalışanlarına örnekleme esnasında yardımlarını esirgemedikleri için teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Ahmed, M. T., Loutfy, N., Shoieb, M., & Mosleh, Y. Y. (2014). Residues of aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in some fish species of Lake Temsah, Ismailia, Egypt: an analytical search for hydrocarbon sources and exposure bioindicators. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 20(6), 1659-1669.

Ahmed, O. E., Eldesoky, A. M., & El Nady, M. M. (2019). Evaluation of petroleum hydrocarbons and its impact on organic matters of living organisms in the northwestern Gulf of Suez, Egypt. *Petroleum Science and Technology*, 37(24), 2441–2449. DOI:10.1080/10916466.2019.1655443

Akalın, S. (2014). Investigations of the age and growth characteristics of European Hake (*Merluccius merluccius* L., 1758) in Edremit Bay. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(4), 195–203. DOI:10.12714/egejfas.2014.31.4.04

Azis, M. Y., Yelmiza, Asia, L., Piram, A., Bucharil, B., Doumenq, P., & Syakti, A. D. (2016). Occurrence of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons (PAHs) in *Mytillus galloprovincialis* from the traditional market in Marseille, France, by Gas Chromatography triplequadropole tandem Mass Spectrometry (GC-QQQ/MS). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107(1), 1-9. DOI:10.1088/1757-899X/107/1/012008

Balıkesir İli Çevre Durum Raporu (2016). T.C. Balıkesir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Balıkesir İli 2015 Yılı Çevre Durum Raporu, 136pp.

Blumer, M., Mullin, M. M., & Thomas, D. W. (1964). Pristane in the marine environment. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 10(1), 187–201. DOI:10.1007/BF01626106

Blumer, M., & Sass, J. (1972). Oil pollution: Persistence and degradation of spilled fuel oil. *Science*, 176(4039), 1120–1122. DOI:10.1126/science.176.4039.1120

Brassell, S. C., Eglinton, G., Maxwell, J. R., & Philp, R. P. (1978). Natural background of alkanes in the aquatic environment. In 0. Hutzinger et al. (Eds.), *Aquatic pollutants: transformation and biological effects*. (pp. 69-86). Pergamon Press Ltd. DOI:10.1016/b978-0-08-022059-8.50010-8

Brown, J., Boehm, P., Cook, L., Trefry, J., Smith, W., & Durell, G. (2010). cANIMIDA Task 2: Hydrocarbon and metal characterization of sediments in the cANIMIDA study area. OCS Study MMS 2010-004, Final report. Contract, (M04PC00001), 235pp.

Carls, M.G., Wertheimer, A.C., Short, J.W., Smolowitz, R.M., & Stegeman, J.J., 1996. Contamination of juvenile pink and chum salmon by hydrocarbons is Prince William Sound after the Exxon Valdez oil spill. In: Rice, S.D., Spies, R.B., Wolfe, D.A., Wright, B.A. (Eds.), *Proceedings of the Exxon Valdez oil spill symposium*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 593–607.

Carro, N., Cobas, J., & Maneiro, J. (2006). Distribution of aliphatic compounds in bivalve mollusks from Galicia after the Prestige oil spill: Spatial and temporal trends. *Environmental Research*, 100(3), 339–348. DOI:10.1016/j.envres.2005.09.003

Ceyhan, T., Akyol, O., & Ünal, V. (2006). Edremit Körfezi (Ege Denizi) Kıyı Balıkçılığı Üzerine Bir Araştırma. *Su Ürünleri Dergisi*, 23(3), 373-375.

Chukwuka, K. S., Alimba, C. G., Ataguba, G. A., & Jimoh, W. A. (2018). The Impacts of Petroleum Production on Terrestrial Fauna and Flora in the Oil-Producing Region of Nigeria. In *The Political Ecology of Oil and Gas Activities in the Nigerian Aquatic Ecosystem* (pp. 125-142). Academic Press.

Clark Jr, R. C. (1966). Saturated hydrocarbons in marine plants and sediments, *MSc Thesis,* Massachusetts Institute of Technology), 97pp.

Colombo, J. C., Cappelletti, N., Migoya, M. C., & Speranza, E. (2007). Bioaccumulation of anthropogenic contaminants by detritivorous fish in

the Río de la Plata estuary: 1-Aliphatic hydrocarbons. *Chemosphere*, 68(11), 2128–2135. DOI:10.1016/j.chemosphere.2007.02.001

Çelik, Ö., & Torcu, H. (2000). Ege Denizi, Edremit Körfezi Barbunya Balığı (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)'nin Biyolojisi Üzerine Araştırmalar. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24(3), 287–295.

Darilmaz, E., & Kucuksezgin, F. (2012). Distribution of aliphatic and aromatic hydrocarbons in red mullet (*Mullus barbatus*) and annular sea bream (*Diplodus annularis*) from the Izmir Bay (Eastern Aegean). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(2), 283–289. DOI:10.1007/s00128-011-0467-9

Emara, H. I., Said, T. O., El Naggar, N. A., & Shreadah, M. A. (2008). Aliphatic and polycyclic hydrocarbon compounds as chemical markers for pollution sources in relation to physico-chemical characteristics of the eastern harbour (Egyptian Mediterranean Sea). *Egyptian Journal of Aquatic Research,* 1-19.

Ferguson, A. L., Debenedetti, P. G., & Panagiotopoulos, A. Z. (2009). Solubility and molecular conformations of n-Alkane chains in water. *Journal of Physical Chemistry B*, 113(18), 6405–6414. DOI:10.1021/jp811229q

Harvey, H. R., & Taylor, K. A. (2017). Alkane and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and benthic invertebrates of the northern Chukchi Sea. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography,* 144 (August), 52–62. DOI:10.1016/j.dsr2.2017.08.011

Le Dréau, Y., Jacquot, F., Doumenq, P., Guiliano, M., Bertrand, J. C., & Mille, G. (1997). Hydrocarbon balance of a site which had been highly and chronically contaminated by petroleum wastes of a refinery (from 1956 to 1992). *Marine Pollution Bulletin*, *34*(6), 456–468. DOI:10.1016/S0025-326X(96)00139-7

Lin, X., Zhu, L.P., Wang, Y., Wang, J.B., Xie, M.P., Ju, J.T., Mäusbacher, R., Schwalb, A., 2008. Environmental changes reflected by n-alkanes of lake core in Nam Co on the Tibetan Plateau since 8.4 kaB.P. *Chinese Science Bulletin*, 53, 3051–3057. DOI:10.1007/s11434-008-0313-6

Luquet, P., Cravedi, J. P., Tulliez, J., & Bories, G. (1984). Growth reduction in trout induced by naphthenic and isoprenoid hydrocarbons (dodecylcyclohexane and pristane). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 8(3), 219–226. DOI:10.1016/0147-6513(84)90025-3

Miyake, T., Nakazawa, F., Sakugawa, H., Takeuchi, N., Fujita, K., Ohta, K., & Nakawo, M. (2006). Concentrations and source variations of n-alkanes in a 21 m ice core and snow samples at Belukha glacier, Russian Altai mountains. *Annals of Glaciology*, 43, 142-147.

Mzoughi, N., Chouba, L., & Lespes, G. (2010). Assessment of total aromatic hydrocarbons, aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediment and fish from the Gulf of Tunis (Tunisia). *Soil and Sediment Contamination*, 19(4), 467–486. DOI:10.1080/15320383.2010.486052

Payne, J. F., Fancey, L. L., Hellou, J., King, M. J., & Fletcher, G. L. (1995). Aliphatic hydrocarbons in sediments: a chronic toxicity study with winter flounder (*Pleuronectes americanus*) exposed to oil well drill cuttings. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(12), 2724–2735. DOI:10.1139/f95-861

Short, J., & Harris, P. (2005). Pristane monitoring in mussels: Distribution of pristane in the neritic ecosystem of the Northern Gulf of Alaska. Anchorage (AK): NOAA, National Marine Fisheries Service, Auke Bay Laboratory Juneau, AK. *Exxon Valdez*, 10-54.

Steinhauer, M. S., & Boehm, P. D. (1992). The composition and distribution of saturated and aromatic hydrocarbons in nearshore sediments, river sediments, and coastal peat of the Alaskan Beaufort Sea: Implications for detecting anthropogenic hydrocarbon inputs. *Marine Environmental Research*, 33(4), 223–253. DOI:10.1016/0141-1136(92)90140-H

UNEP/FAO/IOC/IAEA. (1993). Guidelines for monitoring chemical contaminants in the sea using marine organisms. *Reference methods for marine pollution studies*, (6).

US EPA. (2018). Region 4 Human Health Risk Assessment Supplemental Guidance. *U.S. Environmental Protection Agency*, (January), 98. Tarihinde adresinden erişildi https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-03/documents/era_regional_supplemental_guidance_report-march-2018_update.pdf

Ünlüoğlu, A., Akalın, S., & Çakır, D. T. (2008). Edremit Körfezi Demersal Balıkçılık Kaynakları Üzerine Bir Araştırma. *Su Ürünleri Dergisi*, 25(1), 63-69.

Vidal, N. P., Manzanos, M. J., Goicoechea, E., & Guillén, M. D. (2016). Farmed and wild sea bass (Dicentrarchus labrax) volatile metabolites: A comparative study by SPME-GC/MS. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1181–1193. DOI:10.1002/jsfa.7201

Wakeham, S. G. (1990). Algal and bacterial hydrocarbons in particulate matter and interfacial sediment of the Cariaco Trench. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54(5), 1325–1336. DOI:10.1016/0016-7037(90)90157-G

Wang, Z., & Christensen, J. H. (1964). Crude Oil and Refined Product Fingerprinting: Applications. *Environmental Forensics: Contaminant Specific Guide*, 409–464. DOI:10.1016/B978-012507751-4/50039-2

Wang, Z., Fingas, M., & Page, D. S. (1999). Oil spill identification. *Journal of Chromatography A*. 843(1-2), 369-411. DOI:10.1016/S0021-9673(99)00120-X

Wang, S., Liu, G., Yuan, Z., & Lam, P. K. S. (2019). Occurrence and trophic transfer of aliphatic hydrocarbons in fish species from Yellow River Estuary and Laizhou Bay, China. *Science of the Total Environment*, 696. 134037. DOI:10.1016/j.scitotenv.2019.134037

Webster, L., Russell, M., Hussy, I., Packer, G., Dalgarno, E. J., Craig, A., A., Moore, D.C., Jaspars, M. & Moffat, C. F. (2012). Environmental Assessment of the Elgin Gas Field Incident–Report 5, Fish and Sediment. Marine Scotland Science Report 17/12, 24pp.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 11-19 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.02

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi ile balıkçıların iç su balıkları avcılığı konusundaki görüşlerinin değerlendirilmesi[α]

Evaluation of fishermen opinions about inland fisheries with non-linear canonical correlation analysis

Emre Yılmaz[1]* ● Serap Pulatsü[2]

[1]Tarım ve Orman Bakanlığı, Salihli İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, 45300, Manisa, Türkiye
[2] Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 06100, Ankara, Türkiye

https://orcid.org/0000- 0001-6357-6611
https://orcid.org/0000-0001-5277-417X

*Corresponding author: emre.yilmaz@tarimorman.gov.tr

Received date: 19.02.2020 *Accepted date: 09.11.2020*

How to cite this paper:
Yılmaz, E. & Pulatsü, S. (2021). Evaluation of fishermen opinions about inland fisheries with non-linear canonical correlation analysis. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 11-19. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.02

Öz: Bu araştırmanın amacı, Türkiye'de iç su balıkçılığında önemli yere sahip dört avlak sahasında (Marmara Gölü-Demirköprü Baraj Gölü/Manisa ve Eğirdir Gölü- Beyşehir Gölü/ Isparta) faaliyet gösteren, farklı sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik (yaş, eğitim, yıllık gelir düzeyi, gelir kaynakları gibi) yapıya sahip balıkçıların; a) İç su balıkçılığında karşılaştıkları sorunlar b) Doğal balık stoklarının olası azalma nedenleri c) Balıkçılığın iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri konularındaki görüş/düşünceleri arasındaki farklılıklarının tespitidir. Bu amaçla 2018 yılında 59 balıkçıya uygulanan anket verileri, Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi metoduyla değerlendirilmiştir.

Araştırma bulgularına göre: a) Balıkçılıkta karşılaşılan en önemli sorunlar; eğitim düzeyi yüksek balıkçılara göre pazarlama ve göllerin su seviyesindeki değişiklikler iken, eğitim ve gelir seviyesi düşük olan balıkçılara göre, ruhsatsız avcılık, cezaların caydırıcı olmaması ve elektrikle avcılıktır b) Eğitim düzeyi yüksek balıkçılar, yasak dönemde-yasak av araçlarıyla avlanmanın, eğitim ve gelir seviyesi düşük olanlar ise küçük balık avlamanın, doğal balık stoklarının azalmasında önemli bir etken olduğu görüşündedirler c) Balıkçılıkta yaşanan sorunların çözümünde, eğitim düzeyi ile gelir kaynağı yüksek balıkçılar, yasal düzenlemelerin iyileştirilmesi ve yasal düzenlemelere uyulması görüşünü benimserken, daha düşük eğitim ve gelir seviyesine sahip balıkçılar, pazarlamada yaşanan sorunların giderilmesi gerektiğini düşünmektedirler.

Bulgular, balıkçı görüş/düşünce-önerilerini gözeten uygulamaların etkinliğinin artırılmasının, yörede balıkçılığın yönetimine ve sürdürülebilirliğine katkı sağlayacağına işaret etmektedir.

Anahtar kelimeler: İç su balıkçılığı, balıkçı, avlak sahaları, doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi

Abstract: This study aims to present and examine the views among fishermen with different socio-demographic and socio-economic backgrounds (i.e., age, education level, annual income and source of income), fishing in four important inland fishing grounds in Turkey, namely Marmara Lake-Demirköprü Dam Lake (Manisa Province) and Eğirdir Lake- Beyşehir Lake (Isparta Province). The following key points are emphasized; a) Problems in inland fisheries b) Potential reasons of decrease in natural fish stocks c) Problem solutions and recommendations to improve the inland fisheries. The data obtained from a survey administered to 59 fishermen was evaluated using the Non-Linear Canonical Correlation Analysis method.

According to the findings of the study: a) The most important problems encountered in fisheries; according to the fishermen with high education level, while the marketing and changes in the water level of the lakes, the fishermen with low education and income level, unlicensed hunting, the lack of punishment and electric hunting are problems b) Fishermen with a high level of education think that fishing with illegal fishing gears during the prohibited fishing season, and those with a low level of education and income are of opinion that small fishing is an important factor in the decrease of natural fish stocks c) Fishermen with high education-income sources adopt the idea of improving legal regulations and complying with them, whereas fishermen with a low-level of education and income think that problems in marketing should be eliminated as a solution to the problem in the fisheries.

Results indicate that increasing the effectiveness of the practices that consider the opinions/suggestions of fishermen will contribute to the management and sustainability of fisheries in the region.

Keywords: Inland fisheries, fisherman, fishing grounds, non-linear canonical correlation analysis

[α]Bu çalışma, Emre Yılmaz'ın doktora tezinin bir bölümüdür.

GİRİŞ

İç sular, hidroelektrik enerji, tarımsal amaçlı sulama, içme suyu temini, madencilik ve diğer kaynak çıkarma süreçleri, seyrüsefer ve insan faaliyetini desteklemek için nehir koridorlarının modifikasyonu da dâhil olmak üzere çoklu faaliyetlerden etkilenmekte ve tehdit altına girmektedir. İç su balıkları ve iç su balıkçılığı ise, Dünya genelinde milyonlarca insan için önemli bir gıda, geçim kaynağı, rekreaktif değer ve gelir kaynağı oluşturma niteliklerini barındırmaktadır (Taylor vd., 2016). İç sulardaki ticari amaçlı su ürünleri avcılığı doğal göller ve baraj göllerinde yapılmakta olup, bu alanlar büyüklüklerine göre avlaklara ayrılmakta, bu avlaklar stok tespitleri sonrası, kiralanmak üzere ilan edilmektedir. Kiralama işlemlerinde su ürünleri kooperatiflerine öncelik tanınmakta ve kiralayanlar, su ürünleri tebliği ile getirilen düzenlemelere uygun olarak avcılık faaliyetinde bulunmaktadır (Anonim, 2016).

Türkiye'de 2019 yılı verilerine göre, toplam su ürünleri üretimi 836.524 tondur ve üretimin 463.168 tonu avcılık yoluyla 373.356 tonu yetiştiricilik yoluyla elde edilmiştir.

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Avcılık yoluyla elde edilen üretim; denizlerde 431.572 ton, iç sularda ise 31.596 ton olarak bildirilmiştir. Manisa İli'nde avcılıktan elde edilen iç su ürünleri miktarı 235 ton, Isparta İli'nde ise 1.278 ton'dur (TÜİK, 2019).

İç su balıkçılığı açısından önem taşıyan her iki ildeki avlak sahalarında yürütülmüş çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazılarının konuları; Eğirdir ve Beyşehir Gölleri'ndeki avcılıkta kullanılan ağların seçicilik özellikleri ve av verimlilikleri ile Beyşehir Gölü'nde faaliyet gösteren balıkçıların sosyo-ekonomik analizi (Korkmaz ve Kuşat, 2014; Çınar ve Kuşat, 2015; Korkut vd., 2015), Eğirdir Gölü balık faunasındaki değişiklikler (Kesici ve Kesici, 2006; Küçük vd., 2009), Eğirdir ve Beyşehir Gölleri'ni de içeren balıklandırma faaliyetinin göl ekosisteminde yol açtığı etkiler (Yeğen vd., 2006), Marmara Gölü sulak alanının yönetimi (Arı ve Derinöz, 2011), Marmara Gölü-Demirköprü Baraj Gölü (Manisa İli) ile Eğirdir-Beyşehir Gölleri (Isparta İli)'nde faaliyet gösteren balıkçıların sosyo-ekonomik yapısı ile avcılık faaliyetleri (Yılmaz ve Pulatsü, 2019) hakkındadır.

Bu araştırma kapsamında ise, Marmara Gölü ve Demirköprü Baraj Gölü (Manisa İli) ile Eğirdir ve Beyşehir Gölleri (Isparta İli)'nde faaliyet gösteren, farklı sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik özelliklere sahip balıkçıların, adı geçen dört avlak sahasında; balıkçılıkla ilgili bazı konulardaki görüş/düşünce ve önerileri arasındaki farklılıklarının ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla araştırma -Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analiz (NLCCA)- metodu kullanılarak farklı yaş, eğitim, gelir düzeyi ve gelir kaynaklarına sahip balıkçıların; a) İç su balıkçılığında sorun olarak gördükleri unsurlar b) Doğal balık stoklarının olası azalma nedenleri c) Balıkçılığın iyileştirilmesine yönelik önerileri gibi üç ana konuya olan yaklaşımlarına odaklanmıştır.

Araştırma ile uygulayıcı konumdaki balıkçı penceresinden olan yaklaşımları içeren bulguların, mevcut balıkçılığın daha etkin kılınmasında ve uygulamalardaki boşlukların doldurulmasında yol gösterici olması öngörülmektedir.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın ana materyalini, Marmara Gölü ve Demirköprü Baraj Gölü (Manisa İli) ile Eğirdir ve Beyşehir Gölleri (Isparta İli)'nde balıkçılık faaliyetinde bulunan, su ürünleri kooperatifi üyesi ve Su Ürünleri Bilgi Sistemi (SUBİS)'e kayıtlı tekne sahibi balıkçılar ile yapılan anketlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. İlk aşamada, Manisa ve Isparta İlleri'nde iç su balıkçılığı yapan balıkçıların tekne sayıları ve tekne uzunlukları Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilerek populasyon oluşturulmuştur. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi kullanılarak belirlenmiştir. Tekne uzunluklarının normal dağılım gösterdiği belirlendikten sonra ise, anket yapılacak olan tekne sahiplerinin sayısının tespitinde Çiçek ve Erkan (1996) tarafından bildirilen basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Basit tesadüfî örnekleme formülü;

$$n= \frac{N\mathrm{d}^2\, t^2}{(N-1)d^2+\mathrm{d}^2 t^2}$$

d = Genel ortalamanın % 5'i (hata payı)
Güven aralığı % 99 (t değer)
δ^2 = Populasyonun varyansı
N= Populasyon sayısı
δ^2 = 1,1
N = 794 (Her iki ildeki toplam balıkçı teknesi)
n = 59

Bu sonuç, 59 örneğin populasyonu % 99 güvenirlilik % 5 hata payı ile temsil ettiğini göstermektedir. İllerin populasyondaki ağırlıklı ortalamasına göre örnek sayıları hesaplanmış ve bu bağlamda, Manisa İli için 8, Isparta İli içinse 51 adet balıkçı ile anket çalışması gerçekleştirilmiştir.

Anket tekniği ile alandan toplanan bilgiler, tekne sahibi balıkçılarla yüz yüze yapılan görüşmelerle elde edilmiştir. Anketler, 2018 yılında balıkçılık av sezonunun serbest olduğu bir dönemde yapılmıştır. Anket verilerinin analizinde SPSS 20 paket programından yararlanılmıştır. Bulgulara "Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi (NLCCA)" metodu kullanılarak ulaşılmıştır.

Filiz ve Kolukısaoğlu (2012a, 2012b, 2015); Özer ve Özden (2013); Köksal ve Cevher (2015) ve Yavuz vd. (2015)'in çalışmalarında da ayrıntıları ile belirtildiği gibi NLCCA metodu, ilişkilerin doğrusallığı veya kullanılan değişkenlerin dağılımı hakkında herhangi bir varsayımda bulunmamaktadır. Sayısal değişkenlerin yanı sıra, kategorik değişkenleri de iki boyutlu haritalarda analize dahil etmesi ve değişkenlerin grafiksel gösterimine de olanak vermesi, bu metodun farklı alanlara ilişkin araştırmalarda kullanımının tercih sebepleridir. Yukarıda adı geçen araştırmacıların bildirdiğine göre, Klasik Doğrusal Kanonik Korelasyon Analizi (CLCCA), Doğrusal Olmayan Kanonik Korelasyon Analizi'nin (NLCCA) temelini oluşturmakta ve iki ve ikiden fazla değişken kümeleri arasındaki ilişkileri incelemede kullanılmaktadır. CLCCA'nın kullanılabilmesi için bazı varsayımlar söz konusudur; değişkenlerin çok değişkenli normal dağılım göstermesi, analiz sonucunun güvenilir olması için setlerdeki veri sayısının yeterince çok olması, veri setinde aykırı değerlerin bulunmaması, veri matrisinde gereğinden fazla ve problemle alakası olmayan değişkenlerin yer almaması ve değişkenler arasında tam korelasyon bulunmaması gibi. Ayrıca CLCCA'da değişkenler eşit aralıklı veya oranlı ölçekli olmalıdır. Sözü edilen bu varsayımların biri veya birkaçının sağlanamaması durumunda ise NLCCA kullanılmaktadır (Yavuz vd., 2015). Metoda göre, nitel veri analizinde orijinal veri matrisi yerine gösterge matrisi kullanıldığından, Hk matrisi yerine Gj gösterge matrisi ve Ak ağırlıkları yerine Yj kategori sayısallaştırmaları matrisi kullanılmalıdır. Bu durumda kayıp fonksiyonu:

$$\sigma_m(X,Y) = K^{-1}\sum_k SS\,\mathrm{Q}\left(\mathrm{X} - \sum_{J\in J_k} G_{kj}\, Y_k\right) \qquad (1)$$

Burada: Yj (kj x p) boyuta sahip kategori nicelleştirmelerini, Gj (n x kj) boyuta sahip olan j değişkeninin gösterge matrisini ifade etmektedir. Ayrıca J değişkenlerin J küme indeksi J(1)….J(k)……J(K) şeklinde k alt kümeler içine

ayrılmaktadır (Köksal ve Cevher 2015). Analiz sonucunda boyutlar arasındaki ilişkinin derecesi kanonik korelasyon k atsayısı ile yorumlanmaktadır. Bu değer 0 ile 1 arasında olup yüzde değeri olarak ifade edilmektedir. Analiz sonrasında kanonik korelasyon katsayısı görülmemekte, kanonik korelasyon Özer ve Özden (2013) tarafından da bildirildiği gibi aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır. NLCCA uygulama sonuçlarında, kanonik korelasyon katsayısı dışında herhangi bir test değeri bulunmamaktadır. Tablo 1'de çalışmaya ilişkin değişkenlerin listesi ve optimal ölçekleme düzeyleri sunulmuştur.

$$\text{Kanonik Korelasyon} = \frac{(\text{Set Sayısı} * \text{Özdeğer}) - 1)}{(\text{Set sayısı} - 1)} \qquad (2)$$

Tablo 1. Değişkenler ve optimal ölçekler listesi
Table 1. List of variables and optimal scales

Set	Optimal Ölçekleme Adı ve Düzeyi	Kategori
1	Eğitim	Okur-yazar/ilkokul
	(ordinal)	Ortaokul/ilköğretim
		Lise
		Meslek yüksekokulu/üniversite
1	Gelir kaynakları	Balıkçılık
	(Multiple Nominal)	Balıkçılık+tarımsal gelir
		Balıkçılık+tarım+tarım dışı gelir
1	Balıkçılık yıllık geliri	25.000 altı
	(Ordinal)	25.000-50.000
1	Yaş	30-45
	(Ordinal)	46-65
		65 yaş üstü
2*	Ruhsatsız avcılık	Var
	(Single nominal)	Yok
	Elektrikle avcılık	Var
	(Single nominal)	Yok
	Su seviyesinde değişiklik	Var
	(Single nominal)	Yok
	Cezaların caydırıcı olmaması	Var
	(Single nominal)	Yok
	Pazarlama	Var
	(Single nominal)	Yok
2**	Küçük balık avlanma	Var
	(Single nominal)	Yok
	Yasak dönemde avlanma	Var
	(Single nominal)	Yok
	Elektrikle avlanma	Var
	(Single nominal)	Yok
	Pazarlama sıkıntısı	Var
	(Single nominal)	Yok
2***	Küçük balık avlamamak	Var
	(Single nominal)	Yok
	Yasak dönemde avlanmamak	Var
	(Single nominal)	Yok
	Kotalı avlanmak	Var
	(Single nominal)	Yok
	Ruhsatsız avlanmamak	Var
	(Single nominal)	Yok
	Elektrikle avlanmamak	Var
	(Single nominal)	Yok
	Kirliliğin önlenmesi	Var
	(Single nominal)	Yok
	Cezaların arttırılması	Var
	(Single nominal)	Yok
	İyi pazarlama	Var
	(Single nominal)	Yok
	Etkin kooperatifleşme	Var
	(Single nominal)	Yok

*Balıkçılıkta karşılaşılan sorunlar, **Doğal balık stoklarının olası azalama nedenleri, *** Balıkçılığın iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri

BULGULAR

Bulgular, Tablo 1'de listesi ve ölçeklendirme düzeyleri sunulan değişkenleri baz alarak 3 ana başlık halinde sunulmuştur. NLCCA metoduna göre balıkçıların, yaş, eğitim, balıkçılık gelir düzeyi ve gelir kaynakları (Set 1) ile her bir başlığın içeriğine göre farklı olan değişkenler (Set 2) esas alınmıştır. Her bir başlığın altında sunulan tablolarda, 1. ve 2. boyut için ortalama kayıp değerleri ve ele alınan ilişkinin miktarı belirtilmektedir. Analizde uyumun alabileceği en yüksek değer 2 olacağından, tüm başlıklar için bulunan uyum değerleri kabul edilebilir ölçüler içerisinde yer almaktadır.

Balıkçıların eğitim ve gelir durumlarına göre karşılaştıkları sorunlar ile ilgili düşünceleri

Tablo 2'de balıkçıların eğitim ve gelir durumlarına göre karşılaştıkları sorunlar ile ilgili düşüncelerinin belirlenebilmesi için yapılan analizde ele alınan NLCCA setleri ile ilgili uyum değerleri sunulmuştur. 32 iterasyon ile yakınsama sağlanarak nesne skorları belirlenmiş ve kayıp fonksiyonu minimize edilerek en uygun çözüme ulaşılmıştır.

Tablo 2. Analize ilişkin uyum değerleri
Table 2. Compliance values for analysis

		Boyut		Toplam
		1	2	
Kayıp Fonksiyonu	Set 1	,179	,357	,535
	Set 2	,179	,357	,536
	Ortalama	,179	,357	,536
Özdeğer		,821	,643	
Uyum				1,464

Kanonik değişkenlerin elde edilmesinde kullanılan katsayılar olan ağırlıklar, değişkenlerin boyutlardaki uyumuna olan katkılarını da göstermektedir. En yüksek katkının birinci boyut için, su seviyesinde değişiklik sorunu (0,371) ve elektrikle avcılık sorunu (0,368), ikinci boyutta ise elektrikle avcılık sorunu (0,626) olduğu saptanmıştır. Bu değişkenlerin, balıkçıların gelir kaynaklarına göre su ürünleri avcılığında karşılaşmış oldukları temel sorunları oluşturan etmenler olduğu ileri sürülebilir (Tablo 3).

Tablo 3. Değişkenlere ait ağırlık yükü
Table 3. The weight load of the variables

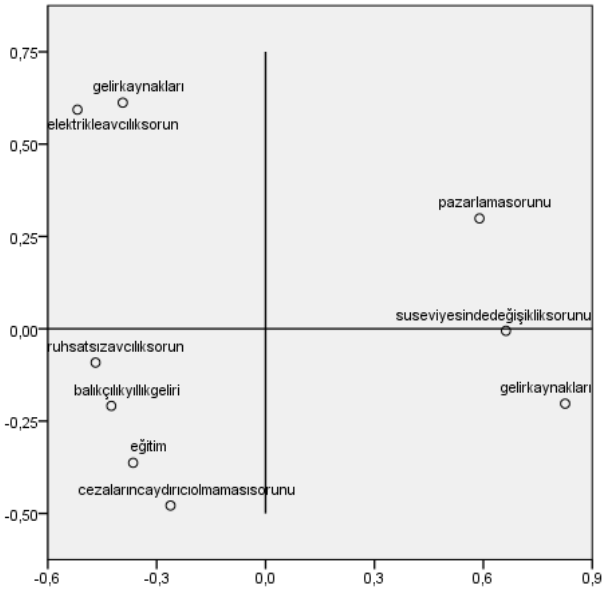
Set	Değişkenler	Boyut 1	Boyut 2
1	Eğitim	-,278	-,410
	Balıkçılık yıllık geliri	-,242	-,301
	Ruhsatsız avcılık	-,310	-,070
	Elektrikle avcılık	-,368	,626
2	Su seviyesindeki değişiklik	,371	,039
	Cezaların caydırıcı olmaması	-,203	-,379
	Pazarlama	,317	,282

Tablo 4' te çoklu uyum sütununda toplam kısmı dikkate alındığında, analizde önemli olan değişkenlerin sırasıyla gelir kaynakları (1,056), elektrikle avcılık (0,527) ve eğitim (0,255) değişkenleri olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Tekli ve çoklu uyum tablosu
Table 4. The table of single and multiple compatibility

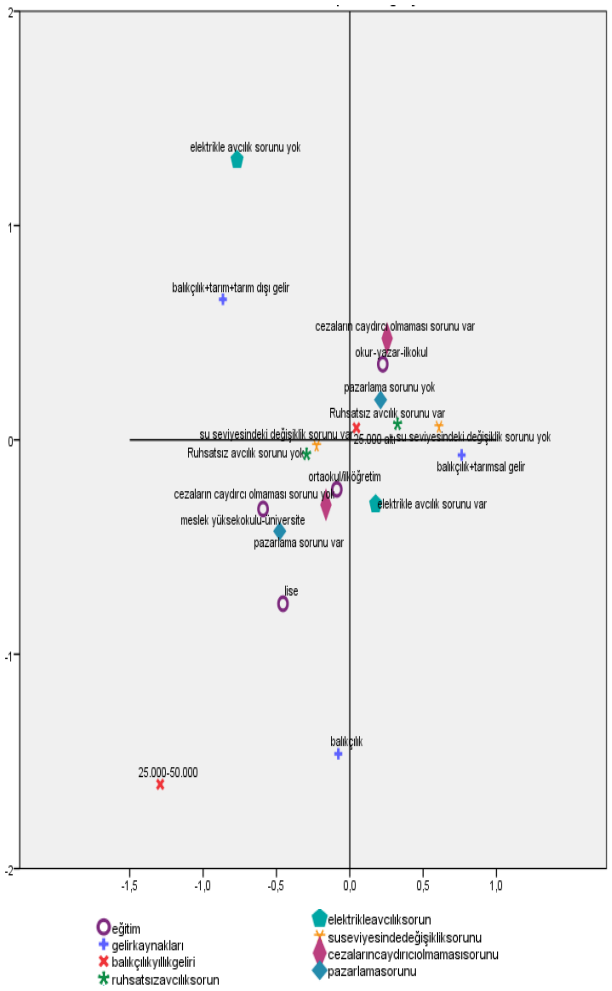
Set		Çoklu Uyum			Tekli Uyum			Tekli Kayıp		
		Boyut		Toplam	Boyut		Toplam	Boyut		Toplam
		1	2		1	2		1	2	
	Eğitim	,079	,176	,255	,077	,168	,245	,002	,008	,009
1	Gelir kaynakları	,559	,497	1,056						
	Balıkçılık yıllık geliri	,059	,091	,149	,059	,091	,149	,000	,000	,000
	Ruhsatsız avcılık	,096	,005	,101	,096	,005	,101	,000	,000	,000
	Elektrikle avcılık	,135	,391	,527	,135	,391	,527	,000	,000	,000
2	Su seviyesinde değişiklik	,137	,002	,139	,137	,002	,139	,000	,000	,000
	Cezaların caydırıcı olmaması	,041	,143	,185	,041	,143	,185	,000	,000	,000
	Pazarlama	,100	,080	,180	,100	,080	,180	,000	,000	,000

Değişkenlerin orijine olan uzaklığı ne kadar fazla ise önemi o derece artmaktadır. Şekil 1'de, gelir kaynakları, elektrikle avcılık sorunu, cezaların caydırıcı olmaması, su seviyesinde değişiklik sorunu, pazarlama sorunu ve eğitim en önemli değişkenlerdir. Ayrıca gelir kaynakları ile elektrikle avcılık sorunu arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Değişkenlerin bileşen yüklerinin grafiksel gösterimi
Figure 1. Graphical representation of component loads of the variables

Değişkenlerin kategorilerine ait grafik incelendiğinde, değişkenlere ait kategorilerin 2 homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir. Birinci grupta yer alıp ortaokul/ilköğretim, lise ve meslek yüksekokulu-üniversite mezunu balıkçıların, pazarlama sorunu ve su seviyesindeki değişiklikleri sorun olarak gördükleri belirlenmiştir. İkinci grupta yer alan ve okur-yazar-ilkokul mezunu, yıllık geliri 25.000 altı olan, geçimini balıkçılık+ tarımsal gelirden sağlayan balıkçılar içinse ruhsatsız avcılık, cezaların caydırıcı olmaması ve elektrikle avcılık birer sorun olarak bildirilmiştir. Geçim kaynağı balıkçılık dahil diğer faaliyetler olan ve gelir düzeyi yüksek balıkçıların sorunlara karşı ilgilerinin bulunmadığı söylenebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Değişken kategorilerinin grafiksel gösterimi
Figure 2. Graphical representation of the categories of variables

Balıkçıların doğal balık stoklarının azalma sebepleri ile ilgili düşünceleri

Tablo 5'de balıkçıların eğitim ve gelir durumlarına göre doğal balık stoklarının azalma sebepleri ile ilgili düşüncelerin belirlenebilmesi için yapılan analizde ele alınan NLCCA setleri ile ilgili uyum değerleri sunulmuştur. 21 iterasyon ile

yakınsama sağlanarak nesne skorları belirlenmiş ve kayıp fonksiyonu minimize edilerek en uygun çözüme ulaşılmıştır.

Tablo 5. Analize ilişkin uyum değerleri
Table 5. Compliance values for analysis

		Boyut 1	Boyut 2	Toplam
Kayıp Fonksiyonu	Set 1	,213	,357	,570
	Set 2	,213	,357	,570
	Ortalama	,213	,357	,570
Özdeğer		,787	,643	
Uyum				1,430

Kanonik değişkenlerin elde edilmesinde kullanılan katsayılar olan ağırlıklar, değişkenlerin boyutlardaki uyumuna olan katkılarını da göstermektedir. Tablo 6 incelendiğinde, değişkenlerden birinci boyut için en yüksek katkının, balıkçılık yıllık geliri (0,659) ile küçük balık avlanma (0,636) olduğu ikinci boyut için ise en önemli katkının, küçük balık avlanma (0,437) ve pazarlama sıkıntısı (0,408) olduğu saptanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu değişkenlerden özellikle küçük balık avlama, balıkçıların gelir durumlarına göre doğal balık stoklarının azalmasına neden olan en önemli unsur olarak gözükmektedir.

Tablo 6. Değişkenlere ait ağırlık yükü
Table 6. The weight load of the variables

Set	Değişkenler	Boyut 1	Boyut 2
1	Eğitim	-,453	,282
	Balıkçılık yıllık geliri	-,659	,164
	Küçük balık avlanma	-,636	,437
2	Yasak dönemde avlanma	,324	-,263
	Elektrikle avlanma	,502	,177
	Pazarlama sıkıntısı	-,580	-,408

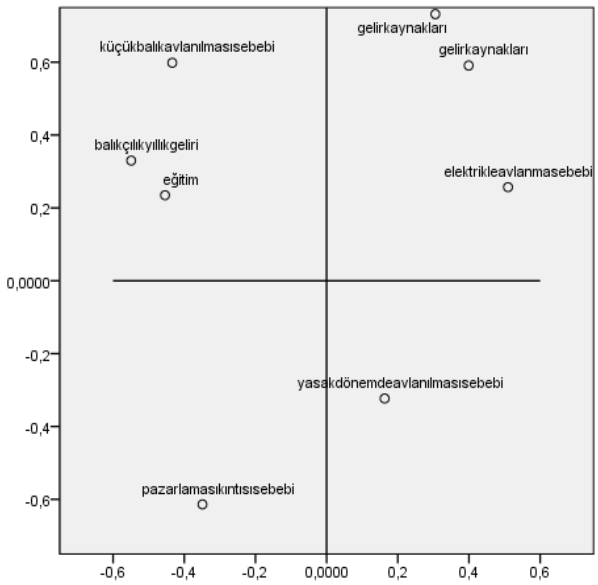
Tablo 7'de, balıkçıların eğitim ve gelir durumlarına göre doğal balık stoklarının azalmasına ilişkin değişkenlere ait çoklu ve tekli uyum değerleri sunulmuş olup, sırasıyla gelir kaynakları (0,811), küçük balık avlanma (0,595) ve pazarlama sıkıntısı (0,503) değişkenlerinin analizde daha önemli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 7. Tekli ve çoklu uyum tablosu
Table 7. The table of single and multiple compatibility

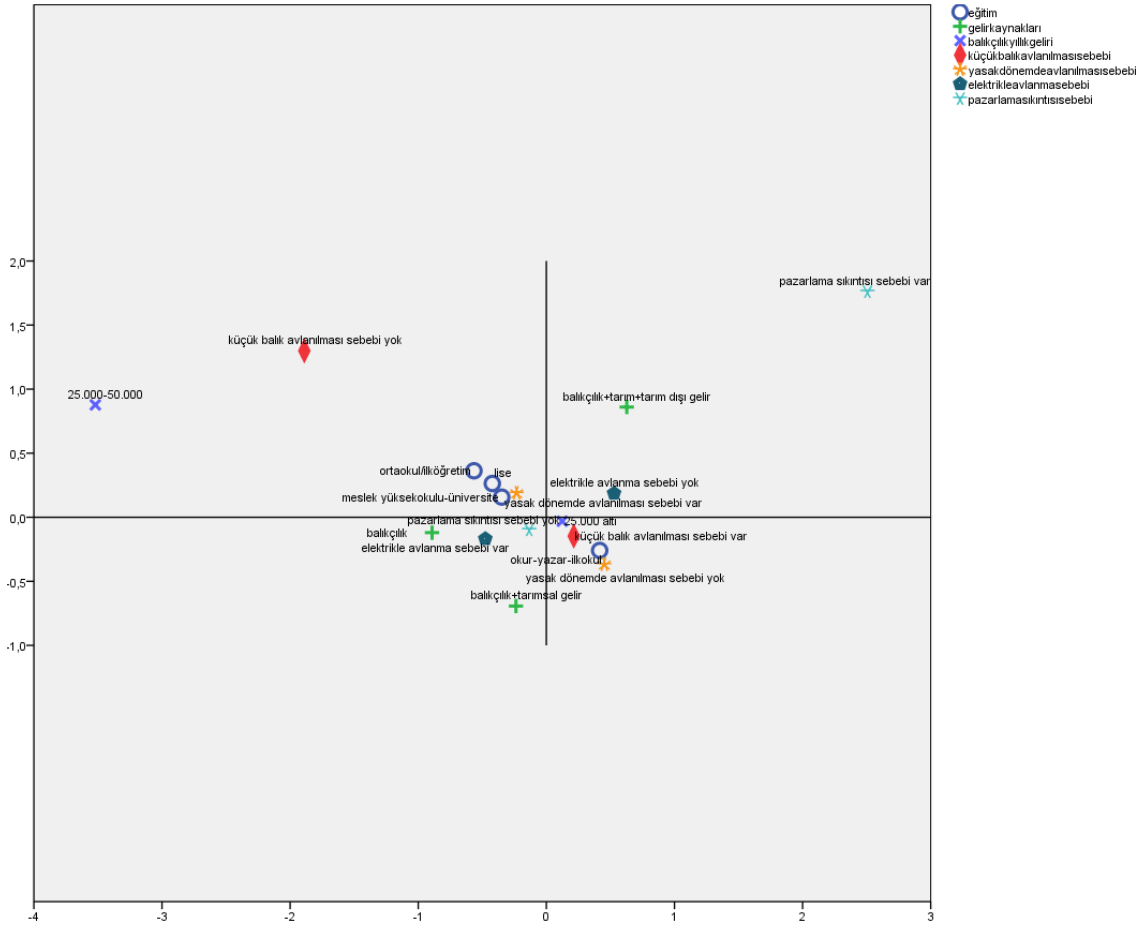
Set		Çoklu Uyum Boyut 1	Çoklu Uyum Boyut 2	Çoklu Uyum Toplam	Tekli Uyum Boyut 1	Tekli Uyum Boyut 2	Tekli Uyum Toplam	Tekli Kayıp Boyut 1	Tekli Kayıp Boyut 2	Tekli Kayıp Toplam
1	Eğitim	,208	,082	,290	,205	,079	,285	,003	,002	,005
	Gelir kaynakları	,301	,510	,811						
	Balıkçılık yıllık geliri	,435	,027	,462	,435	,027	,462	,000	,000	,000
2	Küçük balık avlanma	,404	,191	,595	,404	,191	,595	,000	,000	,000
	Yasak dönemde avlanma	,105	,069	,174	,105	,069	,174	,000	,000	,000
	Elektrikle avlanma	,252	,031	,283	,252	,031	,283	,000	,000	,000
	Pazarlama sıkıntısı	,336	,167	,503	,336	,167	,503	,000	,000	,000

Bileşen yükleri grafiğinde (Şekil 3) gelir kaynakları, küçük balık avlanılması sebebi ve pazarlama sıkıntısı sebebi en önemli değişkenlerdir. Ayrıca gelir kaynakları değişkeni ile pazarlama sıkıntısı sebebi değişkeni arasında ters yönde kuvvetli bir ilişki, balıkçılık yıllık geliri ile eğitim arasında ise güçlü bir ilişki olduğu ifade edilebilir.

Değişkenlerin kategorilerine ait grafik incelendiğinde, değişkenlere ait kategorilerin 2 homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir. Birinci grupta yer alan ortaokul/ilköğretim, lise ve meslek yüksekokulu-üniversite mezunu, geçimini balıkçılık ve balıkçılık+tarımsal gelirden sağlayan balıkçılar açısından yasak dönemde ve elektrikle avlanma, stokların azalmasındaki olası nedenlerdir. İkinci grupta yer alan okur-yazar-ilkokul mezunu, balıkçılık yıllık geliri 25.000 altı olan balıkçılar tarafından ise küçük balık avlanılması, stokların azalmasının olası nedeni olarak ifade edilmesine karşın, yasak dönemde avlanma ve elektrikle avlanmanın stokların azalmasında bir rolü olmadığı görüşü hakimdir. Geçimini balıkçılık, tarım ve tarım dışı gelirden sağlayan ve gelir düzeyi yüksek olan balıkçıların stokların azalmasına ilişkin sebeplere karşı ilgilerinin bulunmadığı söylenebilir (Şekil 4).



Şekil 3. Değişkenlerin bileşen yüklerinin grafiksel gösterimi
Figure 3. Graphical representation of component loads of the variables



Şekil 4. Değişken kategorilerinin grafiksel gösterimi
Figure 4. Graphical representation of the categories of variables

Balıkçıların balıkçılığın iyileştirilmesi konusundaki çözüm önerileri ile ilgili düşünceleri

Tablo 8'de balıkçıların yaş, eğitim ve gelir durumlarına göre daha iyi gelişmesi için gelecekte yapılması gereken faaliyetler ile ilgili düşüncelerinin belirlenebilmesi için yapılan analizde ele alınan NLCCA setleri ile ilgili uyum değerleri sunulmuştur. 15 iterasyon ile yakınsama sağlanarak nesne skorları belirlenmiş ve kayıp fonksiyonu minimize edilerek en uygun çözüme ulaşılmıştır.

Tablo 8. Analize ilişkin uyum değerleri
Table 8. Compliance values for analysis

		Boyut		Toplam
		1	2	
Kayıp Fonksiyonu	Set 1	,119	,139	,258
	Set 2	,118	,140	,259
	Ortalama	,119	,140	,259
Özdeğer		,881	,860	
Uyum				1,741

Balıkçıların yaş, eğitim ve gelir durumlarına göre su ürünleri sektörünün daha iyi gelişmesi için gelecekte yapılması gereken faaliyetler analizi değişkenlerine ait ağırlık değerleri Tablo 9'da sunulmuştur. Birinci boyut için en yüksek katkının, eğitim (0,518) ve etkin kooperatifleşme (0,514), ikinci boyut içinse elektrikle avlanmamak (0,829) ve kotalı avlanmak (0,674) olduğu saptanmıştır.

Tablo 9. Değişkenlere ait ağırlık yükü
Table 9. The weight load of the variables

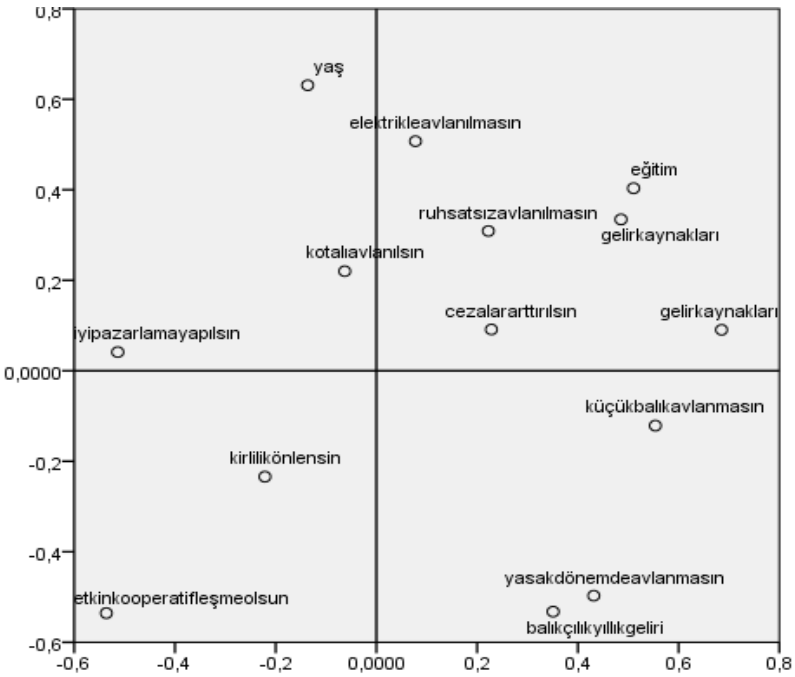
Set	Değişkenler	Boyut	
		1	2
1	Eğitim	,518	,451
	Yaş	-,165	,621
	Balıkçılık yıllık geliri	,316	-,501
	Küçük balık avlamamak	,246	,059
	Yasak dönemde avlanmamak	,507	-,131
	Kotalı avlanmak	,041	,674
2	Ruhsatsız avlanmamak	,162	,511
	Elektrikle avlanmamak	-,089	,829
	Kirliliğin önlenmesi	,023	,209
	Cezaların arttırılması	,164	,329
	İyi pazarlama	-,375	,422
	Etkin kooperatifleşme	-,514	-,139

Balıkçıların yaş, eğitim ve gelir durumlarına göre su ürünleri sektörünün daha iyi gelişmesi için gelecekte yapılması gereken faaliyetler analizi değişkenlerine ait çoklu ve tekli uyum analizinde, elektrikle avlanmamak (0,695), gelir kaynakları (0,502) ve eğitim (0,472) değişkenleri ayırma gücü

bakımından daha iyi olup, bu değişkenler analizde daha önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 10). Şekil 5'te görüldüğü gibi, yaş, balıkçılık yıllık geliri, iyi pazarlama, gelir kaynakları, küçük balık avlanılmaması, elektrikle avlanılmaması, eğitim, etkin kooperatifleşme ve yasak dönemde avlanılmaması önerileri en önemli değişkenlerdir. Ayrıca yasak dönemde avlanma ve balıkçılık yıllık geliri arasında ise güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir.

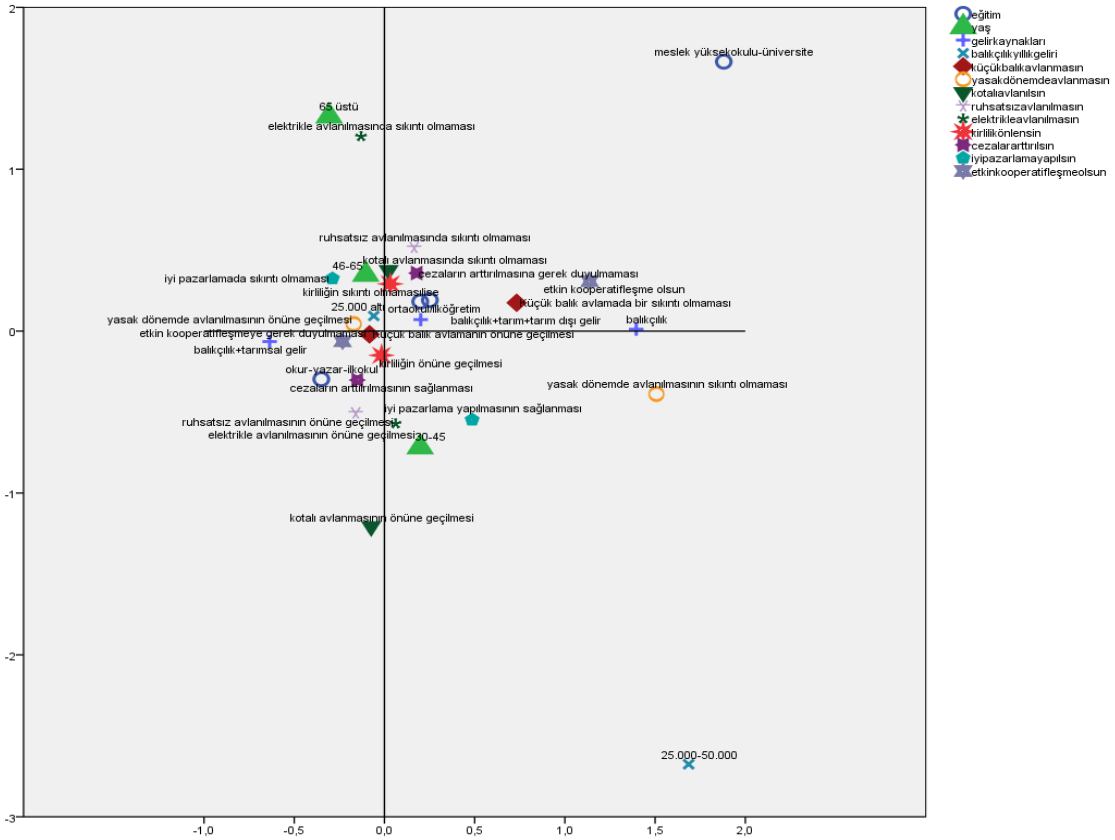
Tablo 10. Tekli ve çoklu uyum tablosu
Table 10. The table of single and multiple compatibility

Set		Çoklu Uyum			Tekli Uyum			Tekli Kayıp		
		Boyut		Toplam	Boyut		Toplam	Boyut		Toplam
		1	2		1	2		1	2	
1	Eğitim	,268	,203	,472	,268	,203	,471	,000	,000	,000
	Yaş	,027	,386	,413	,027	,386	,413	,000	,000	,000
	Gelir kaynakları	,498	,004	,502						
	Balıkçılık yıllık geliri	,100	,251	,351	,100	,251	,351	,000	,000	,000
	Küçük balık avlamamak	,061	,003	,064	,061	,003	,064	,000	,000	,000
	Yasak dönemde avlanmamak	,257	,017	,274	,257	,017	,274	,000	,000	,000
	Kotalı avlanmak	,002	,454	,455	,002	,454	,455	,000	,000	,000
	Ruhsatsız avlanmamak	,026	,261	,287	,026	,261	,287	,000	,000	,000
2	Elektrikle avlanmamak	,008	,687	,695	,008	,687	,695	,000	,000	,000
	Kirliliğin önlenmesi	,001	,044	,044	,001	,044	,044	,000	,000	,000
	Cezaların arttırılması	,027	,108	,135	,027	,108	,135	,000	,000	,000
	İyi pazarlama	,140	,178	,318	,140	,178	,318	,000	,000	,000
	Etkin kooperatifleşme	,264	,019	,283	,264	,019	,283	,000	,000	,000



Şekil 5. Değişkenlerin bileşen yüklerinin grafiksel gösterimi
Figure 5. Graphical representation of component loads of the variables

Değişkenlerin kategorilerine ait grafik incelendiğinde, değişkenlere ait kategorilerin 2 homojen grup oluşturdukları belirlenmiştir. Birinci grupta yer alan 46-65 yaş arasındaki, okur-yazar-ilkokul mezunu, balıkçılık yıllık geliri 25.000 TL altında olan, geçimini balıkçılık+tarımsal gelirden sağlayan balıkçılar tarafından; etkin kooperatifleşmeye gerek duyulmadığı, pazarlamada sıkıntı olmadığı ancak balıkçılığın iyileştirilmesi için yasak dönemde ve küçük balık avlanmanın önlenmesi, cezaların arttırılmasının sağlanması, ruhsatsız avcılık yapılmasının önüne geçilmesi ve kirliliğin engellenmesi gerektiği ön plana çıkmıştır. İkinci grupta yer alan 30-45 yaş arasındaki, ortaokul/ilköğretim ve lise mezunu olan ve geçimini balıkçılık+tarım+tarım dışı gelirden sağlayan balıkçılar, kooperatiflerin etkin hale getirilmesi, pazarlamadaki sorunların çözülmesi ve elektrikle avcılık yapılmasının önüne geçilmesi gerektiği düşüncesindedirler. 65 yaş üstü, gelir ve eğitim düzeyi yüksek olan balıkçılar ise avcılığın iyileştirilmesi konusunda da duyarsız kalmışlardır (Şekil 6).



Şekil 6. Değişkenlere ait kategorilerin grafiksel gösterimi
Figure 6. Graphical representation of the categories of variables

TARTIŞMA

Çalışmada, balıkçıların yıllık gelir ve gelir kaynakları durumu dikkate alınmadığında her bir eğitim düzeyindeki balıkçı açısından, pazarlama ile avlak sahalarının su seviyelerindeki değişiklikler, balıkçılıkta karşılaşılan sorunlar kapsamında yer almaktadır. Seyhan Baraj Gölü'nde avcılık yapan balıkçılar içinse balık avcılığı ve pazarlaması konusundaki sorunlar; avlanma sezonunun uygun olmaması, suyun azalması, kirlilik, kira bedelinin ve ağların pahalı olması, amatör balıkçıların yasak dönemde avlanmasıdır (Mete ve Yüksel, 2014). Seyhan Baraj Gölü'nde faaliyet gösteren balıkçılar tarafından belirtilen lokal sorunlar dışında, su seviyesindeki değişiklik olduğu sorunu, Isparta ve Manisa İlleri avlak sahalarında faaliyet gösteren balıkçılar tarafından da dile getirilmiştir.

Bu çalışmada, eğitim ve gelir seviyesi düşük olan balıkçılar tarafından, doğal balık stoklarının azalmasında yasak dönemde ve elektrikle avcılığın önemli unsurlar olduğu belirtilmiştir. Eğirdir Gölü'ndeki balık faunası, av gücü ve kompozisyonunun baz alındığı sonuçların, 1950'li yıllardan itibaren yapılmış çalışma sonuçlarıyla karşılaştırıldığı bir araştırmada; göldeki balık faunası, ticari avın tür kompozisyonu ve av gücünün sözü edilen süreçte önemli ölçüde değiştiği tespit edilmiştir (Balık vd., 2006). Isparta İli doğal veya yapay sucul ekosistemlerindeki iç su balıkları faunasının ve ekolojik durumun belirlenmesine ilişkin yürütülen bir çalışmanın bulgularına göre; balık faunasını izleme-korumada yetersiz kalınması, su kaynaklarının yönetilememesi, bilgi ve bilinç noksanlığı gibi nedenler türlerin yok olmasındaki başlıca unsurlardır (Gülle ve Küçük, 2016). Küçük vd. (2009) tarafından Eğirdir Gölü'nde yürütülen bir araştırmada; göle sudak, gümüşi havuz balığı ve gümüş balığının aşılanması sonucu, endemik Kavinne (*Pseudophoxinus handlirschi*)'nin neslinin tükendiği, Ereğli sazanı (*Hemigrammocapoeta kemali*)'nın yok olduğu, Eğirdir ot sazanı (*Pseudophoxinus egridiri*) ve Eğirdir bıyıklısı (*Capoeta pestai*)'nın ise kritik düzeye indiği bildirilmiştir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında ele alınan avlak sahalarından Eğirdir Gölü'nün balık faunasında meydana gelen köklü ve olumsuz değişikliklerde, balıkçıların belirttikleri olası nedenler dışında, balıklandırma faaliyetlerinde yapılan birtakım yanlışlıkların da rolü olduğu ve bu durumun balıkçılık faaliyetinin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilediği göz ardı edilmemelidir.

Çalışmada ele alınan balıkçılığın iyileştirilmesi konusunda, özellikle eğitim ve gelir seviyesi düşük olan balıkçıların, avlak sahalarında kirliliğin engellenmesi görüşünü benimsedikleri tespit edilmiştir. Benzer şekilde, Uluabat

(Apolyont) Gölü'nde balıkçılık yapan kadın balıkçıların profilini belirlemeye yönelik çalışma sonucunda, Uluabat Gölü'nün korunması için öncelikle balıkçıların eğitimi ve kirliliğin önlenmesi konusunun ele alınması gerektiği vurgulanmıştır (Özer vd., 2011).

SONUÇ

Araştırma bulguları ile sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik faktörlerin, dikkate alınan avlak sahalarındaki balıkçıların karşı karşıya bulundukları sorunlara ve sorunlara ilişkin çözüm önerilerine olan yaklaşımlarını önemli ölçüde etkilediği ortaya konmuştur. Söz konusu yaklaşımları olumlu yönde ve ortak bir paydada buluşturabilmek için özellikle iç su balıkçılığı yönetiminden sorumlu karar verici ve uygulayıcı konumdaki kurum-kuruluşlar tarafından aşağıdaki hususların dikkate alınmasının uygun olacağı düşünülmektedir;

- Avlak sahalarında, av araçları yasaklarına uyulması gereği konusunda balıkçıların aydınlatılması, gerekiyorsa denetimlerin artırılması,
- Avlak sahalarında doğal balık stoklarının olası nedenleri arasında belirtilen yasak av döneminde avlanmanın sonuçları konusunda balıkçıların bilinçlendirilmesi,
- Avlak sahalarında balıklandırmanın olumsuz etkilerini en aza indirgeyebilmek için önlemler belirlenmesi,
- Avlak sahalarında kirlilik izleme çalışmalarının sürdürülebilirliğinin sağlanması,
- Avlak sahalarının su seviyelerindeki değişiklikler ile karakterize edilen çevresel baskının önlenmesine yönelik olarak ilgili bakanlık, yerel yönetimler ve STK'lar arasında işbirliği ve koordinasyonun sağlanması için girişimlerde bulunulması.

KAYNAKÇA

Anonim. (2016). 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkındaki Tebliğ, Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Arı, Y. ve Derinöz, B. (2011). Bir sulak alan nasıl yönetilmez? Kültürel ekolojik perspektif ile Marmara gölü (Manisa) örneği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 9 (1), 41-60.

Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R. & Uysal, R. (2006). Eğirdir gölü balık faunası ve balıkçılığı: Sudak balığının (*Sander lucioperca* (linnaeus, 1758)) aşılandığı 1950'li yıllardan günümüze değişimler, 1.Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 07-09 Şubat, Antalya, 105-118.

Çınar, Ş. & Kuşat, M. (2015). Eğirdir gölü'nde monofilament ve multiflament fanyalı ağların av verimliliklerinin karşılaştırılması. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2), 20-34. DOI: 10.22392/egirdir.246334

Çiçek A, Erkan O. (1996). Tarım ekonomisinde araştırma ve örnekleme yöntemleri, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No 12, Ders Notları Serisi 6, 118 s.

Filiz, Z. & Kolukısaoğlu, S. (2012a). Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi ve bir uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 8(16), 59-74.

Filiz, Z. & Kolukısaoğlu, S. (2012b). Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizi ve lokanta müşterilerinin memnuniyeti üzerinde bir uygulama. *EKEV Akademi Dergisi*, 16(51), 357-368.

Filiz, Z. & Kolukısaoğlu, S. (2015). Doğrusal olmayan kanonik korelasyon analizinin depresyon, anksiyete ve stres ölçeğine uygulanması. *Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi Yönetim Bilimleri Dergisi*, 13(26), 241-259.

Gülle, İ. & Küçük, F. (2016). Isparta ili içsu balıkları faunası ve ekolojik durumu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 12(2), 149- 157. DOI: 10.22392/egirdir.285131

Kesici, E. & Kesici, C. (2006). Eğirdir Gölü (Isparta)'nün doğal yapısına yapılan müdahalelerin gölün ekolojik yapısına etkileri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1/1), 99-103.

Korkmaz, B.& Kuşat, M. (2014). Eğirdir Gölü'nde Gümüşi Havuz Balığı, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) avcılığında kullanılan monofilament fanyalı ağların seçiciliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 69-74. DOI: 10.19113/sdufbed.85550

Korkut, S.O., Saygı, H. & Cesur, M. (2015). Socio-economic structure of the fishermen on Lake Beysehir. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 2(2), 157–162.

Köksal, Ö. & Cevher, C. (2015). Buğday tarımında sertifikalı tohum tercihini etkileyen faktörler üzerine bir araştırma. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 29-39.

Küçük, F., Sarı, H. M., Demir, O. & Gülle, İ. (2009). Review of the ıchthyofaunal changes in Lake Eğirdir between 1915 and 2007. *Turkish Journal of Zoology*, 33, 277-286.

Mete, O. S. & Yüksel, F. (2014). Seyhan baraj gölü'ndeki ticari ve sportif balıkçılığın sosyo-ekonomik analizi. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 2(1), 27-42.

Taylor, W. W., Bartley, D.M., Goddard, C.I., Leonard N.J. & Welcomme, R. (2016). Freshwater, Fish and the Future Proceedings of the Global Cross-Sectoral Conference, 2.

TÜİK. (2019). Su Ürünleri İstatistikleri 2019, Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

Özer, A., Soylu, M. & Uzmanoğlu, S. (2011). Uluabat (Apolyont) gölü kadın balıkçılarının profili. *İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 25 (2), 11-24.

Özer, O.O. & Özden, A. (2013). Ege bölgesi yaş meyve ve sebze ihracatçılarının bireysel farklılıklarının incelenmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 19(1), 71-79.

Yavuz, G.G., Ataseven, Y.Z., Gül, U. & Gülaç, Z.N. (2015). Su ürünleri tüketiminde tüketici tercihlerini etkileyen faktörler: Ankara ili örneği. *SUMAE Yunus Araştırma Bülteni*, 2015 (1), 73-82. DOI: 10.17693/yunus.68105

Yeğen, V., Balık, S., Bostan, H., Uysal, R. & Bilçen, E. (2006). Göller bölgesindeki bazı göl ve baraj göllerinin balık faunalarının son durumu, 1.Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu, 07-09 Şubat, Antalya, 129-139.

Yılmaz, E. & Pulatsü, S. (2019). Isparta ve Manisa ili iç su avlak sahaları balıkçılarının sosyo-ekonomik yapısı. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Balıkçılık Dergisi* OMU-JMSF), 1(2), 90-101.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 21-29 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.03

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ

The diversity, abundance and seasonal distribution of planktonic microcrustacean (Copepoda, Cladocera) in Kayalıköy Reservoir (Kırklareli/Turkey)

Kayalıköy Barajı'nın (Kırklareli/Türkiye) planktonik mikrokrustase (Copepoda, Cladocera) tür çeşitliliği, bolluğu ve mevsimsel dağılımı

Hüseyin Güher[1*] ● Burak Öterler[2]

[1] Trakya University Faculty of Science, Department of Biology, 22030, Edirne, Turkey
[2] Trakya University Faculty of Science, Department of Biology, 22030, Edirne, Turkey

https://orcid.org/0000-0001-6206-0912
https://orcid.org/0000-0002-9064-1666

*Corresponding author: huseying@trakya.edu.tr

Received date: 23.12.2019 *Accepted date: 14.08.2020*

How to cite this paper:
Güher, H. & Öterler, B. (2021). The diversity, abundance and seasonal distribution of planktonic microcrustacean (Copepoda, Cladocera) in Kayalıköy Reservoir (Kırklareli/Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 21-29. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.03

Abstract: This study was carried out to determine the diversity, abundance and seasonal distribution of planktonic microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) in Kayalıköy Reservoir. Cladocera and Copepoda samples were collected from May 2018 to April 2019 at three stations in the reservoir and some environmental parameters were measured. The qualitative evaluation of the samples revealed presence of 40 species, 24 from Cladocera and 16 from Copepoda, in the reservoir. The quantitative evaluation of the samples showed that 52690 ind./m³ zooplankton on average was found in the reservoir. The most common species in the reservoir were *Daphnia cucullata, D. longispina, D. pulex, Bosmina longirostris* and *Chydorus sphaericus* from Cladocera, and *Arctodiaptomus wierzejskii, Acanthocyclops robustus* and *Thermocyclops crassus* from Copepoda. According to the water quality standards, the measured values of water temperature, dissolved oxygen, sulfate, salinity and chloride indicated the first quality of water, while the light permeability, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, ortho-phosphate and chlorophyll-*a* values indicated the second and third quality of water levels. According to these results, we conclude that Kayalıköy Reservoir has a mesotrophic character in terms of the microcrustacean fauna and the physicochemical parameters.

***Keywords**:* Microcrustacean, diversity, seasonal distribution, water quality, reservoir

Öz: Bu çalışma, Kayalıköy Baraj Gölü'nün planktonik microcrustacean (Cladocera, Copepoda) çeşitliliğini, bolluğunu ve mevsimsel dağılımını belirlemek amacıyla Mayıs 2018 ile Nisan 2019 arasında yapılmıştır. Cladocera ve Copepoda örnekleri baraj gölünde belirlenen üç istasyondan toplanmış olup, bu organizmaları etkileyen bazı çevresel parametreler de ölçülmüştür. Alınan örneklerin nitel değerlendirilmesi sonucunda Cladocera'dan 24, Copepoda'dan 16 olmak üzere 40 tür belirlenmiştir. Örneklerin nicel değerlendirmesi, baraj gölünde yıllık ortalama 52690 birey/m³ planktonik microcrustacean olduğunu göstermiştir. Baraj gölündeki en yaygın türler, Cladocera'dan *Daphnia cucullata, D. longispina, D. pulex, Bosmina longirostris* ve *Chydorus sphaericus;* Copepoda'dan *Arctodiaptomus wierzejskii, Acanthocyclops robustus* ve *Thermocyclops crassus* türleridir. Ölçülen su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, sülfat, tuzluluk ve klor değerleri su kalitesi standartlarına göre birinci kalite, Işık geçirgenliği, nitrit ve nitrat azotu, ortofosfat ve klorofil-a değerlerine göre ise ikinci ve üçüncü kalite su değerinde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre, Kayalıköy Baraj Gölü'nün planktonik microcrustacean faunası ve fizikokimyasal parametreler açısından mezotrofik karakterde olduğu tespit edilmiştir.

***Anahtar kelimeler**:* Mikrokrustase, çeşitlilik, mevsimsel dağılım, su kalitesi, rezervuar

INTRODUCTION

Reservoirs provide favourable environments for the development of zooplankton communities while some biological communities are formed in short periods after impoundment. Various factors generally contribute to the establishment of zooplankton communities in a reservoir such as good water quality, the presence of nutrients, physicochemical factors of water, the presence of phytoplankton, the hydrological properties and the aging of the reservoir (Rocha et al., 1999). Once established, the zooplankton community generally influences energy flow through the classical food chain, food cycle, and community population dynamics in the reservoir ecosystem.

Zooplanktonic organisms that occupy the second trophic level in the food chain in freshwater ecosystems are an important food source for many vertebrate and invertebrate animals (Berzins and Pejler, 1987). Also, studies showed that some zooplankton species are generally considered indicators of water quality, trophic status, and pollution (Parmar et al., 2016).

The zooplankton community of freshwater ecosystems generally consists of Protozoa, Rotifera, and planktonic microcrustacean (Rocha et al., 1999). Cladocera and Copepoda are widely distributed planktonic microcrustacean that predominantly occur in freshwater. These taxa include littoral, pelagic and benthic species, which perform key roles

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

in the food web. The changes in population density, species richness and community structure of microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) are mostly affected by physicochemical conditions and biological factors of the freshwater in which they live (Patra et al., 2011).

The abundance and species composition of zooplankton give information the trophic level in aquatic systems. The abundance of zooplanktonic organisms in a waterbody is closely related to physicochemical features and nutrient amounts in the water resources (Berzins and Pejler, 1987). Therefore, studies on seasonal variations of the planktonic microcrustaceans in aquatic ecosystems are very important. Several studies have been carried out to examine the distribution and diversity of microcrustaceans (Cladocera and Copepoda) in the inland waters of Turkey. The first study on the zooplankton biodiversity was reported at the beginning of the 1900's. (Ustaoğlu, 2015). More recently, Saler and Alış (2014), Ulgu and Bozkurt (2015), Güher and Çolak (2015), Güher (2019) and Dorak et al., (2019) performed studies on planktonic microcrustacean in different Turkish reservoirs, but the distribution and diversity of planktonic microcrustacean (Cladocera and Copepoda) of Kayalıköy Reservoir have not been studied so far.

The present study focused on planktonic microcrustacean composition in Kayalıköy Reservoir with special reference to their densities, abundance, and seasonal distributions, all of which are determining the water quality. Some environmental parameters of the reservoir were also investigated.

MATERIALS AND METHODS

Kayalıköy Reservoir was built between the years 1981 and 1986 for irrigation and flood control on Teke Stream and was named from Kayalı village to the west of the reservoir. The reservoir is located 12 km to the west of Kırklareli city center (41°44'42 00' N, 26°53"41 44'E). Because it is surrounded by rock formations, both the lake and the littoral zone lack water plants. The volume of the reservoir is about 144.2 hm^3 and the surface area is 10.20 km^2. Although the reservoir is fed mainly by the Teke Stream, it is also fed by other creeks in the basin and by rainfall. In addition to its role in irrigation and flood control, it also provides drinking and domestic water of Edirne.

The samples were collected monthly, from May 2018 to April 2019, at three stations in the reservoir. The first sampling station is located in the western part of the reservoir where Teke Stream feeds the reservoir (41°49'30.5"N 27°06'30.3"E). The second sampling station is located in the middle of the reservoir (41°47'28.3"N 27°08'07.3"E) and the third sampling station is located in the eastern branch of the reservoir (41°48'06.0"N 27°09'13.1"E) (Figure 1).

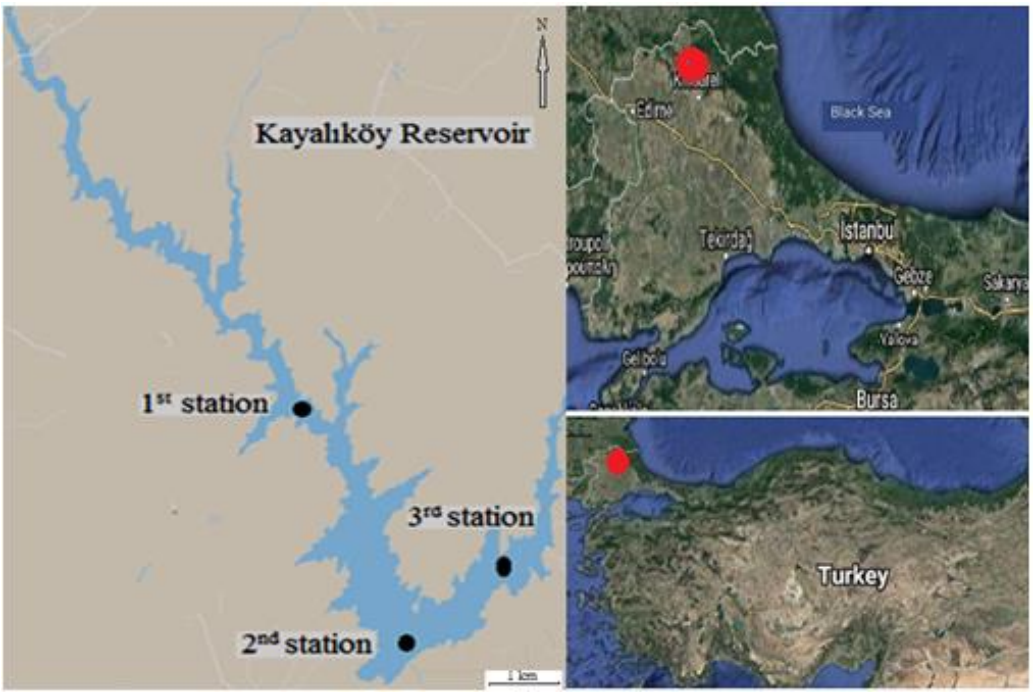


Figure 1. Location of Kayalıköy Reservoir and the sampling stations

Microcrustacean samples were collected with an Hensen type plankton net (mesh size 55 µ, mouth diameter 15 cm, length 75 cm) vertically up to the surface from the bottom point (10 m deeply) and horizontally. The water samples were taken with Ruttner water sample bottles from about 15 to 20 cm below the water surface. Some physicochemical parameters (water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, and salinity) were measured on site simultaneously by using Orion Star S/N 610541. The light permeability of the reservoir was measured using a Secchi

disk. The analyses were made in laboratories of the Trakya University Technology Research Development Application and Research Centre. The analyses of the ions were performed by Metrohm Ion Chromatography System using EPA 300.1 method. Metal analyses were read on the Agilent Technologies 7700 ICP-MS System using EPA 200.7 and EPA 200.8 methods (EPA, 2001).

Plankton samples taken from the reservoir were immediately preserved in 4 % formaldehyde in field and then and brought to the laboratory for further analyses. In the laboratory, samples were identified at the species level according to Flössner (1972), Smirnov (1974), Margaritora (1983), Korinek (1987) and Beldzki and Raybok (2016) for Cladocera, and Dussart (1967, 1969), Dussart and Defaye (2002, 2006), Kiefer (1978), Apostolov and Marinov (1988) and Beldzki and Raybok (2016) for Copepoda.

The counting of the samples was made according to Lackey (1938) using an Olympus inverted microscope and was calculated using the following formula of Lackey (1938). Densities are presented as the number of individuals per cubic meter (ind./m^3).

$$N = n \times v / V$$

where,

N = Total number of organisms/m^3 of water filtered,
n = Number of zooplankton counted in 5 ml plankton sample,
v = Volume of concentrate plankton sample (ml),
V= Volume of total water filtered through (m^3)

Spearman's correlation was used to determine the relationship of Cladocera and Copepoda groups with each other and with environmental parameters (Krebs, 1999). Shannon-Weaver index, Margalef index and Simpson's diversity index were used to determine the species diversity of planktonic microcrustaceans (Shannon and Weaver, 1949; Margalef, 1958). Bray-Curtis similarity index was used to examine the similarities of the sampling the months and the seasons according to diversity and abundance of Cladocera and Copepoda species (Jaccard, 1912).

RESULTS AND DISCUSSION

Physicochemical variables

The minimum and maximum values of the physicochemical parameters measured in the reservoir were given in Table 1. Variations in these environmental parameters according to the sampling stations and months were given in Figure 2.

The water temperature values fluctuated during the study period ranged from 3.33 °C to 30 °C. The maximum water temperature was recorded in August and the minimum in January (Table 1 and Figure 2). The lowest total planktonic microcrustacean abundance was found in winter (15130 ind./m^3). Because temperature is the most important factor affecting the amount of nutrients in freshwater (Geller and Müller, 1981).

The dissolved oxygen values ranged from 8.49 to 13.76 (average 10.28 ± 1.66). The maximum dissolved oxygen was recorded in April and the minimum in July (Table 1 and Figure 2). In freshwater ecosystems, the least dissolved oxygen amount for aquatic life may not be less than 5.0 mg/L. With the oxygen content falling below 5 mg/L, living will be affected, and some species will be damaged (Kaya and Altındağ, 2007).

The light permeability in the reservoir was measured between 36.67-186.67 cm. The maximum light permeability was recorded in May and the minimum in January (Table 1 and Figure 2). The lake is considered as eutrophic if the measured light permeability is between 0.8 and 1.5 m, mesotrophic if it is between 1.4 and 2.4 m, and oligotrophic if it is between 3.6 and 5.9 m (Ryding and Rast, 1989). According to this classification based on light permeability, Kayalıköy Reservoir can be categorized as eutrophic since the measured average light permeability is 94.24 ± 39.34 cm.

The pH values fluctuated during the study period from 6.36 to 9.48 (average 8.44± 0.79) (Table 1 and Figure 2). The pH value of the reservoir was moderately alkaline varying from 7.5 to 8.2 (Berzins and Pejler, 1987). According to the mean pH values, Kayalıköy Reservoir is as an alkaline water bearing reservoir.

Table 1. The measured physicochemical parameters and their minimum, maximum and average values (*below limit of detection)

	Abbreviation	Min	Max	Average
Water temperature (°C)	WT	3.33	30.00	17.14 ± 9.06
Dissolved oxygen (mg/L)	DO	8.49	13.76	10.28 ± 1.66
Light permeability (cm)	LP	36.67	186.67	94.24 ± 39.34
pH	pH	6.36	9.48	8.44 ± 0.79
Conductivity (µS cm/L)	EC	177.23	319.77	249.94 ± 41.91
Nitrite nitrogen (mg/L)	NO_2-N	*	0.13	0.05 ± 0.05
Nitrate nitrogen (mg/L)	NO_3-N	0.06	4.97	2.46 ± 1.67
Ortho-phosphate (mg/L)	o-PO_4	*	0.84	0.13 ± 0.24
Sulfate (mg/L)	SO_4	14.67	17.08	16.00 ± 0.78
Salinity (‰)	Sal	0.14	0.20	0.17 ± 0.02
Chloride (mg/L)	Cl	0.04	0.34	0.12 ± 0.11
Chlorophyll-*a* (µg/L)	Chl-*a*	4.33	23.83	10.71 ± 7.00

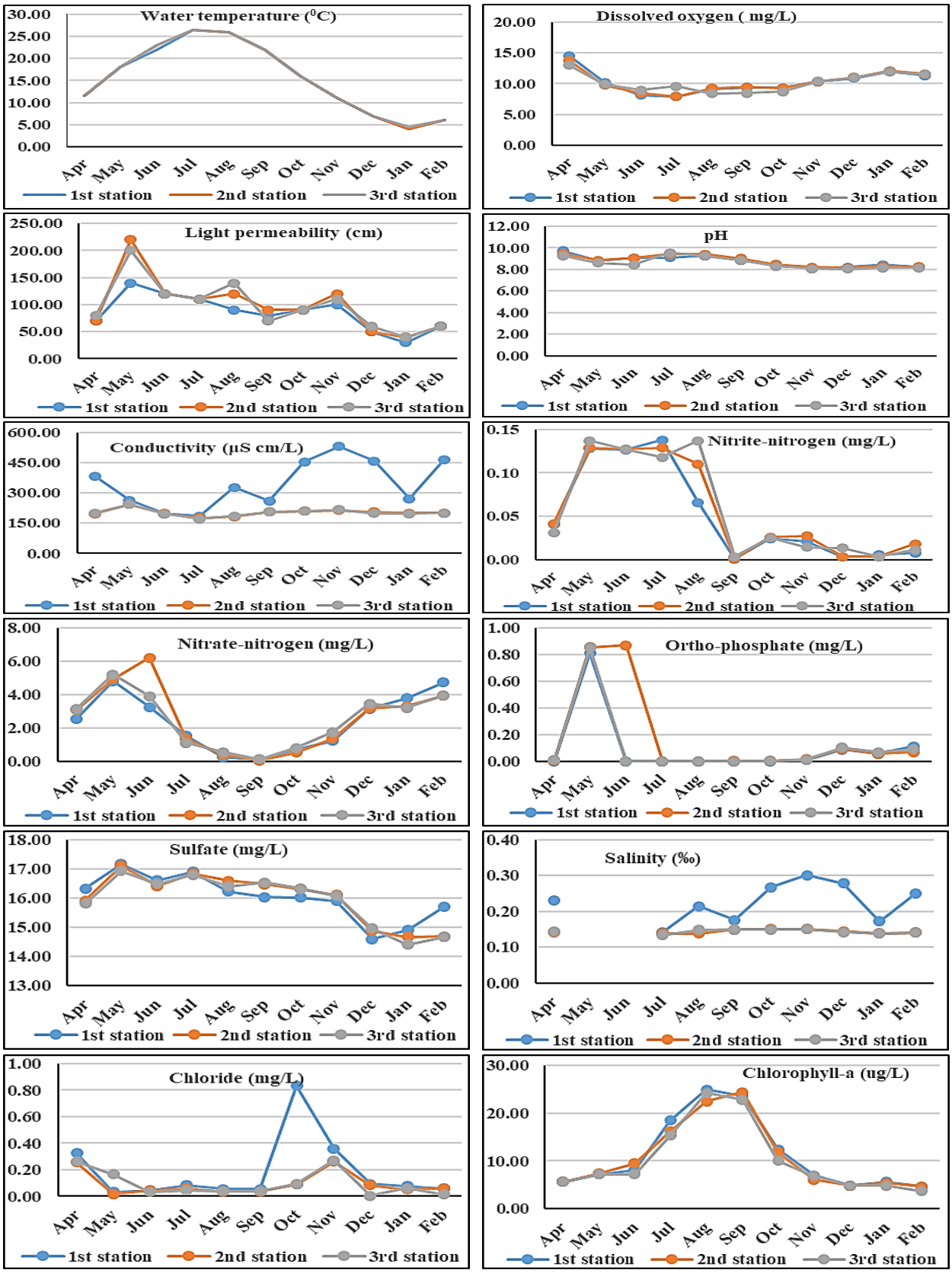


Figure 2. Variations of the physicochemical parameters according to the sampling stations and months

During the study period in Kayalıköy Reservoir, the nitrite-nitrogen content was found below the limit of detection in September, while it was highest in July with 0.13 mg/L (average 0.05 ± 0.05). The nitrate-nitrogen content was measured between 0.06 to 4.97 mg/L (average 2.46 ± 1.67). The ortho-phosphate content was found below the limit of detection in July, August, and September while it was highest in May with 0.84 mg/L (average 0.13 ± 0.29) (Table 1 and Figure 2). If the total phosphorus is less than 10 µg/L, the lake is oligotrophic, if between 10 - 20 µg/L it is mesotrophic and if it is greater than 20 µg/L, it is eutrophic (Thomann and Mueller, 1987). For ponds and dam lakes, the total nitrogen contents are ≤0.35 mg/L in oligotrophic lakes, 0.35-0.65 mg/L in mesotrophic lakes, and 0.65-1.2 mg/L in eutrophic lakes (Anonymous, 2015). According to the mean phosphate and nitrite-nitrogen values, Kayalıköy Reservoir was rated as mesotrophic.

The values of chlorophyll-*a* fluctuated during the study from 4.33 to 23.83 µg/L. The maximum chlorophyll-*a* was recorded in August and the minimum in February (Table 1 and Figure 2). For ponds and dam lakes, the amount of chlorophyll-*a* in oligotrophic lakes is <3.5 µg/L, between 3.5-9.1 µg/L in mesotrophic lakes and between 9.1-25 µg/L in eutrophic lakes (Anonymous, 2015). The lake is considered as eutrophic if the average value of the measured chlorophyll-*a* 14.3 µg/L; mesotrophic if it is 4.7 µg/L and oligotrophic if it is 1.7 µg/L (OECD, 1982). According to the chlorophyll-*a* values, Kayalıköy reservoir was rated as mesotrophic.

The comparison of the results of physicochemical analyses with National Standard for Turkish inland water revealed that water temperature (17.14 ± 9.06), the dissolved oxygen (10.28 ± 1.66), pH (8.44 ± 0.79), the sulfate (16.00 ± 0.78), the salinity (0.17 ± 0.02) and the chloride (0.12 ± 0.11) were found at the first quality level. The light permeability (94.24 ± 39.34), the nitrite-nitrogen (0.05 ± 0.05), the nitrate-nitrogen (2.46 ± 1.67), the phosphate (0.13 ± 0.24) and the chlorophyll-*a* (10.71 ± 7.00) was found between second and third quality levels (Anonymous, 2015) (Table 1).

Community structure of planktonic microcrustacean

Plankton samples taken from the reservoir were studied qualitatively and quantitatively. As a result of the qualitative evaluation of the samples, a total of 40 microcrustacean species (24 Cladocera and 16 Copepoda) were found (Table 2). Also, Cyclopoid copepodites, Calanoid copepodites, and Nauplius were observed. *Simocephalus vetulus*, *Alonella excisa*, *Alona costata*, *Coronatella rectangula*, *Oxyurella tenuicaudis* and *Monospilus dispar* from Cladocera, and *Paracyclops fimbriatus*, *Canthocamptus microstaphylinus* and *C. staphylinus* from Copepoda were found in horizontal samples taken for the qualitative analysis, but they were not observed in vertical samples. (Table 2).

The maximum species diversity was recorded as, 10 species from Cladocera in September and in October and 10 species from Copepoda in May, while the least diversity was found as 3 species from Cladocera in January and 2 species from Copepoda in December, July and in August.

Table 2. The planktonic microcrustacean species in Kayalıköy Reservoir and the average values of their annual numbers per m^3 (*These species were found in the qualitative analysis but they were not in the quantitative analysis)

	Annual average (ind./m^3)	%
CLADOCERA		
Diaphanosoma brachyurum (Liévin,1848)	3800 ± 3963	14.29
Daphnia pulex (Leydig, 1860)	1371 ± 1533	5.16
*Daphnia cucullata (*Sars, 1862)	4295 ± 3447	16.16
Daphnia galeata (Sars, 1863)	3144 ± 2551	11.83
Daphnia parvula (Fordyce, 1901)	523 ± 689	1.97
Daphnia longispina (O.F.Müller, 1876)	4720 ± 3389	17.75
Ceriodaphnia quadrangula (O.F.Müller, 1785)	85 ± 51	0.32
Moina micrura (Kurz, 1874)	22 ± 38	0.08
Iyocryptus sordidus (Liévin, 1848)	7 ± 13	0.03
Bosmina longirostris (O.F.Müller, 1785)	7709 ± 7490	29.00
Pleuroxus aduncus (Jurine, 1820)	44 ± 77	0.17
Pleuroxus uncinatus (Baird,1850)	26 ±26	0.10
Chydorus latus (Sars, 1862)	15 ± 26	0.06
Chydorus sphaericus (O.F.Müller, 1776)	498 ± 322	1.87
Alona guttata (Sars, 1862)	17 ± 17	0.06
Alona quadrangularis (O.F.Müller, 1785)	15 ± 26	0.06
Leydigia leydigi (Schödler, 1863)	7 ± 13	0.03
Leptodora kindtii (Focke, 1844)	288 ± 249	1.08
**Simocephalus vetulus* (O.F.Müller,1776)		
**Alonella excisa* (Fischer, 1854)		
**Alona costata (*Sars, 1862)		
**Coronatella rectangula* (Sars, 1862)		
**Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862)		
**Monospilus dispar* (Sars, 1862)		
Total Cladocera	26586 ± 16455	100.00
COPEPODA		
Eudiaptomus vulgaris (Schmeil, 1898)	590 ± 937	2.26
Eudiaptomus gracilis (Sars,1863)	54 ± 94	0.21
Arctodiaptomus wierzejskii (Richard, 1888)	376 ± 367	1.44
Arctodiaptomus (Rh.) bacillifer (Koelbel, 1885)	52 ± 73	0.20
Eucyclops serrulatus (Fischer, 1851)	59 ± 72	0.23
Macrocyclops albidus (Jurine, 1820)	111 ± 115	0.42
Cyclops abyssorum (Sars, 1863)	542 ± 527	2.08
Cyclops strenuus (Fischer, 1851)	22 ± 38	0.08
Cyclops vicinus (Uljanin, 1875)	833 ± 803	3.19
Acanthocyclops robustus (Sars, 1863)	966 ± 477	3.70
Mesocyclops leuckarti (Claus, 1857)	435 ± 671	1.67
Megacyclops viridis (Jurine, 1820	151 ± 151	0.58
Thermocyclops crassus (Fischer, 1853)	1467 ± 1327	5.62
Nauplius	11582 ±1686	44.37
Cyclopoid copepodit	6462 ±4301	24.75
Calanoid copepodit	2403 ± 1139	9.21
**Paracyclops fimbriatus* (Fischer, 1853)		
**Canthocamptus microstaphylinus* (Wolf, 1905)		
**Canthocamptus staphylinus* (Jurine, 1820)		
Total Copepoda	26104 ± 7953	100.00

The most common species in the reservoir was *Bosmina longirostris* from Cladocera found in all sampling months. Besides, *D. cucullata* was sampled for ten months, *D. longispina* and *D. pulex* for nine months, and *Chydorus sphaericus* for seven months. The most common species from Copepoda were *Arctodiaptomus wierzejskii* found during eight months and *Acanthocyclops robustus* and *Thermocyclops crassus* found during seven months. Also, Cyclopoid copepodites, Calanoid copepodites and Nauplius from Copepoda were found in all sampling months. *Moina micrura, Pleuroxus aduncus, Chydorus latus, Alona quadrangularis* and *Leydigia leydigi* from Cladocera and *Cyclops strenuus* from Copepoda were sampled only in one month during the study. All the species determined are recorded for the first time in the Kayalıköy Reservoir. According to Ustaoğlu (2015) and Güher (2014), all the species recorded in the Kayalıköy Reservoir are widely distributed in Turkey.

As a result of the quantitative evaluation of planktonic microcrustacean samples, an average of 26586 ind./m^3 Cladocera and 26014 ind./m^3 Copepoda were found and the average value of planktonic microcrustacean in the reservoir was 52690 ind./m^3 (Table 2). In other words, the planktonic microcrustaceans in the Kayalıköy Reservoir consists of 50 % Cladocera and 50 % Copepoda. However, a large part of Copepoda consists of larval individuals such as Nauplius or copepodite stage (21 % adult individuals, 79 % larval individuals).

When the sampling months were evaluated based on average individual values per m^3, the maximum number of Cladocera and Copepoda was found in October (111276 ind/m^3) followed by May (101636 ind/m^3) and the minimum was found in February (13004 ind/m^3) followed by December (14420 ind/m^3) (Figure 3). According to the results of cluster analysis, July, September, August, November, and June were the most similar to each other while the other similar months were January, February, December, and April (Figure 4).

The maximum number of Cladocera and Copepoda specimens were recorded at the 1st station (54853 ind/m^3) followed by the 2nd and 3rd stations with 53756 ind/m^3 and 49642 ind/m^3, respectively (Figure 5).

When the results were evaluated in terms of sampling months, the maximum organism number was found in autumn (82680 ind/m^3), followed by spring (60908 ind/m^3) and summer (52042 ind./m^3) and the minimum was found in winter (15130 ind/m^3) (Figure 6). The results of the cluster analysis showed that spring with summer (92 % similarity) and summer with autumn (77 % similarity) were very similar to each other apart from winter (Figure 7). The alteration of temperature affects the available nutrients in the environment, so it influences indirectly the abundances of zooplankton (Geller and Müller, 1981). In the present study, the lowest total the planktonic microcrustacean was determined in winter when the water temperature reached its lowest values.

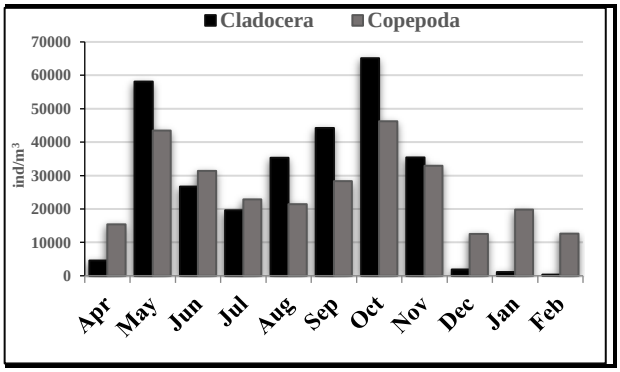


Figure 3. The abundance of planktonic microcrustacean in Kayalıköy Reservoir according to the sampling months

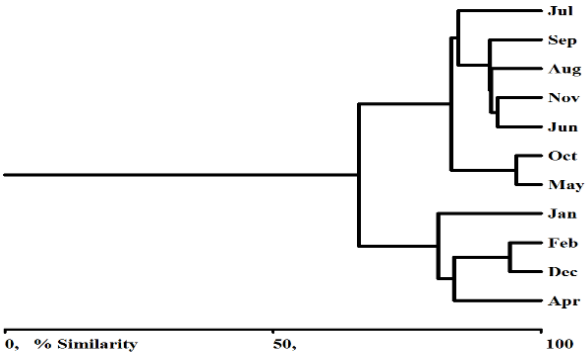


Figure 4. Cluster analysis showing the similarity index of planktonic microcrustacean according to the sampling months

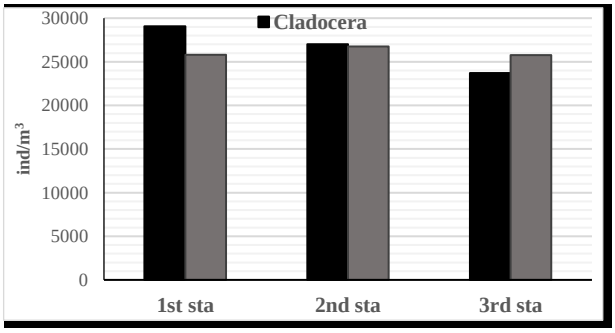


Figure 5. The abundance of planktonic microcrustacean in Kayalıköy Reservoir according to the sampling stations

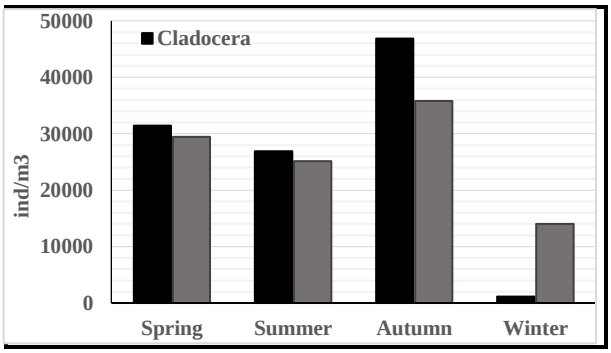


Figure 6. The abundance of planktonic microcrustacean in Kayalıköy Reservoir according to seasonal samples

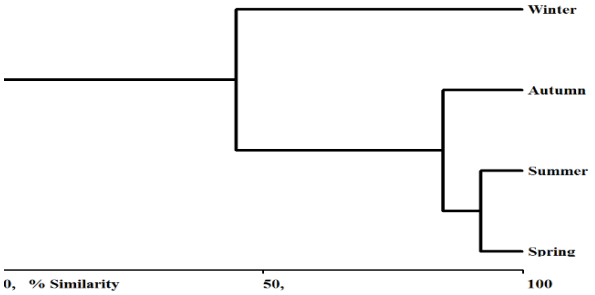


Figure 7. Cluster analysis showing the similarity index of planktonic microcrustacean according to seasonal samples

Monthly changes in species richness, diversity and maximum dominancy of microcrustacean are given in Table 3. According to the results of the Simpsons diversity, while species richness is the maximum (9.180) in May, it was found in its lowest value (1.936) in February. According to the Shannon diversity index, while species richness is the maximum (0.839) in June, it was found in the lowest value (0.431) in February. According to the Margalef index, no significant differences in species diversity were observed between the months (p>0.005) (Table 3).

Spearman's correlation was used to determine the relationship of Cladocera and Copepoda groups with each other and with environmental parameters. Accordingly, a positive correlation was found between Copepoda and Cladocera groups (r=0.891 p<0.01). Positive significant correlations were found between Cladocera and light permeability (r= 0.661), sulfate (r=0.636) and Chl-*a* (r=0.682), while Copepoda was found to be positively correlated with light permeability (r=0.697) and sulfate (r=0.636) (p< 0.05). There was also a positive correlation between dissolved oxygen and light permeability (r=0.753), sulfate (r=0.866) and Chl-*a* (r=0.907) (p< 0.01) (Table 4).

Table 3. Species diversity and species richness values of microcrustacean groups according to the sampling months

Index	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb
Shannon J'	0.812	0.792	**0.839**	0.781	0.786	0.785	0.717	0.696	0.527	0.504	0.431
Simpsons Diversity (1/D)	6.977	**9.180**	7.654	6.022	6.543	6.052	6.423	5.157	2.249	2.281	1.936
Margaleff M Base 10,	7.673	6.591	6.926	7.129	6.942	6.789	6.539	6.826	7.935	7.636	8.021

Table 4. According to the Spearman's correlation analysis, the relationship between microcrustacean groups and environmental parameters in Kayalıköy Reservoir (Cop: Copepoda, Cla: Cladocera)

	Cla	Cop	DO	LP	pH	EC	NO_2N	NO_3N	o-PO_4	SO_4	Sal	Cl	Chl-*a*
Cla	1.000												
Cop	**.891****	1.000											
DO	.524	.415	1.000										
LP	**.661***	**.697***	**.753****	1.000									
pH	.269	.082	.370	.221	1.000								
EC	.155	.064	-.483	-.191	-.141	1.000							
NO_2N	.318	.396	.644*	.822**	.122	-.295	1.000						
NO_3N	-.364	-.109	-.424	.059	-.146	-.036	.226	1.000					
o-PO_4	-.210	-.024	-.374	.134	-.218	.024	.111	.908**	1.000				
SO_4	**.636***	**.636***	**.866****	.916**	.187	-.409	.797**	-.055	-.005	1.000			
Sal	-.032	-.174	-.443	-.422	-.264	.851**	-.480	-.380	-.291	-.586	1.000		
Cl	.362	.404	-.315	-.005	-.202	.536	.100	-.019	-.156	-.099	.383	1.000	
Chl-*a*	**.682***	.545	**.907****	.620*	.360	-.409	.396	-.655*	-.550	.727*	-.293	-.164	1.000

** Correlation is significant at the 0.01 level
* Correlation is significant at the 0.05 level

When the results of this research were compared with the zooplankton data formerly reported in reservoirs, it is seen that different results were obtained in terms of Cladocera and Copepoda abundance and diversity depending on the characteristics of the sampled reservoirs. For instance, Yiğit and Altındağ (2005) reported 9 Cladocera (27.3 %) and 4 Copepoda (15.8 %) species in Hirfanlı Dam Lake, Dirican and Musul (2008) reported 7 Cladocera and 3 Copepoda species in the Çamlıgöze Reservoir, Bekleyen et al., (2009) reported 9 Cladocera (27.3 %) and 4 Copepoda (15.8 %) species in Dicle Reservoir, Saler and Aliş (2014) found 11 of Cladocera (21.2 %) and 7 of Copepoda (13.4 %) species in Hancağız Dam Lake, Bekleyen et al., (2014) found 9 Cladocera (29.3 %) and 2 Copepoda (15.8 %) species in Kralkızı Dam Lake, Güher and Çolak (2015) found 11 Cladocera (27 %) and 6 Copepoda (14 %) species in Süleoğlu Dam Lake, Ulgu and Bozkurt (2015) found 10 Cladocera (23.59 %) and 8 Copepoda (8.57 %) species in Tahtaköprü Dam Lake. Saler et al., (2017) reported 13 Cladocera (39.4 %) and 3 Copepoda (9.1 %) species in Boztepe Recai Kutan Reservoir and Güher (2019) found 19 Cladocera (66 %) and 8 Copepoda (34%) species in Kadıköy Dam Lake.

Although Rotifera is the dominant group among the zooplanktonic organisms in freshwater ecosystems, Cladocera is a qualitatively and quantitatively dominant group among the planktonic microcrustaceans (Saksena, 1987; Rocha et al., 1999). In the present study, a total of 40 taxa, (24 Cladocera (50 %) and 16 Copepoda 21 % adult

individuals and 79 % larval individuals) were identified in Kayalıköy Reservoir and Cladocera was found as the dominant group among the planktonic microcrustaceans.

Zooplanktonic organisms play an important role as an indicator in determining water quality, eutrophication, and water pollution level. Especially, Cladocera and Cyclopoid copepods are well adapted to eutrophic conditions (Gannon and Stemberger, 1978). It was reported by Bozkurt and Akın (2012) that *Bosmina longirostris, Coronatella rectangula, Acanthocyclops robustus*, and *Cyclops vicinus* were known as the indicator species of eutrophication. Also, Yağcı (2016) reported that *Ceriodaphnia quadrangula*, *B. longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia longispina* and *Cyclops strenuus paternonis* species are mesotrophic-eutrophic indicators. In the present study, *D. longispina*, *C. qaudrangula*, *B. longirostris*, *C. rectangula*, *C. sphaericus* from Cladocera; *A. robustus, C. vicinus* and *C. strenuus* from Copepoda were the most common species.

In a eutrophic lake, annual mean chlorophyll-*a* is 225 mg/m^3 and Cladocera is 160000 ind./m^3 (Vijverberg and Boersma, 1997). The chlorophyll-*a* in a meso-oligotrophic lake was 8.7 mg/m^3, and the average zooplankton was 2355 ind./m^3 (Ostojic, 2000). According to these results that Kayalıköy Reservoir has been concluded as having a mesotrophic character in terms of the mean zooplankton (52690 ind./m^3) and chlorophyll-*a* (10.71 ug/L) content.

CONCLUSION

In conclusion, a total of 40 taxa consisting of 24 Cladocera and 16 Copepoda were identified in the Kayalıköy Reservoir. In terms of the species diversity, the richest months were September and May with 19 species followed by April, June, and November with 13 species. The most common species in the reservoir were *Daphnia cucullata, D. longispina, D. pulex, Bosmina longirostris* and *Chydorus sphaericus* from Cladocera and *Arctodiaptomus wierzejskii, Acanthocyclops robustus* and *Thermocyclops crassus* from Copepoda. As a result of quantitative evaluation of microcrustacean samples, 50 % of the total microcrustacean was Cladocera (26586 ind/m^3) and 50 % was Copepoda (26014 ind/m^3). However, a large part of Copepoda consisted of Nauplius or copepodite stage (21 % adult individuals, 79 % larval individuals). The maximum number of Cladocera and Copepoda was observed in October (111276 ind/m^3), at the 1st station (54853 ind/m^3) and autumn (82680 ind/m^3). The comparison of the results of physicochemical analyses with the National Standard for Turkish inland water revealed that water temperature, dissolved oxygen, pH, sulfate, salinity, and chloride values indicated the first quality level, while light permeability, nitrite-nitrogen, nitrate-nitrogen, phosphate, and chlorophyll-*a* values indicate the second and the third quality levels (Anonymous, 2015). According to these results, Kayalıköy Reservoir was concluded to have a mesotrophic character in terms of microcrustacean fauna and the physicochemical parameters.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been supported by TÜBAP-2018/66 project.

REFERENCES

Anonymous. (2015). Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Resmi Gazete, 15 Nisan 2015, Çarşamba, Sayı: 29327.

Apostolov, A.M. & Marinov, T.M. (1988). *Fauna Bulcarica 18, Copepoda, Harpacticoida.* In Aedibus Academiae Scientiarum 18, Bulcaricae, Sofia.

Bekleyen, A., Gökot, B. & Varol, M. (2009). Dicle baraj gölü'nün (Diyarbakır) zooplanktonu. *Ulusal Su Günleri Sempozyumu 29 Eylül-1 Ekim 2009,* (s.10). Elazığ, Türkiye.

Bekleyen, A., Gökot, B. & Varol, M. (2014). Kralkızı baraj gölü'nün (Diyarbakır) zooplanktonu. *5. Doğu Anadolu Bölgesi Su ürünleri Sempozyumu, 31 Mayıs-2 Haziran 2014* (s.322-323). Elazığ. Türkiye.

Berzins, B. & Pejler, B. (1987). Rotifer occurrence in relation to pH. *Hydrobiologia*, 147: 107-116.

Bledzki, L.A. & Raybok, J.J. (2016). *Freshwater crustacean zooplankton of Europe*. Springer International Publishing Switzerland. DOI: 10.1007/978-3-319-29871-9_12

Bozkurt, A. & Akın, Ş. (2012). Zooplankton fauna of Yeşilırmak (between Tokat and Blacksea), Hasan Uğurlu and Suat Uğurlu Dam Lakes. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 777–786.

Dirican, S. & Musul, H. (2008). Çamlıgöze baraj gölü (Sivas-Türkiye) zooplankton faunası üzerine bir çalışma. *SAÜ, Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 17-21.

Dorak, Z., Köker, L., Gaygusuz, Ö. Gürevin, C., Akçaalan, R. & Albay, M. (2019). Zooplankton biodiversity in reservoirs of different geographical regions of Turkey: Composition and distribution related with some environmental conditions. *Aquatic Sciences and Engineering*, 34(1), 29-38. DOI: 10.26650/ASE2019522326

Dussart, B. (1967). *Les Copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale, Tome I, Calanoides et Harpacticoides*. N. Boubee et Cie, Paris.

Dussart, B. (1969). *Les Copepodes des eaux continentales d'Europe occidentale, Tome II. Cyclopoides et Biologie,* N. Boubee et Cie, Paris.

Dussart, B. & Defaye, D. (2002). *Word directory of Cladocera Copepoda of inland waters I-Calaniformes.* Backhuys Publishers Leiden, the Netherlands.

Dussart, B. & Defaye, D. (2006). *Word directory of Cladocera Copepoda of inland waters II-Cyclopiformes.* Backhuys Publishers Leiden, the Netherlands.

EPA, (2001). *Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*, U.S. Environmental Protection Agency.

Flössner, D. (1972). Krebstiere Crustacea kiemen und blattfussar Brachiopoda fischlause, Branchiura. *Tierwelt-Deusch.60 Veb. Gustav Fischer Verlag, Jena*, 105-161.

Gannon, J. E. & Stemberger, R. S. (1978). Zooplankton especially crustaceans and rotifers as indicators of water quality.*Transactions of the American Microscopical Society*, 97, 16-35.

Geller, W. & Müller, H. (1981). The filtration apparatus of Cladocera: Filter mesh-sizes and their implications on food selectivity. *Oceanologia*, 49: 316-321.

Güher, H. & Çolak, Ş. (2015). Süloğlu baraj gölünün (Edirne) zooplankton (Rotifera, Cladocera, Copepoda) faunası ve mevsimsel değişimi. *Trakya University Journal of Natural Sciences,* 16 (1), 17-24.

Güher, H. (2014). A Checklist for zooplankton (Rotifera, Copepoda, Cladocera) of European Turkey inland waters. *Ege Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(4), 221-225. DOI: 10.12714/egejfas.2014.31.4.08

Güher, H. (2019). Seasonal variation in planktonic microcrustacea (Copepoda, Cladocera) diversity in Kadiköy Reservoir (Edirne/Turkey). *Acta Aquatica Turcica*, 15(2), 188-196. DOI:10.22392/actaquatr.484963

Jaccard, P. (1912). The distribution of the flora of the alpine zone. *New Phytologist*, 11, 37-50.

Kaya, M. & Altındağ, A. (2007). Zooplankton fauna and seasonal changes of Gelingüllü dam lake (Yozgat, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 31, 347-351.

Kiefer, F. (1978). *Das Zooplankton der Binnengewasser 2. Teil*. Stuttgart.

Korinek, V. (1987). Revision of three species of the genus *Diaphanosoma* Ficher, 1850. *Hidrobiologia*, 145, 35-45.

Krebs, C.J. (1999). *Ecological Methodology.* Addison Wesley Longman, Inc., Menlo Park, California.

Lackey, J.B. (1938). The manipulation and counting of river of river plankton and changes in some organisms due to formalin preservation. *Public Health Reports,* 53, 2080-2093.

Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systems*, 3, 36-71.

Margaritora, F. (1983). *Cladocerı (Crustacea: Cladocera)*. Inst. di. Zoologia, dell Univ. Roma.

OECD, (1982). *Eutrophication of waters: monitoring, assessment and control*. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.

Ostojic, A. (2000). Effect of eutrophication on changes in the composition of zooplankton in the Grosnica reservoir (Serbia, Yugoslavia). *Hydrobiologia,* 436, 171-178.

Parmar, T.K., Rawtani, D. & Agrawal, Y.K. (2016). Bioindicators: the natural indicator of environmental pollution. *Frontiers in Life Science,* 9(2), 110-118. DOI: 10.1080/21553769.2016.1162753

Patra, A., Santra, K.B. & Manna, C.K. (2011). Ecology and diversity of zooplankton in relation to physicochemical characteristics of water of Santragachi Jheel, West Bengal. *India. Journal of Wetlands Ecology*, 5, 20-39.

Rocha, O., Matsumura-Tundisi, T., Espindola, E.L.G., Roche, K.F. & Rietzler, A.C. (1999). *Ecological theory applied to reservoir zooplankton.* p. 29-51. In: Theoretical Reservoir Ecology and its Applications (Ed. J.G. Tundisi, and M. Straskraba), International Institute of Ecology, Brazilian Academy of Sciences. Backhuys Publishers, Leiden, Holland.

Ryding, S.O. & Rast, W. (1989). *The control of eutrophication of lakes and reservoirs.* Man and the Biosphere Series, Volume I, the Parthenon Puplishing Group, 314 p.

Saksena, N.D. (1987). Rotifer as indicators of water quality. *Acta Hydrochimica Hydrobiologica,* 15, 481-485.

Saler, S. & Alış, N. (2014). Zooplankton of Hancağız dam lake (Gaziantep-Turkey). *Journal of Survey in Fisheries Sciences*, 1(1), 36-45.

Saler, S., Alpaslan, K., Karakaya, G. & Gündüz, F. (2017). Zooplankton of Boztepe Recai Kutan dam lake (Malatya -Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3), 261-267. DOI:10.12714/egejfas.2017.34.3.03

Shannon, C.E. & Weaver, W. (1949). *The Mathematical theory of communication,* University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.

Smirnov, N.N. (1974). *Fauna of USSR. Crustacea, Chydoridae*. Vol.I, No: 2, 629 p.

Thomann, R.V. & Mueller, J.A. (1987). *Principle of surface water quality modelling and control*. Harper and Row Publishers, New York. 644 p.

Ulgu, M. & Bozkurt, A. (2015). Zooplankton fauna of Tahtaköprü dam lake (Gaziantep). *International Journal of Scientific and Technological Research*, 1(1), 202-215.

Ustaoğlu, M.R. (2015). An updated zooplankton biodiversity of Turkish inland waters. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research,* 1(3), 151-159. DOI: 10.17216/LimnoFish-5000151941

Vijverberg, J. & Boersma, M. (1997). Long term dynamics of small-bodied and large-bodied Cladocerans durind the eutrophication of a shallow reservoir, with special attennion for *Chydorus sphaericus*. *Hydrobiologia,* 360, 233-242.

Yağcı, M. A. (2016). Variations in the zooplankton species structure of eutrophic lakes in Turkey. *Lake Sciences and Climate Change*, 81

Yiğit, S. & Altındağ, A. (2005). A taxonomical study on the zooplankton fauna of Hirfanlı dam lake (Kırşehir), Turkey. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4), 563-567.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 31-41 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.04

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Ege Denizi'nde ağ kafes yetiştiriciliğinde dalış faaliyetlerinin değerlendirilmesi[α]

Evaluation of diving operations for fish cage farming in the Aegean Sea

Gamze Akpınar[1] ● F. Ozan Düzbastılar[2]*

[1] Ege Üniversitesi, Urla Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Sualtı Teknolojisi Programı, 35430, Urla, İzmir, Türkiye https://orcid.org/0000-0002-6876-8601
[2] Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye https://orcid.org/0000-0002-5376-7198

*Corresponding author: f.ozan.duzbastilar@ege.edu.tr
Received date: 25.02.2020 *Accepted date: 14.08.2020*

How to cite this paper:
Akpınar, G. & Düzbastılar, F. O. (2021). Evaluation of diving operations for fish cage farming in the Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 31-41. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.04

Öz: Denizel akuakültür dünya yetiştiricilik üretiminin ağırlıkça yaklaşık %50'sini temsil etmektedir. Balık yetiştiriciliğinde basit olarak YYPE çerçeve, ağ ve demirleme sisteminden oluşan ağ kafesler, balık çiftliklerinin en önemli unsurlarıdır. Balık çiftliklerindeki dalgıçlar, ağlar, demirleme halatları ve tonoz gibi sualtı yapılarının kontrolü ve bakımı, ölü balıkların toplanması, balıklardaki anormal davranışların izlenmesi, balık hasadına yardım etmek ve diğer periyodik sualtı işlerinden sorumludurlar. Son yıllarda, kuzey ve güney Ege kıyılarında artan denizel akuakültür üretimiyle beraber çiftlik dalgıçlarına olan talep artmıştır. Diğer taraftan çiftlik dalgıçlarının çalışma şartları ve yasal düzenlemeler ile ilgili bazı sorunlar (dalış kazaları, hatalı dalış operasyonları, eğitim eksikliği vb.) ortaya çıkmıştır. Bu araştırmada, Şubat ve Mayıs 2019 tarihleri arasında, Muğla ve İzmir illeri civarındaki balık çiftliklerinde çalışan 162 çiftlik dalgıcı ile 49 sorudan oluşan yüz yüze anket çalışması yapılmıştır. Sonuçlar, profesyonel sualtıadamları yönetmeliği, aday dalış sistemi ve ölümcül kazalara neden olabilecek dalış eğitiminden oluşan üç ana sorunun varlığının acilen iyileştirilmesi ve güncellenmesi gerektiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Denizel akuakültür, balık çiftliği, çiftlik dalgıcı, aletli dalış, Ege Denizi

Abstract: Mariculture represents approximate 50 percent of global aquaculture production by weight. Fish cages, which consist simply HDPE frame, netting, and mooring system, in fish farming are key elements of sea cage aquaculture. Aquaculture divers are responsible for inspection and maintenance of the underwater structures such as nets, mooring line and anchor, removing dead fish, monitoring the abnormal behavior of fish, assistance harvesting of fish and other periodic underwater works in fish cage farms. In recent years, the demand for aquaculture divers has increased in fish cage farms in both northern and southern Aegean Sea with enhancement of fish production in mariculture. On the other hand, various problems (diving accidents, faulty diving operations, lack of training etc.) related to work conditions and legal regulations of aquaculture divers have emerged. In the study, with the questionnaire consisting of 49 questions, face to face surveys were performed with 162 aquaculture divers in fish farms around Muğla and İzmir provinces between February and May 2019. Results showed the presence that there are three main problems consisting of diving regulations for professional divers, the candidate diving system and diving education which may cause fatal accidents should be improved and revised urgently.

Keywords: Mariculture, fish cage farm, aquaculture diver, SCUBA, Aegean Sea

[α]Bu çalışma Gamze Akpınar'ın yüksek lisans tezinden veriler içermektedir.

GİRİŞ

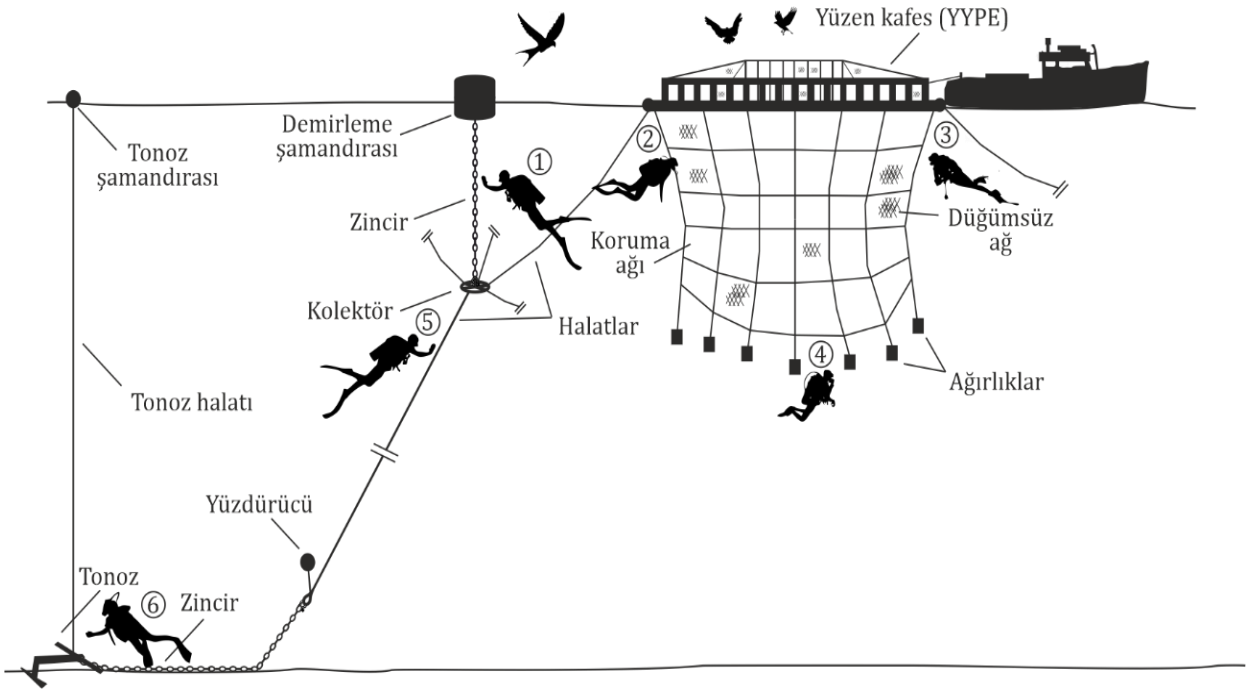
Dünya su ürünleri üretimi, küreselleşmeden doğan baskılar, artan nüfus ve su ürünlerine olan talebin artmasıyla birlikte 2017'de (balık, krustase, mollusk ve diğer sucul canlılar dahil, bitkiler hariç) 172,6 milyon tonluk üretim miktarına ulaşmıştır (FAO, 2007; Merino vd. 2012; Béné, 2015; FAO, 2019). Toplam üretimin 80,1 milyon tonu, önceki yıla göre %4,9'luk artış gösteren akuakültür üretimidir (FAO, 2019). Denizel akuakültür (marikültür) yoluyla üretilen balık ve diğer sucul hayvanların miktarı 30,6 milyon tondur. Akuakültür üretiminin ağırlıkça yarısından sorumlu olan marikültür, Türkiye'de son 30 yılda büyük bir gelişme göstererek 209.370 tonluk bir üretim potansiyeline ulaşmıştır (BSGM, 2020; TÜİK, 2018).

Dünya genelinde 59,7 milyon kişinin balıkçılık ile doğrudan ilişkili olduğu ve bunun yaklaşık üçte birinin akuakültür sektöründe çalıştığı tahmin edilmektedir (FAO, 2019). Valderrama vd. (2010), dünya genelinde akuakültür sektöründe tam zamanlı çalışan 23,4 milyon kişi olduğunu ve 16,7 milyonunun doğrudan, geri kalanının dolaylı olarak akuakültürle ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Kültür balıkçılığı sektöründe çalışan insan sayısının Türkiye'de 10.000 kişinin üzerinde olduğu varsayılmaktadır (FAO, 2019). Balık ve mollusk yetiştirilen çiftliklerde çalışan meslek gruplarından birisi çiftlik dalgıçlarıdır. Dalgıçlar genel olarak 30 m'ye kadar dalış derinliğine dalarak, ağ kafeslerde ağ ve halatların kontrolü ve tamiri, ölü veya hastalıklı balıkların toplanması, canlıların davranışlarının izlenmesi, ağ değişimi ve hasat işlerini yürütmektedirler (Şekil 1) (Smart vd. 2001; Cardia ve Lovatelli, 2015; Yılmaz vd. 2015).

Balık çiftliklerinin ekolojik etkisi, işletmelerin sorunları, yer seçimi, kafes malzemeleri, kafes sistemlerinin dalga yüklerine

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

karşı dayanımı gibi farklı konularda çalışmalar yapılmıştır (Takagi vd. 1999; Özdemir ve Dirican 2006; Yıldırım ve Özden, 2007; FAO, 2013; Price ve Morris, 2013; Yılmaz vd. 2015; Terzi ve Aydoğan 2016; Cardia ve Lovatelli, 2015; Akyol vd. 2019). Ancak, balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlar ve onların sorunlarıyla ilgili kapsamlı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada; marikültürün yoğun olarak yapıldığı Muğla ve İzmir illerindeki balık çiftliklerinde, "çiftlik dalgıcı" olarak çalışan personelin dalış faaliyetleri incelenmiştir.

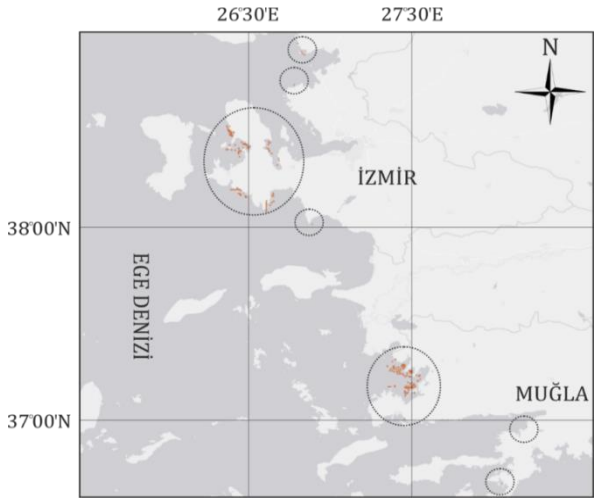


Şekil 1. Ağ kafeslerde demirleme sistemi ve dalgıçların sualtında yaptıkları işler: 1- Demirleme şamandırası ve bağlantı halkası (kolektör) kontrolü, 2-Ağ kafes kontrolü, 3-Canlıların davranışlarının izlenmesi, 4-Ölü balıkların toplanması, 5-Halat ve bağlantıların kontrolü, 6-Demirleme halatı ve tonoz kontrolü (ölçeksiz)

Figure 1. Schematic drawing of mooring system of fish cage and periodic works of divers: 1-Mooring buoy and corner plate inspection, 2-Net cage inspection, 3- Observation on fish health, 4-Removing dead fish, 5-Mooring ropes inspection, 6-Mooring line and anchor inspection (not to scale)

MATERYAL VE YÖNTEM

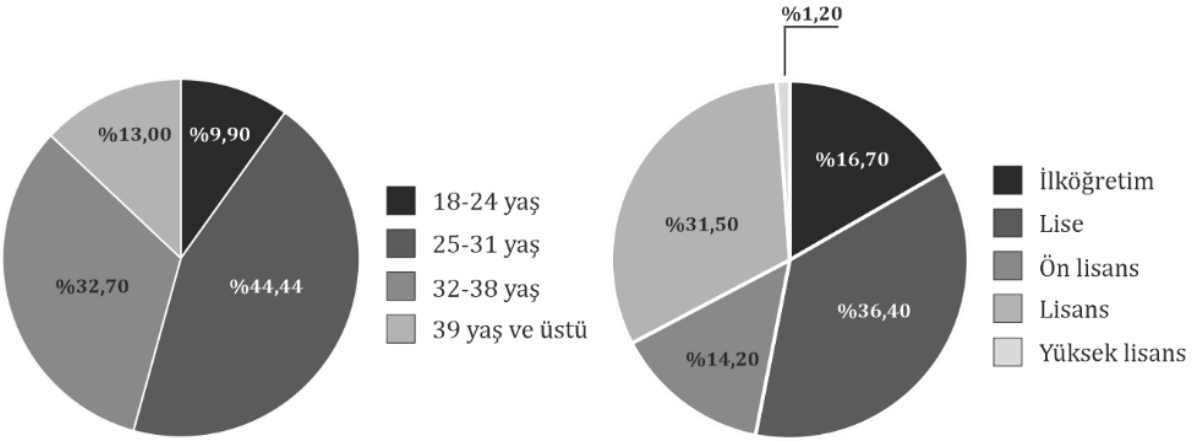
Mevcut yönetmelikler ve ulusal-uluslararası standartlar incelenerek, balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlara sorulmak üzere 49 soruluk bir anket tasarlanmıştır. Anketin 48 sorusu çoktan seçmeli ve son sorusu açık uçludur. Ege Denizi'nde, Muğla ve İzmir illerinde marikültür faaliyetinde bulunan balık çiftliklerinde (Şekil 2) çalışan 162 dalgıç ile Şubat-Mayıs 2019 ayları arasında yüz yüze anket çalışması yapılarak veri toplanmıştır. Çalışma öncesinde etik kurul raporu alınmış, anket çalışmasına katılacak dalgıçlar için balık çiftliklerinin bağlı oldukları akuakültür firmalarından izin alınmıştır. Elde edilen veriler, SPSS 23 (*Statistical Package for the Social Sciences*) programında işlenmiştir. Verilerin parametrik olup olmadığı durumuna göre Pearson ki-kare testi kullanılmıştır. Yapılan güç analizine (*power analysis*) göre %95 güven aralığında kitleyi tahmin etmemizi sağlayacak en düşük örneklem sayısı 132 olarak tespit edilmiştir. Tüm testler için güven aralığı %95 olarak alınmıştır ($P<0,05$).



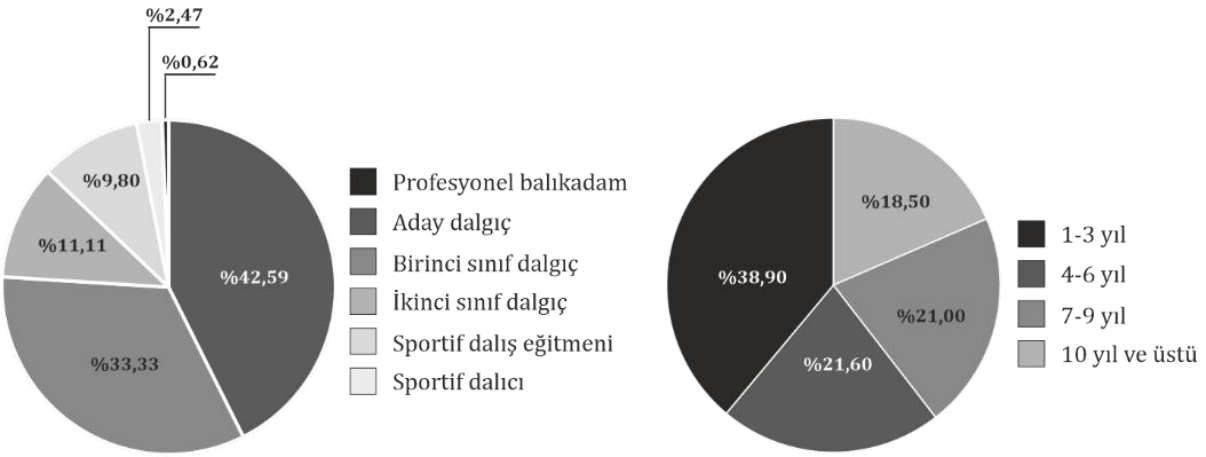
Şekil 2. Ege Denizi kıyılarında balık çiftliklerinin dağılımı
Figure 2. Fish cage farms on the coast of the Aegean Sea

BULGULAR

Anket çalışmasına katılan dalgıçların demografik verilerine bakıldığında; %98,1'i erkek, %1,9'u kadın, %56,8'i evli ve %43,2'si bekârdır. Dalgıçların yaşları ve eğitim durumları Şekil 3'te verilmiştir. Çiftlik dalgıçlarının %39,5'i, balık çiftliklerinde çalışmak için ilgili liman başkanlıklarından aday dalgıç belgesine başvurmuş ve Profesyonel Sualtıadamları Sınavı'na girerek profesyonel dalıcı belgelerini almıştır. %18,5'i ise TSSF'den (Türkiye Sualtı Sporları Federasyonu) aldıkları sportif dalıcı belgesine sahipken, %14,2'si TSK'dan (Türk Silahlı Kuvvetleri) aldıkları kurslar ile profesyonel dalıcı belgesini almışlardır. %12,3'lük bir grup ise üniversitelerin Sualtı Teknolojisi programlarından mezun olarak "Birinci Sınıf Dalgıç" belgesini almaya hak kazanmıştır. Dalıcıların %9,9'u TSSF'den sportif dalış eğitmeni belgesine sahip olup, %5,6'sı eğitmen belgeleri ile liman başkanlıklarına başvurarak "Profesyonel Balıkadam" denkliği almıştır. Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçların belge düzeyleri ve çalışma yılları Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Çiftlik dalgıçların yaş aralıkları ve eğitim durumları
Figure 3. Age ranges and educational status of aquaculture divers



Şekil 4. Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçların dalış belgeleri ve çalışma yılları
Figure 4. Dive certifications and work period of aquaculture divers at fish cage farms

Dalgıçların %77,8'inin daha önce de su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe çalıştığı belirlenmiştir. Çiftlik dalgıçlarının %61'i yılda ortalama 36-42 bin TL aralığında kazandıklarını beyan etmişlerdir. Katılımcıların %90,74'ü aldıkları ücretin yeterli olmadığını söylemiştir. Dalgıçların %67,9'u aldıkları eğitime uygun bir işte çalıştığını belirtmiştir. 162 dalıcının %98,8'i çalıştığı ortamdaki tehlikelerin bilincinde olarak çalışmaya devam ettiğini söylemiştir. Ankete katılanların %71,6'sı işten ayrılmayı düşünmelerine rağmen çalışmaya devam ettiğini belirtmiştir. Dalgıçların %90,1'i işyerlerine ulaşım olanağının çalıştıkları firma tarafından karşılandığını söylemiştir. Çiftlik dalgıçlarının %88'i günde 1-3 saat arasında dalış yaptığını, %77,8'i dalış bittikten sonra dinlendiğini, %21'i ise dalış sonrası farklı işler yapmaya devam ettiğini ve %1,2'si dalışlardan sonra balık çiftliğinden ayrıldıklarını belirtmişlerdir.

Dalgıçların balık çiftliğindeki periyodik işler için yaptıkları dalışlara ait derinlikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Dalgıçların balık çiftliğindeki periyodik işler için yaptıkları dalışlara ait derinlik aralıkları
Table 1. Depth ranges of performed dives for periodic works at fish cage farm

Derinlik (m)	Frekans	%
0-12	6	3,7
13-24	88	54,3
25-36	64	39,5
37-48	4	2,5
Toplam	162	100,0

Dalgıçların dalış eşi (*buddy*) sistemini kullanıp kullanmadıkları sorulduğunda, %78'i tek başına, %21'i dalış eşiyle, %1'i ise üç kişi dalış yaptığını beyan etmiştir. Katılımcıların %84'ü çalıştıkları balık çiftliğinde dalış amiri olduğunu söylemiştir. Dalgıçların %66'sı dalış kayıtlarının düzenli tutulduğunu belirtmiştir. Ankete katılan dalgıçların %41,4'ü dalış operasyonlarının -dalgıç olmayan yetkililer- tarafından yapıldığını belirtmişlerdir (Tablo 2).

Tablo 2. Periyodik dalışlarda çiftlik dalgıçlarının dalış planını yapan kişiler
Table 2. Staff responsible for dive planning of periodic dives of aquaculture divers

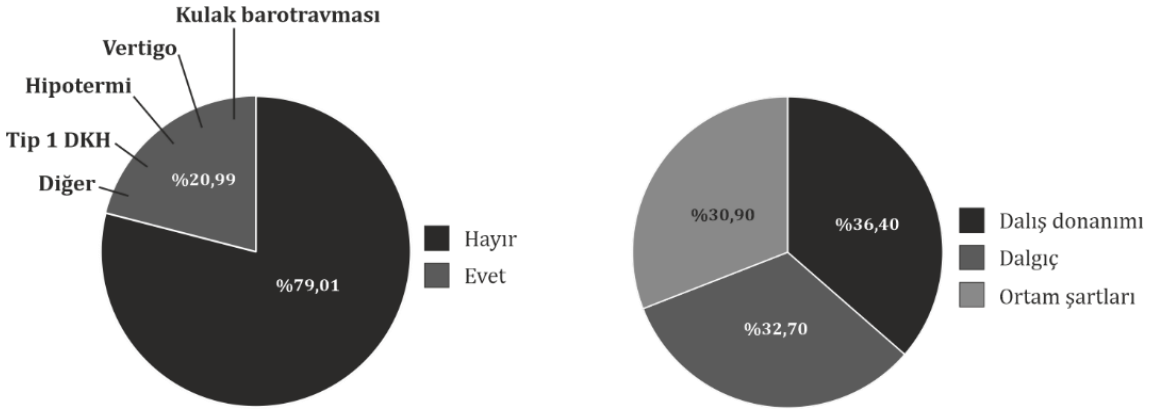
Cevap	Frekans	%
Dalış amiri	42	25,9
Çiftlik dalgıcı	53	32,7
Firma personeli/memur/yönetici/sistem sorumlusu	67	41,4
Toplam	162	100,0

Dalgıçların %85,8'i dalış tablosu kullanımı ile ilgili eğitim aldığını söylemiştir. Çiftlikte gerçekleşen dalışlar çerçevesinde, dalıcıların %60,5'i dekompresyonlu dalışlar yaptığını beyan etmiştir. Ayrıca dalıcıların %78,4'ü basit sualtı işleri ile ilgili eğitimleri olduğunu da belirtmişlerdir. Kullandıkları dalış donanımının özellikleri ve kullanımı ile ilgili dalıcıların %91,4'ü eğitim aldığını söylemiştir. Katılımcıların %74,1'i dalış ile ilgili herhangi bir donanım sıkıntısı çekmediğini belirtmiştir. Ankete katılan çiftlik dalgıçlarının yarısı, dalışlarda kullanılan araç-gereçlerin bakımını (regülatör bakımı, denge yeleğinin bakımı vb.) kendilerinin yaptığını ifade etmiştir. Danışmanlık hizmetine ihtiyaç olup olmadığına dair sorulan soruya, %51,2'si "Evet" cevabını vermiştir. Bu hizmetin şirket bünyesinde çalışan deneyimli bir kişi tarafından yapılmasına %70,4'ü olumlu görüş bildirmiştir. Dalış donanımlarının ve yedek parçalarının temini konusunda dalgıçların verdiği cevap ve yüzdesel oranlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Dalış donanımlarının temini konusunda dalgıçlar tarafından verilen cevaplar
Table 3. Answers given by divers on the subject of procurement of SCUBA equipment

Cevap	Frekans	%
İhtiyaca göre	92	56,8
Satın alma bölümünün isteğine göre	21	13,0
Firmanın dalışa ayırdığı bütçeye göre	17	10,5
En ucuz piyasa fiyatına göre	32	19,8
Toplam	162	100,0

Çiftlik dalgıçların dalış operasyonları sırasında geçirdikleri dalış kazaları, hastalıklar ve muhtemel nedenleri Şekil 5'te verilmiştir. Dalış hastalıkları ve ilkyardım uygulamaları ile ilgili aldıkları eğitimler sorulduğunda, %76,5'i bu eğitimleri aldığını beyan etmiştir. Ancak, dalış kazalarına karşı acil eylem planlarının varlığı konusunda %51,2'si olumsuz cevap vermiştir. Yine de dalgıçların %51,9'u dalıcılara yönelik koruyucu tedbirler olduğunu belirtmiştir. Dalıcıların %90,1'i yaşanabilecek dalış kazalarına karşı ilkyardım araç ve gereçleriyle saf oksijen tüpünün çalıştıkları firmada bulunduğunu söylemişlerdir. Katılımcıların %76,5'i firmalar tarafından iş güvenliği ve sağlığı eğitim ve seminerlerinin verildiğini ve bunlara katıldıklarını ifade etmişlerdir. Ankete katılanların %75,9'u dalış kazaları dışında herhangi bir kaza yaşamadığını söylemiştir.



Şekil 5. Çiftlik dalgıçlarının dalışlarda geçirdikleri dalış kazaları, hastalıklar ve nedenleri
Figure 5. Diving accidents of aquaculture divers, diseases and reasons

İşlerinin büyük bir bölümünü sualtında geçiren dalgıçlar için psikolojik desteğin gerekli olup olmadığı sorusuna, %63'ü gerek olmadığı cevabını vermiştir. Dalıcıların %53,7'si çalışma ortamının rahat iş yapmaya uygun olduğunu belirtmiştir. Dalgıçların %99'u çalıştıkları firmaların yemek verdiğini ifade ederken, %90,1'i verilen yemeğin besin değeri açısından dalıcıların kalori ihtiyacını karşılamaya uygun olmadığını belirtmişlerdir.

Ankete katılanların %93,8'i ilgili liman başkanlıklarından dalış izinlerinin alındığını söylerken, %6,2'si yetkili mercilerde dalış kayıtlarının olmadığını belirtmiştir. Dalıcıların %88,3'ü şirket tarafından 32A statüsü kapsamında sigortalandığını ve %11,7'si ise bu kapsam dışında sigortalandığını belirtmiştir. Dalıcıların %88,3'ü dalgıçlardan oluşan hiçbir dernek, kurum ya da kuruluşa üye olmadığını belirtmiştir. Katılımcılara sektör ile ilgili kurum ve kuruluşların ya da derneklerin dalgıçların haklarını savunacak faaliyetlerde bulunup bulunmadığı sorulduğunda ise %89,5'i haklarının savunulmadığını düşünmektedir.

Dalıcıların eğitim düzeyleri ile sahip oldukları dalıcı belgeleri karşılaştırıldığında, dalıcıların eğitim durumları ile belge düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Tablo 4). Dalıcıların yıllık kazançları ile aldıkları ücreti yeterli bulup bulmadıkları arasında bir ilişki olup olmadığı arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P >0,05) (Tablo 5).

Tablo 4. Dalıcıların eğitim durumu ile belge düzeylerinin karşılaştırılması
Table 4. Comparison of education of divers with diving certification levels

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	64,214	25	,000
En çok olabilirlik oranı	72,761	25	,000
Doğrusal bağlantı	19,330	1	,000
Geçerli durumların sayısı	162		

Tablo 5. Dalıcıların yıllık gelirleri ile memnuniyetlerinin karşılaştırılması
Table 5. Comparison of annual income and satisfaction of divers

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	7,587	3	,055
En çok olabilirlik oranı	10,321	3	,016
Doğrusal bağlantı	5,383	1	,020
Geçerli durumların sayısı	162		

Dalıcıların günlük ortalama dalış süreleriyle dalış süresince yaşanabilecek tehlikelerin bilincinde olup çalışmaya devam etmeleri arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 6). Dalışlarda dalış amirinin olup olmama durumuyla, dalış sırasında yaşanabilecek tehlikelerin farkında olma algısı arasında da anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 7).

Tablo 6. Dalış derinlikleri ile dalgıçların yaşanabilecek tehlikelerin farkındalığının karşılaştırılması
Table 6. Comparison of diving depths with the diver's awareness of the risks of diving

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	19,410	3	,000
En çok olabilirlik oranı	6,111	3	,106
Doğrusal bağlantı	1,937	1	,164
Geçerli durumların sayısı	162		

Tablo 7. Dalışlarda dalış amiri bulunması ile dalışlarda yaşanabilecek tehlikelerin farkındalığının karşılaştırılması
Table 7. Comparison of the presence of diving supervisor in diving operations with the diver's awareness of the risks of diving

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)	Kesin önem (tek taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	10,592	1	,001		
Süreklilik düzeltmesi	5,223	1	,022		
En çok olabilirlik oranı	7,451	1	,006		
Fisher kesin olasılık testi				,025	,025
Doğrusal bağlantı	10,527	1	,001		
Geçerli durumların sayısı	162				

Dalış esnasında yaşanabilecek tehlikelerin farkında olma algısıyla, dalış kayıt defteri tutma alışkanlığı arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05) (Tablo 8). Dalış operasyonlarında dalış amirinin bulunma durumuyla, dalış defteri kayıtlarının tutulması arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Çalışan güvenliği açısından çiftlik dalgıçları için koruyucu tedbir alma eylemleriyle, işyerinde iş güvenliği ve sağlığı üzerine eğitim ve seminerler verilmesi arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 9). İşletme tarafından çalışanların güvenliği için koruyucu tedbir almayla, iş yerinde rahat çalışma ortamı yaratılması arasında da anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Dalgıçların çalıştıkları ortamlarda kendilerini rahat hissetmelerine dair soruların birbirleriyle olan ilişkisi irdelendiğinde; işletme tarafından dalgıçlar için yaratılan çalışma ortamının rahatlığıyla, işyerinde dalgıçlara yemek verilmesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (P<0,05).

Dalıcıların kafasında oluşan işyerinden ayrılma düşüncesi ile aldıkları ücreti yetersiz bulmaları arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Çalıştıkları balık çiftliğinden ayrılma düşüncesi ile aldıkları eğitime uygun bir işte çalışmayı düşünmeleri arasında da anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05).

İşyerinden ayrılmayı düşünmeleri ile çalışma ortamlarında karşılaşabilecekleri tehlikelerin bilincinde olmaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05). Dalgıçlıkla ilgili herhangi bir derneğe, topluluğa ya da kuruma üye olma fiiliyatı ile dalgıçlar için kurulmuş dernek ya da toplulukların faaliyetlerinin beğenilmesi arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05). Meslekte geçirilen süreyle, işyerinde karşılaşacağı tehlikeleri bilerek çalışma arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05).

Tablo 8. Dalıcıların dalış kayıt defteri tutması ile dalış esnasında yaşanabilecek tehlikelerin farkındalığının karşılaştırılması
Table 8. Comparison of keeping a diving log book with the diver's awareness of the risks of diving

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)	Kesin önem (tek taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	,233	1	,630		
Süreklilik düzeltmesi	,000	1	1,000		
En çok olabilirlik oranı	,220	1	,639		
Fisher kesin olasılık testi				1,000	,565
Doğrusal bağlantı	,231	1	,631		
Geçerli durumların sayısı	162				

Tablo 9. Dalıcılar için koruyucu tedbirlerin alınması ve balık çiftliklerinde iş güvenliği ve sağlığı eğitimi verilmesinin karşılaştırılması
Table 9. Comparison of taking protective measures for divers with occupational health and safety training

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)	Kesin önem (tek taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	18,863	1	,000		
Süreklilik düzeltmesi	17,286	1	,000		
En çok olabilirlik oranı	19,721	1	,000		
Fisher kesin olasılık testi				,000	,000
Doğrusal bağlantı	18,747	1	,000		
Geçerli durumların sayısı	162				

Dalışlar sırasında kaza yaşanıp yaşanmamasıyla, dalışlarda araç-gereç sıkıntısı yaşanmaması arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 10). Dalışlar sırasında kaza yaşanmasıyla, dalışlarda kullanılan araç-gereçler ile ilgili eğitim alınıp alınmaması arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (P>0,05). Dalışlar sırasında yaşanabilecek dalış kazaları ile işyeri tarafından iş güvenliği ve sağlığı eğitimi verilmesi arasında bir ilişki yoktur (P>0,05). İşyerinde iş güvenliği ve sağlığı hakkında eğitim verilmesiyle, beklenmedik durumlarda acil eylem planı olup olmaması arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 11). İşyerinde iş güvenliği ve sağlığı hakkında eğitim verilmesiyle, ilkyardım eğitimi alınması arasındaki ilişki anlamlı bulunmuştur. (P<0,05) (Tablo 12).

Tablo 10. Dalış donanımının bakımının yapılması ile dalış kazalarının yaşanması riskinin karşılaştırılması
Table 10. Comparison of maintaining of SCUBA equipment with the risks of diving accidents

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	5,707	1	,017	
Süreklilik düzeltmesi	4,863	1	,027	
En çok olabilirlik oranı	5,794	1	,016	
Fisher kesin olasılık testi			,027	,013
Doğrusal bağlantı	5,672	1	,017	
Geçerli durumların sayısı	162			

Tablo 11. Dalıcıların iş güvenliği ile işyerinde acil durum eylem planı olması durumunun karşılaştırılması
Table 11. Comparison of occupational safety of divers with the presence of emergency action plan

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	10,014	1	,002	
Süreklilik düzeltmesi	8,875	1	,003	
En çok olabilirlik oranı	10,363	1	,001	
Fisher kesin olasılık testi			,002	,001
Doğrusal bağlantı	9,952	1	,002	
Geçerli durumların sayısı	162			

Tablo 12. Dalıcıların iş güvenliği ve sağlığı eğitimi ile aldıkları ilkyardım eğitimlerinin karşılaştırılması
Table 12. Comparison of occupational and health safety training of divers with first aid training

	Değer	Serbestlik derecesi	Asimptotik önem (iki taraflı)	Kesin önem (iki taraflı)
Pearson'un ki-kare testi	7,093	1	,008	
Süreklilik düzeltmesi	5,976	1	,015	
En çok olabilirlik oranı	6,570	1	,010	
Fisher kesin olasılık testi			,015	,009
Doğrusal bağlantı	7,050	1	,008	
Geçerli durumların sayısı	162			

Ankete katılan dalgıçlar arasında, "iş güvenliği ve sağlığı eğitimi alıyor musunuz?" sorusuna "Evet" cevabı verenlerin (%76,5) %62'si ilkyardım eğitimi alıp almadıkları sorusuna da "Evet" olarak cevap vermişlerdir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlar ve onların sorunları ile ilgili bugüne kadar kapsamlı bir çalışma yürütülmemiştir. Şevik (2014), balık çiftliklerinde çalışan sadece aday dalgıçlar ve aday dalgıçlıktan sınava girerek profesyonel balıkadam olanlar üzerine bir çalışma yapmıştır. Gülşahin vd. (2020) ise su ürünleri işletmelerinde dalış yapan su ürünleri mühendislerini iş sağlığı ve güvenliği bakımından incelemişlerdir. Bunun dışında diğer çalışmalarda, balık çiftlikleriyle ilgili genel problemler (alan tahsisi, kredi, sigortalama, yavru balık temini, yem fiyatları, ulaşım, karaya çıkma noktası, bina-altyapı, personel vb.) incelenmiştir (Özdemir ve Dirican, 2006; Terzi ve Aydoğan, 2016). Bu çalışmada, farklı yeterliliklere sahip 162 çiftlik dalgıcı ve sorunları, demografik verileri, yasal mevzuat, çalışma koşulları, dalış kaza ve hastalıkları - iş güvenliği, dalış eğitimi ve operasyonu açısından değerlendirilmiştir.

Demografik veriler

Ankete katılan 162 dalgıcın demografik verilerinden - erkek egemen- bir dalış sektörü görüntüsü ortaya çıkmaktadır (kadın dalgıç oranı<%2). Şevik (2014)'ün aday dalgıçlık uygulaması üzerine yürüttüğü çalışmada ankete katılan 41 dalgıcın (aday dalgıç + balıkadam) tamamı erkektir. Su ürünleri işletmelerinde aletli dalış yapan su ürünleri mühendisleri (123 kişi) ile yürütülen çalışmada dalış yapan kadın mühendis sayısı %22 olarak bulunmuştur (Gülşahin vd., 2020). Bu çalışmada, evli (%56,8) ve 25-31 yaş aralığındaki (%44,4) dalgıçların oranları yüksek bulunmuştur. Şevik (2014) örnekleminde ortalama 32,7±8,4 yaş (19-56 yaş aralığı) belirlemiştir. Bu çalışmada, lise mezunlarının sayısı (%36,4) en yüksek değere ulaşırken, üniversitelerin Sualtı Teknolojisi ön lisans programlarından mezun olanların da içinde bulunduğu "Birinci Sınıf Dalgıç" belgesine sahip olanların oranı %12,3'tür. Düzbastılar (2018), üniversite mezunu dalgıçların emekli askeri personel ve alaylı dalgıçlar ile sektörde rekabet halinde olduğunu ifade etmiştir.

Yasal mevzuat

Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçların belge düzeyleri incelendiğinde, %63,5'inin balıkadam, ikinci sınıf dalgıç ve birinci sınıf dalgıç olduğu görülmektedir (Profesyonel Sualtıadamları Yönetmeliği, İkinci Bölüm Yeterlik Dereceleri ve Yeterlik Belgesi Alma Şartları, Resmi Gazete, 1997). Çiftlik dalgıcı olabilmek için asgari şart balıkadam yeterliğine sahip olmaktır (Resmi Gazete, 1997). Bu çalışmada, çiftlik dalgıcı olarak çalışanların %33,33'ünün aday dalgıç olduğu tespit edilmiştir. Bu durum aslında stajyer konumunda olması gereken aday dalgıçların balık çiftliklerinde diğer profesyonel dalgıçlar gibi çalıştıklarını göstermektedir. Geri kalan %3,9'la temsil edilen dalıcılar sportif belgelere sahip olup, yasaya göre zaten bu tür faaliyetlerde bulunamazlar. Gülşahin vd. (2020), aynı bölgede yürüttükleri ve sadece su ürünleri mühendislerini kapsayan çalışmada, profesyonel dalış belgesi olmayan dalıcılar olduğunu ifade ederek, birinci sınıf dalgıçların oranını %4,9 olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada, birinci sınıf dalgıç %11,11 olarak bulunmuştur.

Ankete katılan 162 dalıcıdan, 157'si Profesyonel Sualtıadamları Yönetmeliği'ne tabidir. Bu sayının %34,4'ü aday dalgıçtır. İlgili yönetmelik kapsamında; "*her bir dalış ekibinde dalış operasyonu esnasında, dalış amirliği görevi dışında dalış ekip personelinin en fazla yarısı stajyer olabilir*" ibaresi yer almaktadır (Resmi Gazete, 1997). Aday dalgıçlar üzerine yürütülen bir çalışmada, dalış sektöründe çalışan aday dalgıçların %40'ının balık çiftliklerinde istihdam edildiği ve dalış operasyonlarında aday dalgıçların %75'inin dalış amiri olmadan dalış yaptıkları tespit edilmiştir (Şevik, 2014). Bu çalışmada; ankete katılan dalgıçların %84'ü dalışlarda bir dalış amiri olduğunu ifade etmiştir. Bir iyileşme gibi gözükse de, uygulamada bu oranın sağlanmadığı yapılan saha çalışmalarında gözlenmiştir.

Dalgıçların %93,8'i ilgili liman başkanlıklarından dalış izinlerinin alındığını söylerken, geri kalanı yetkili mercilerde dalış kayıtlarının olmadığını ifade etmiştir. Çalışan dalgıçların %88,3'ünün 506 sayılı kanunun ek 5 inci maddesinde belirtilen itibari hizmet süresi ile 5434 sayılı kanunun 32 nci maddesinde belirtilen şekilde sigortalandığı, geri kalanların da bunun dışında sigortalandıkları belirlenmiştir. Fiili hizmet süresi zammı, ağır ve yıpratıcı işlerde çalışan sigortalılara yönelik bir düzenlemedir. Su altında veya su altında basınçlı hava içinde çalışmayı gerektiren işler çalıştıkları ortamdaki manometre basıncına göre üç gruba ayrılmıştır. Bunlar: 1-Su altında basınçlı hava içinde çalışmayı gerektiren işlerden 20-35 metreye kadar derinlik veya 2-3,5 kg/cm^2 basınçta yapılan işlerde çalışanlar (Eklenecek gün sayısı: 60), 2-Su altında basınçlı hava içinde çalışmayı gerektiren işlerden 35-40 m (40 m hariç) derinlik veya 3,5-4 kg/cm^2 (3,5 kg/cm^2 hariç) basınçta yapılan işlerde çalışanlar (Eklenecek gün sayısı: 90) ve 3-Dalgıçlık işinde çalışanlar (Eklenecek gün sayısı: 60) olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2008).

Dalıcıların %88,3'ü dalgıçlardan oluşan hiçbir dernek, kurum ya da kuruluşa üye olmadığını beyan etmiştir. Bunun nedeni; büyük bir çoğunluğun (%89,5) bu kuruluşların dalgıçların haklarını yeterince savunamayacakları algısı olarak belirlenmiştir. Dalgıçlıkla ilgili herhangi bir derneğe, topluluğa ya da kuruluşa üye olmayla bu tür dernek ya da toplulukların faaliyetlerinin beğenilmesi arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05).

Çalışma koşulları

Balık çiftliklerinde dalgıçların %38,9'u 10 yıldan uzun süredir sektörde çalışmaktadır. Şu an dalgıç olarak çalışanların büyük bir çoğunluk daha önce su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe farklı alanlarda çalıştıklarını ifade etmişlerdir. Dalgıçların üçte ikisinin yıllık kazancı 36.000 TL'den daha fazla olmasına rağmen aldıkları ücreti yetersiz

bulmuşlardır (P>0,05; Tablo 5). Dalgıçların %90,1'i ulaşım hizmeti ve %99'u şirketlerin yemek verdiğini söylemektedir. Ancak büyük bir kısmı (>%90) yemeğin besin değeri açısından ihtiyaç duyulan kalori değerini karşılamadığını düşünmektedir. Genellikle yemek, ulaşım ve diğer ücretler hesaba katıldığında yıllık ücret tatmin edici sayılabilir. Ancak dalgıçların işten ayrılmayı düşünmesi (%71,6) ve işyerinden ayrılma düşüncesi ile aldıkları ücreti yetersiz bulmaları arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (P<0,05). Dalgıçların çalışma ortamında kendilerini iyi hissetmelerine yönelik soruların birbirleriyle olan ilişkisine bakıldığında, işletme tarafından dalgıçlar için yaratılan çalışma ortamının rahatlığıyla, işyerinde dalgıçlara yemek verilmesi arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir (P<0,05). Dalgıçların işten ayrılma düşüncesiyle aldıkları eğitime uygun bir işte çalışmayı düşünmeleri arasında anlamlı bir ilişki varken (P<0,05), çalışma ortamlarından kaynaklanabilecek tehlikelerin bilincinde olmaları arasında anlamlı bir ilişki yoktur (P>0,05).

Dalgıçların %63'ü psikolojik desteğe ihtiyaç duymadığını ve %53,7'si çalışma ortamının çalışmaya uygun olduğunu belirtmiştir. Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlar genelde aldıkları eğitime uygun bir işte çalıştıklarını belirtmişlerdir (%67,9). Çalışma ortamlarından kaynaklanabilecek çeşitli tehlikelerin bilincinde oldukları görülmektedir (%98,8). Gülşahin vd. (2020) ankete katılan dalgıçların büyük çoğunluğunun (>%92) dalışın tehlikeli olduğunu söylediğini belirtmiştir. Balık çiftliklerinde yürütülen çalışmalarda dalgıçların dekompresyon hastalığı (Tip 1 ve 2) ve çeşitli barotravmalarla karşı karşıya kaldıkları belirtilmektedir (Douglas ve Milne, 1991; Smart ve McCartney, 1990; Gülşahin vd., 2000; Smart vd., 2001).

Dalış kaza ve hastalıkları – İş güvenliği

Dalış derinliği ve dip zamanı çeşitli dalış hastalıklarını oluşturabilecek iki önemli faktördür (Düzbastılar ve Düzbastılar, 2007). Bu çalışmada, çiftlik dalgıçları genellikle 12-24 m derinlik aralığında (>%54) dalış yaptıklarını belirtmişlerdir (Tablo 1). 2002-2008 arasında yürütülen bir çalışmada genellikle çiftlik dalgıçlarının 13-21 m derinliklere dalış yaptığı saptanmıştır (Smart vd., 2014). Ancak bu çalışmada 36 m'den daha derine dalış yaptığını beyan eden dalgıç sayısı 4 olarak belirlenmiştir. İlgili yönetmelikte aletli dalış (SCUBA) derinlik sınırı 42 m olarak geçmektedir (Resmi Gazete, 1997). Herbert vd. (2018) Yeni Zelenda akuakültür sektörü için hazırladıkları dalış kılavuzunda aletli dalış için maksimum dalış derinliğini 30 m olarak sınırlamışlardır. Şevik (2014) yaptığı çalışmada, aday dalgıçlık döneminde çiftlik dalgıçlarının en fazla kaç metre derinliğe daldığını araştırmış ve 50 m'nin altına dalan 12 kişi, 70 m'nin altına dalan 5 kişi ve 82 m'ye daldığını ifade eden 1 kişi belirlemiştir. Gülşahin vd. (2020) yürüttükleri çalışmada, katılımcıların en fazla 65 m derinliğe dalış yaptığını ve yarıya yakınının 40 m'den daha derine daldığını tespit etmişlerdir. Balık çiftliklerinde tonoz kontrolü dışında genellikle dalış derinlikleri 10-25 m arasında değişmekle beraber, dalış profili olarak sık yükselme ve alçalma yaptıklarından (yo-yo dalışı) ötürü bazı basınç problemleri yaşamaktadırlar. Douglas ve Milne (1991) ve Smart vd. (2001) yo-yo dalışının dekompresyon hastalığına maruz kalınmasında önemli bir etken olduğu belirtirken, 2002-2008 arasında yürütülen bir diğer çalışmada 13-21 m arasında yapılan yo-yo dalışlarının dekompresyon hastalığı için önemli bir faktör olmadığını ifade edilmiştir (Smart vd., 2014).

Bu çalışmada, katılımcıların %79,01'i dalış kazası ve hastalığı geçirmediğini belirtmiştir. Geri kalan kısım ise "Tip 1" dekompresyon hastalığı, kulak barotravması, vertigo, hipotermi ve zatürre gibi hastalıklara maruz kaldıklarını söylemişlerdir. Dalgıçların büyük bir kısmı (>%85) dalış tablosu kullandığını ve yaklaşık üçte ikisi dekompresyonlu dalış yaptığını beyan etmiştir. Smart vd. (2001) Avustralya'da 7 balık çiftliğini incelemiş, 10 yıllık süreçte değişen dalış güvenliği algısı, dalış donanımının bakımlarının yapılması ve standardının yükselmesi gibi olumlu gelişmeler sonucunda, artan dalgıç sayısı ve balık üretiminin aksine dekompresyon hastalığı vakalarının azaldığını belirtmiştir. Gülşahin vd. (2020), işletmelerde dalış yapanların kulak ve akciğer barotravması, dekompresyon hastalığı, azot narkozu ve sıkışmalara maruz kaldıklarını saptamışlardır. Bu çalışmada, katılımcıların %75,9'u dalış kazaları dışında herhangi bir kaza yaşamadığını ve %74,1'i dalış ile ilgili herhangi bir donanım sıkıntısı çekmediklerini belirtmiştir. Gülşahin vd. (2020) dalış öncesi hazırlık sırasında bazı kazalar (kayma ve düşmeye bağlı travmalar, dalış donanımı sorunları vb.) yaşandığını belirtmişlerdir.

Dalıcıların %77,8'i dalış bittikten sonra dinlendiğini, %21'i ise dalış sonrası farklı işler yapmaya devam ettiğini ve %1,2'si ise dalışlardan sonra işletmeden ayrıldıklarını ifade etmiştir. Dalış sonrası yapılan ağır aktiviteler, dekompresyon hastalığı riskini artırabilir (Düzbastılar ve Düzbastılar, 2007). Dalıcıların günlük ortalama dalış süreleriyle (genellikle 1-3 saat) dalış süresince yaşanabilecek tehlikelerin bilincinde olarak çalışmaları arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Ancak meslekte geçirilen süreyle, işyerinde karşılaşacağı tehlikeleri bilerek çalışma arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (P>0,05).

Çalışmada, dalgıçların %36,4'ü dalış donanımı, %32,7'si dalıcıdan kaynaklı ve %30,9'u ise ortam şartları (akıntı, su sıcaklığı, görüş mesafesi vb.) nedeniyle dalış kaza ve hastalıklarına maruz kalındığını belirtmiştir. Sualtı hastalıkları ve ilkyardım uygulamaları ile ilgili eğitim alanların oranı %76,5'tir. Ancak, dalgıçların yaklaşık yarısı dalış kazalarına karşı acil eylem planları olmadığını söylemiştir. Dalgıçların yine yarıya yakını dalıcılara yönelik koruyucu tedbirler olduğunu belirtmiştir. Dalıcıların büyük bir çoğunluğu (>%90) dalış kazalarına karşı ilkyardım araç ve gereçlerinin çalıştıkları ortamda bulunduğunu söylemişlerdir. Katılımcıların yaklaşık dörtte üçü çalıştıkları şirketler tarafından iş güvenliği eğitim ve seminerlerinin verildiğini beyan etmiştir.

Dalış esnasında yaşanabilecek tehlikelerin farkında olma algısıyla, dalış kayıt defteri tutma alışkanlığı arasındaki ilişki anlamlı bulunmamıştır (P>0,05). Ancak dalış operasyonlarında

dalış amirinin bulunma durumuyla, dalış defteri kayıtlarının tutulması arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Çalışan güvenliği açısından çiftlik dalgıçları için koruyucu tedbirler alınmasıyla, işyerinde iş güvenliği üzerine eğitim, seminer, brifing vb. verilmesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (P<0,05). Dalgıçların çalıştıkları işletmeler tarafından çalışanların güvenliği için koruyucu tedbirlerin alınmasıyla, iş yerinde konforlu ve güvenli bir çalışma ortamı oluşturulması arasında da anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05).

Dalışlar sırasında yaşanabilecek kazaların, dalış donanımından kaynaklanan sorunlar ile arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05). Dalışlar sırasında kaza yaşanmasıyla, dalışlarda kullanılan dalış donanımı konusunda alınan eğitim arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır (P>0,05). Dalışlar sırasında yaşanabilecek dalış kazaları ile işyeri tarafından iş güvenliği eğitimi verilmesi arasında da bir ilişki yoktur (P>0,05). İşyerinde iş güvenliği hakkında eğitim verilmesiyle, beklenmedik durumlarda acil eylem planının varlığı arasında anlamlı bir ilişki vardır (P<0,05) (Tablo 11). İşyerinde iş güvenliği hakkında eğitim verilmesiyle, ilkyardım eğitimi alma arasındaki ilişki de anlamlı çıkmıştır (P<0,05). Ankete katılan dalgıçlar arasında, iş güvenliği eğitimi alanlar %76,5'tir. Bu eğitimi alanların yaklaşık üçte ikisi ilkyardım eğitimi de almıştır.

Dalış eğitimi ve operasyonu

Dalıcıların %78,4'ü basit sualtı işleri ile ilgili eğitim aldıklarını beyan etmiştir. Ayrıca dalıcıların eğitim düzeyleri ile sahip oldukları dalıcı belgeleri karşılaştırıldığında, dalıcıların eğitim durumları ile belge düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir (P <0,05). Katılımcıların büyük çoğunluğu (%91,4) kullandıkları dalış donanımının özellikleri ve kullanımı ile ilgili bir eğitim almıştır. Şevik (2014), aday dalgıçların temel dalgıçlık eğitimlerini incelediğinde (dalış teorileri, hava dekompresyon usulleri vb.) her üç aday dalgıçtan birinin eğitim almadığını belirlemiştir. Çalışmamızda, ankete katılan çiftlik dalgıçlarının yarısı dalışlarda kullanılan araç-gereçlerin bakımını kendilerinin yaptığını ve yine yarısı bir danışmanlık hizmetine ihtiyaç duyduğunu ifade etmiştir. Danışmanlık hizmetinin şirket bünyesinde çalışan deneyimli bir kişi tarafından yapılması için büyük bir kısmı (%70,4) olumlu görüş bildirmiştir. Dalış donanımlarının ve yedek parçalarının temini konusunda dalgıçların %56'sı ihtiyaca göre, %13'ü satın alma biriminin isteğine göre, %10,5'i şirket tarafından ayrılan bütçe doğrultusunda ve %19,8'i de en ucuz piyasa fiyatına göre hareket edildiğini ifade etmiştir.

Çalışmada, katılımcıların %78'i tek başına, %21'i dalış eşiyle, %1'i ise üç kişi dalış yaptığını beyan etmiştir. Çalıştıkları balık çiftliğinde dalış amiri olup olmadığı sorusuna ise %84'ü "Evet " cevabı verirken, dalgıçların %41,4'ü dalış operasyonlarının dalgıç olmayan yetkililer tarafından yapıldığını belirtmişlerdir. İlgili yönetmelikte, aletli dalışta (SCUBA) dalgıç sayısı 1 olduğunda asgari personel sayısı 3, dalgıç sayısı 2 olduğunda ise asgari dalgıç sayısı 4 olarak belirlenmiştir. Personel sayısı 3 olduğunda; 1 dalış amiri (en az birinci sınıf dalgıç yeterliğine sahip veya yoksa stajını dalış amiri yanında yaptığını belgeleyen profesyonel sualtıadamı, dalış yapamaz ve dalışı yönetir), 1 *stand-by* dalgıç (yüzey desteği) ve 1 dalgıç (aletli dalışlarda tek dalgıç varsa, emniyet için ince bir halatla yüzeye bağlanır) olmalıdır. Personel sayısı 4 olduğunda; dalış amiri, *stand-by* dalgıç ve 2 dalgıç operasyona katılır (Resmi Gazete, 1997). Dalışlarda dalış amirinin olup olmama durumuyla, dalış sırasında yaşanabilecek tehlikelerin farkında olma algısı arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır (P<0,05).

Çalışmaya katılan dalgıçların %46,9'unun üniversite mezunu olması, eğitim konusunda önemli bir gelişmedir. %3,09'luk bir kısmın halen sportif dalıcı brövesiyle dalış yaptığını beyan etmesi ise ilgili bakanlık tarafından denetimlerin yapılmasının gerekliliğini göstermektedir. Genelde çiftlik dalgıçlarının aldıkları ücretten memnun olmamakla beraber, yemek, ulaşım gibi giderlerin karşılandığı kurumsal firmalarda çalışmaya devam ettikleri görülmektedir. Dalgıçların büyük bir kısmı (>%87) aletli dalış için yasal sınır olan 42 m'yi geçmediklerini söylemiş olmasına rağmen, %78'i tek başına daldığını söyleyerek, en önemli dalış kuralını ihlal etmektedir. Katılımcıların üçte ikisinin dekompresyonlu dalış yapmaları ve yine üçte ikisinin dalışlarını kayıt altına alması ve dalış profilinin bilinmesi, yaşanması muhtemel dekompresyon hastalığının tedavisinde sualtı hekimlerinin işlerini kolaylaştıracaktır. Verilen bilgilere göre her beş kişiden biri dekompresyon hastalığı, barotravma ve diğer hastalıklara maruz kalmıştır. Çiftlik dalgıçlarının %15'inin dalış tablosu eğitimi almamış olmaları, düşük bir yüzde olsa da, kabul edilemez bir durumdur.

Balık çiftliklerinde açık devre SCUBA cihazı ile hava dalışı yapılmaktadır. Dalgıçlar genellikle yüz maskesi kullanmaktadır. Bu tip donanımla en fazla dalış yapılabilecek derinlik sınırı 42 m'dir (Resmi Gazete, 1997). Dalışlarda tam yüz maskesi (*full face mask*) kullanmak, yüzeyle haberleşme olanağı sağlayacaktır. Wartenberg vd. (2016) balık çiftliklerinde aletli dalış donanımı yerine güvenlik nedeniyle nargile sistemini önermiştir. Dalışlarda mutlaka *buddy* sistemi kullanılmalı ve ilgili yönetmelikteki personel sayıları sağlanmalıdır. Aday dalgıçlık sistemi suistimale açıktır ve mutlaka Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesinde köklü bir değişikliğe gidilmelidir. Temelleri 1949 yılına dayanan ve en son 2016 yılında revize edilen (Düzbastılar, 2018) Profesyonel Sualtıadamları Yönetmeliği mutlaka güncellenmelidir. İlgili yönetmelikler dışında, uluslararası uygulamalardan (Cardia ve Lovatelli, 2015; Herbert vd., 2018; ACWA, 2020) yararlanıp, sadece balık çiftlikleri ve burada çalışan dalgıçlara özel dalış eğitimi, belgelendirme, genel tanımlamalar, dalış planlaması, kayıtların tutulması, dalış donanımı ve standartları, acil eylem planları, yetiştiricilik işletmelerine özgü dalış eğitimi gibi temel konuları içeren bir kılavuz hazırlanmalıdır. Balık çiftliklerinin dalış ekibinin ve teçhizatının, periyodik takım muayeneleri dışında, ilgili bakanlık tarafından yerinde denetimlerinin yapılması son derece önemlidir. İşyeri Tehlike Sınıfları Listesi'nde (Ek), Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık alanında,

Deniz Ürünleri Yetiştiriciliği "Tehlikeli" olarak belirlenmiştir (Resmi Gazete, 2012). Balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlar için ayrı bir sınıflandırma yapılmamıştır. Oysa aynı listede, hava ve sualtı fotoğrafçılığı "Çok Tehlikeli" sınıfında değerlendirilmiştir. Sadece balık çiftliklerinde çalışan dalgıçlar ile ilgili bir sınıflandırma yapılmamıştır. Genellikle balık çiftliklerinde çeşitli nedenlerden ötürü meydana gelen ölümler boğulma olarak kayda geçmektedir. Ancak boğulmayı tetikleyen diğer sorunlar (Arteryel gaz embolisi, kalp-damar hastalıkları vb.) tam olarak bilinmemektedir. Ülkemizde dalış kazalarının toplandığı bir veri sistemi yoktur (Koca, 2015). Bu da risk faktörlerini analiz etmek ve çözüm önerileri sunmak için bir engel teşkil etmektedir. Balık çiftliklerinde meydana gelen kazalar ve ölümlerin önüne geçebilmek için, şirket içi eğitim ve denetimlerin artırılması, aday dalgıç sayısının ilgili yönetmelikte belirtildiği sayılara çekilmesi ve aletli dalışlarda dip zamanı ve derinlik sınırlarına uyulması hayati önem taşımaktadır.

EK

Makalemiz başvuru ve inceleme sürecindeyken, 4 Haziran 2020 tarihli Resmi Gazete'de, çalışmamızda tartışılan ve çözüm önerileri sunulan "aday dalgıçlık" sistemi ile ilgili Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından aşağıda bir bölümü (Madde 6) verilen olumlu bir değişiklik yapılmıştır (Resmi Gazete, 2020). Özellikle balık çiftliklerinde çalışan dalgıçları yakından ilgilendiren bu düzenlemenin, eğitim kalitesini artıracağı ve işletmelerde yaşanan sorunları bir ölçüde çözecektir.

MADDE 6 – Aynı Yönetmeliğin 8 inci maddesinin beşinci fıkrası aşağıdaki şekilde değiştirilmiş ve aynı maddeye aşağıdaki fıkralar eklenmiştir.

"Türkiye Cumhuriyeti karasuları ile iç sularında profesyonel sualtıadamı olarak, su ürünleri mevzuatı hükümleri kapsamında dalma yöntemiyle avcılığına izin verilen su ürünlerinin istihsalini yapmak maksadıyla dalış yapacak olanlara,

a) 5 inci maddede yer alan nitelikleri haiz olup, 18 yaşını bitirmiş, 65 yaşını geçmemiş olmak,

b) Türkiye'de yerleşik olarak faaliyet gösteren uluslararası akredite dalış eğitim sistemlerine göre eğitim görerek asgari 2 yıldız veya eş değer bir derecelendirme sistemi ile dalıcı olarak belgelendirilmiş olmak,

c) İdare tarafından düzenlenecek teorik dalış eğitimini tamamlamak ve eğitim sonrası yapılacak sınavda başarılı olmak, şartlarını sağlayarak Liman Başkanlıklarına müracaat etmeleri durumunda; Liman Başkanlığı tarafından üzerinde "Sadece bireysel su ürünleri istihsali amacıyla dalış yapabilir." ibaresi bulunan iki yıl süreli 'Bireysel su ürünleri aday dalgıç belgesi' verilir."

"Bireysel su ürünleri aday dalgıç belgesini ilk defa alacak olanlardan kırk yaşından gün almamış olmak şartı aranmaz. Bireysel su ürünleri aday dalgıç belgesine sahip olanlar, elli saat dalış yaptıklarını tasdikli dalış defteri ile Liman Başkanlığına sunmaları hâlinde kendilerine Liman Başkanlığı tarafından bireysel su ürünleri dalgıç belgesi yeterliği verilir.

Bireysel su ürünleri aday dalgıç belgesini aldıktan sonra, belgenin geçerli olduğu iki yıllık süre içerisinde elli saat dalışı tamamlayamayanların belgeleri geçersiz olur. Bu adaylar bir yıl süre geçtikten sonra, beşinci fıkranın (c) bendinde belirtilen eğitim ve sınavdan muaf olarak yeniden bireysel su ürünleri aday dalgıç belgesi başvurusu yapabilir. Bu belge sahipleri, bireysel su ürünleri dalgıçlığının dışında ticari amaçlı dalgıçlık yapamazlar.

Su ürünleri çiftliklerinde çalışacakların en az balıkadam veya üstü yeterlik belgesine sahip olmaları gerekir. Bununla birlikte bu belgelerden birisine sahip olmaksızın balıkadamların yanında çalışan ve 6 ncı madde kapsamında aday dalgıç belgesine sahip olanlara ise aynı maddede geçen eğitim ve dalış saatlerini tamamlamaları ve tasdikli dalış defteri ile Liman Başkanlığına başvurmaları halinde kendilerine Liman Başkanlığı tarafından "Sadece su ürünleri çiftliklerinde çalışabilir." ibareli balıkadam yeterlik belgesi düzenlenir. Bu belge sahipleri, su ürünleri çiftliklerinde profesyonel sualtıadamlarının yanında çalışabilir ancak su ürünleri dalgıçlığının dışında ticari amaçlı dalgıçlık yapamazlar.

Su ürünleri çiftliklerinde çalışıp aday dalgıç belgesi geçerlik süresi içerisinde yukarıdaki şartları sağlayamayanların tekrar su ürünleri çiftliklerinde aday dalgıç olarak görev yapabilmesi için bir yıl süre geçmesi gerekir."

KAYNAKÇA

ACWA (2020). Aquaculture Council of Western Australia – Diving Guidelines. Alıntılanma adresi: https://www.aquaculturecouncilwa.com/wp-content/uploads/2019/05/WAAquaIndustryDivingGuidelines2002.pdf (29.01.2020).

Akyol, O., Ceyhan, T., Düzbastılar, F.O., Özgül, A., & Şen, H. (2019). Wild fish diversity around the sea-cage fish farms in the Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(3), 271-283. DOI: 10.12714/egejfas.2019.36.3.08

Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrup-Andersen, P., Merino, Hemre, G-I & Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Security*, 7, 261-274. DOI: 10.1007/s12571-015-0427-z

BSGM (2020). Su Ürünleri İstatistikleri. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü. Alıntılanma adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Su-Urunleri/Su-Urunleri-Veri-Ve-Dokumanlari (06.02.2020).

Cardia, F. & Lovatelli, A. (2015). *Aquaculture operations in floating HDPE cages: a field handbook*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 593. Rome, FAO. 152 pp.

Douglas, J.D.M. & Milne, A.H. (1991). Decompression sickness in fish farm workers: a new occupational hazard. *BMJ*, 302(6787), 1244-1245. DOI: 10.1136/bmj.302.6787.1244-a

Düzbastılar, M.K. & Düzbastılar, F.O. (2007). *Dalma Tekniği*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 104p.

Düzbastılar, F.O. (2018). Yükseköğretim kurumlarında birinci sınıf dalgıç eğitimi. In C. Öztosun, G. Dönmez (Eds.), *21. Sualtı Bilim ve Teknoloji Toplantısı 2018* (pp. 28-36). Antalya, Türkiye.

FAO (2007). *Cage aquaculture – Regional reviews and global overview*. Fisheries Technical Paper (Eds. M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur). No. 498, Rome, 241 pp.

FAO (2013). *A global assessment of offshore mariculture potential from a spatial perspective*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper (Eds. J. M. Kapetsky, J. Aguilar-Manjarrez and J. Jenness). No. 549, Rome, 181 pp.

FAO (2019). *Fishery and aquaculture statistics 2017*. FAO yearbook. Rome, 80 pp.

Gülşahin, A., Cerim, H. & Soykan, O. (2020). Su ürünleri mühendisliğinde donanımlı dalışın iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8, 94-101. DOI: 10.29130/dubited.544781

Herbert, D., Smale, R., Preece, M., Hearn, B., Primmer, K. & Bayley, S. (2018). New Zealand aquaculture industry diving: Good practice guidelines. Version 2.1 2018. Reviewed and re-published by Aquaculture New Zealand. Alıntılanma adresi: https://www.aquaculture.org.nz/. (30.01.2019).

Koca, E. (2015). Türkiye'de Gerçekleşmiş Dalış Kazaları Analizi. İstanbul Tıp Fakültesi Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Anabilim Dalı. İstanbul, 69p.

Merino, G., Barange, M., Blanchard, J.L., Harle, J., Holmes, R., Allen, I., Allison, E.H., Badjeck, M.C., Dulvy, N.K., Holt, J., Jennings, S., Mullonh, C. & Rodwell, L.D. (2012). Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? *Global Environmental Change*, 22, 795-806.

Price, C.S. & Morris, Jr. J.A. (2013). *Marine cage culture and the environment: twenty-first century science informing a sustainable industry*. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 164. 158 pp.

Resmi Gazete (1997). Profesyonel Sualtıadamları Yönetmeliği. Resmi Gazete Tarihi: 02.09.1997. Resmi Gazete Sayısı: 23098. Alıntılanma adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.5689&sourceXmlSearch=profesyonel&MevzuatIliski=0. (17.02.2020).

Resmi Gazete (2008). Fiili Hizmet Süresi Zammı Uygulamasının Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 27.09.2008. Resmi Gazete Sayısı: 27010. Alıntılanma adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/09/20080927-7.htm (20.02.2020).

Resmi Gazete (2012). İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği. Resmi Gazete Tarihi: 26.12.2012. Resmi Gazete Sayısı: 28509. Alıntılanma adresi: https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=9.5.16909&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=i%C5%9Fyeri%20tehli (24.02.2020)

Resmi Gazete (2020). Profesyonel Sualtıadamları Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Resmi Gazete Tarihi: 04.06.2020. Resmi Gazete Sayısı: 31145. Alıntılanma adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2020/06/20200604-3.htm (21.07.2020).

Smart, D.R., McCartney P. (1990). High risk diving; Tasmania's aquaculture industry. *SPUMS Journal*, 20,159-165.

Smart, D., Rubidge, S., McCartney, P. & Van Den Broek, C. (2001). Tasmania's aquaculture industry: A ten-year review of improved diving safety. *Papers and Proceedings of the Royal Society of Tasmania 133(1)* (pp. 77-83). Tasmania, Australia.

Smart, D.R., Van Den Broek, C., Nishi, R., Cooper, P.D. & Eastman, D. (2014). Field validation of Tasmania's aquaculture industry bounce-diving schedules using Doppler analysis of decompression stress. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 44(3), 124-136.

Şevik, A. (2014). Profesyonel sualtıadamı (sanayi dalgıcı) olma yöntemlerinden "aday dalgıçlık" uygulamasının eksikleri, neden olduğu sektörel, bireysel sorunlar ve çözüm önerileri. Denizcilik Uzmanlık Tezi, Deniz ve İçsular Düzenleme Genel Müdürlüğü, Eğitim ve Belgelendirme Daire Başkanlığı, T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Ankara, 92s.

Özdemir, N. & Dirican, S. (2006). Muğla İli'nde kültür balıkçılığı ve sorunları. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1/2), 283-286.

Takagi, T., Takagi, N. & Yamane, T. (1999). Contributions on the theory of fishing gears and related marine systems: Calculation of wave loads and responses of a raft frame for an aquacultural net cage in regular wave fields. In M. Paschen, W. Köpnick, G. Niedzwiedz, U. Richter, H.J. Winkel (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Workshop on Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies 1999* (pp. 177-195). Rostock, Germany.

Terzi, Y.E. & Aydoğan, M. (2016). Türkiye'de kültür balıkçılığının gelişimi, sorunları ve çözüm önerileri. *XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi 2016* (pp. 1625-1634). Isparta, Türkiye.

TÜİK (2018). Su Ürünleri İstatistikleri 2017. Alıntılanma adresi: http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist. (06.02.2020).

Valderrama, D., Hishamunda, N. & Zhou, X. (2010). Estimating employment in world aquaculture. FAO Aquaculture Newsletter. Special Issue, No. 45, 24-25.

Wartenberg, R., Lombardi, M.R. & Chan, L.L. (2016). Triple-redundant hookah diving system for remote inshore aquaculture husbandry and science that is cost-effective, efficient and safe. In. Lobel L.K., Lombardi, M.R. (Eds.), *Proceedings of the American Academy of Underwater Sciences 35th Symposium - Diving for Science 2016* (pp. 99-114). Rhode Island, USA.

Yıldırım, Ş. & Özden, O. (2007). Ağ kafeslerde balık yetiştiriciliğine uygun deniz sahası belirlenmesinde örnek bir çalışma. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1-2), 185-189.

Yılmaz, K., Özçiçek, E. & Can, E. (2015). Ağ kafeslerde periyodik operasyonlar. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(2),127-135.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 43-52 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.05

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Yunuslar ile kıyı balıkçılığı arasındaki etkileşim ve azaltılmasında akustik caydırıcı cihaz kullanımı

Interaction between dolphins and coastal fisheries and using acoustic deterrent in reducing of interaction

Emre Namlıtürk[1] ● İsmet Balık[2*]

[1] Tarım ve Orman Bakanlığı, Artvin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Yusufeli İlçe Müdürlüğü, Yusufeli-Artvin-Türkiye https://orcid.org/0000-0002-3683-9495
[2] Akdeniz Üniversitesi, Kemer Denizcilik Fakültesi, Dumlupınar Bulvarı, 07058 Kampüs, Konyaaltı, Antalya https://orcid.org/0000-0003-2168-8572

*Corresponding author: ibalik@akdeniz.edu.tr

Received date: 28.03.2020 *Accepted date: 24.08.2020*

How to cite this paper:
Namlıtürk, E. & Balık, İ. (2021). Interaction between dolphins and coastal fisheries and using acoustic deterrent in reducing of interaction. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 43-52. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.05

Öz: Bu araştırma, yunusların uzatma ağları ile etkileşim sıklığını, ağlara ve yakalanan balıklara verdiği zararların (depredesyon) azaltılmasında yunus kovucu (akustik cihaz) kullanmanın rolünü araştırmak için Mayıs 2015 - Şubat 2017 tarihleri arasında Güney Doğu Karadeniz'in Ünye-Ordu kıyılarında yürütülmüştür. Bu amaçla, teknik ve donam özellikleri aynı olan iki dip uzatma ağı seti oluşturulmuştur. Gruplardan birincisi yunus kovucuların takıldığı aktif grup, ikincisi yunus kovucu bulunmayan kontrol grubudur. Araştırmada, Future Oceans (70 kHz) marka yunus kovucular kullanılmıştır. Araştırma süresince, toplam 65 avcılık denemesinin sadece 3'ünde yunusların uzatma ağlarıyla etkileşime girdiği tespit edilmiştir. Ağlarla etkileşime giren yunusların sebep olduğu uzatma ağlarındaki delik sayısının, yunus kovucu takılan ağlarda kontrol ağlarına göre %36,3 daha az olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, mezgit balığı CPUE değeri, yunus kovucu bulunan ağlarda 2,01±0,23 kg km^{-1} s^{-1}, kontrol ağlarında ise 1,97±0,24 kg km^{-1} s^{-1}olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar, uzatma ağlarında yakalanan mezgit balığı miktarı üzerine yunus kovucu kullanımının olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Yunuslar, uzatma ağları, yunus kovucu, mezgit, *Merlangius merlangus*

Abstract: This study was conducted at the Unye-Ordu coasts of the South-eastern Black Sea, from May 2015 and February 2017, to investigate the frequency of dolphins-bottom gillnet fisheries interactions, the role of using acoustic deterrent in reducing the damage inflicted by the dolphins to the gillnets and to the fish caught in the gillnets. For this purpose, two gillnet sets with similar technical and equipment characteristics were prepared. While one of the groups had acoustic deterrent (active group), the other did not have acoustic deterrent (control group). In the study were used Future Oceans (70 kHz) deterrent. During the study, in only 3 of the 65 fishing trials have determined the interaction of dolphins with gillnets. It was determined that the number of holes in the gillnets caused by the dolphins was 36.3% less in the nets with acoustic deterrent than the control nets. On the other hand, the CPUE value of the whiting was estimated as 2.01 ± 0.23 kg km^{-1} s^{-1} in the gillnets with acoustic deterrent and 1.97 ± 0.24 kg km^{-1} s^{-1} in the control nets. These results showed that the use of acoustic deterrent does not have a negative effect on the catch of whiting caught in the gillnets.

Keywords: Dolphins, gillnets, acoustic deterrent, whiting, *Merlangius merlangus*

GİRİŞ

Deniz memelilerinin Cetacea takımına mensup olan yunusların, dünya denizlerinde ve tatlı sularında yaşayan 84 türü bulunmaktadır (Ballance, 2018). Ülkemizin Karadeniz kıyılarında bu yunus türlerinden Mutur olarak bilinen *Phocoena phocoena*, Afalina ya da şişe burunlu yunus olarak adlandırılan *Tursiops truncatus* ve Tırtak olarak bilinen *Delphinus delphis* yaşamaktadır.

Ülkemizde çevirme ağları ile 1870 yılından itibaren Karadeniz'de yunus avcılığı başlamış (Tonay, 2003), daha sonraki yıllarda devlet vatandaşlara silah ve kurşun destekleri vererek yunus avcılığını teşvik etmiştir. Fakat 1983 yılı itibari ile Türk karasularında yaşayan yunuslar koruma altına alınarak avlanması yasaklanmıştır. Bjørge vd. (1994)'nde, Türkiye'de avlanan yunusların %80'inin Mutur, %15-16'sının Tırtak ve %2-3'ünün Afalina olduğu bildirilmektedir (Tonay, 2010). Tonay (2010)'a göre Karadeniz'de 1984 ve 2006 yılları arasında 1484 yunusun tesadüfi olarak yakalandığı ve bunlardan %97'sinin Mutur, %2'sinin Afalina ve %1'inin Tırtak olduğu belirtilmiştir. Bu üç yunus türünün dünyadaki karşı karşıya oldukları tehlike durumları bakımından Uluslararası Doğal Kaynakların Korunması Birliği IUCN) tarafından sunulan kırmızı listede düşük riskli (LC) türler arasında yer aldıkları bildirilmektedir (IUCN, 2020). Ancak, bu yunus türlerinin ülkemizin Karadeniz kıyılarındaki stokları üzerine yakın geçmişte yapılmış bilimsel bir araştırma sonucu bulunmadığından, bu türlerin risk düzeyleri hakkındaki değerlendirmenin de güvenirliliği tartışılır. Türkiye'de; 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkındaki Tebliğ'e göre yunusların içsular dahil bütün sularımızda avlanması, toplanması, gemilerde bulundurulması, karaya çıkarılması, nakledilmesi ve satılması yasaktır (Resmî Gazete, 2016). Türkiye'de 1983 yılından beri tüm deniz memelilerinin avlanması yasak olup, su ürünleri kanunu ve ülkemizin taraf olduğu uluslararası antlaşmalar Barselona konvensiyonu ve buna bağlı alt protokollerle koruma altındadır (Enül, 2009). Ayrıca Avrupa Birliği Habitat

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Direktifi'nin ikinci ekinde 92/43/EEC); Afalina ve Mutur türlerinin korunması için özel koruma alanlarının gerekli olduğu vurgulanmıştır (Bayar, 2014).

Yunusların karşı karşıya bulundukları en büyük tehdit, uzatma ağlarında hedef dışı olarak yakalanmaktır (Bordino vd., 2002). Çünkü, uzatma ağlarına yakalanan yunuslar kazara yakalanmakta ve de büyük olasılıkla ölmekte (Radu vd., 2003) ya da balıkçılar tarafından öldürülmektedirler (Birkun, 2002). Çünkü ağa yakalanan yunuslar kurtulmak için çırpındığında ağları tahrip etmektedir. Tahrip edilen ağların tamiri ise zaman kaybına yol açmakta, bazı tahribatlar tamir edilemeyecek kadar büyük olabilmektedir. Bunun yanı sıra, yeterli besin bulamayan yunuslar, uzatma ağlarında yakalanan balıkları tüketerek ya da tüketmek isterken ağlara zarar vermektedir. Bu yaşananlar hem yunuslara hem de balıkçılara zarar vermektedir. Bu da balıkçılar arasında yunuslara karşı olumsuz bakış açısının oluşmasına neden olmaktadır. Gerek yunusların korunması gerekse balıkçıların karşılaştıkları mağduriyetin giderilmesi için bu canlıların uzatma ağlarından uzak tutulması gerekir. Bu amaçla dünyanın pek çok ülkesinde balıkçı ağlarında yunus kovucu kullanma mecburiyeti getirilmiştir. Ülkemizde ise şu ana kadar ne böyle bir zorunluluk getirilmiştir ne de başka bir önlem alınmıştır (Birkun, 2002). Yunuslar; beslendikleri canlıları bulmada, avlamada, korkutup sıkıştırmada, birbirleriyle haberleşmede ve benzeri yaşamsal faaliyetlerinde ultra seslerden faydalanırlar. Yani insan kulağının duyamadığı frekanstaki sesleri duyabilir ve üretebilirler. İşte yunusların ultra sesleri duyma özelliklerinden faydalanılarak, onların sevmediği ya da korktukları sesleri üreten cihazların ağlara takılmak suretiyle yunusların ağlara yaklaşmaları önlenmeye çalışılmaktadır. İngilizcesi "pinger" olarak bilinen bu cihazların İngilizce tam karşılığı "Acoustic Marine Mammal Deterrents" yani "Akustik Deniz Memelisi Uzaklaştırıcısı"dır (Goetz vd., 2015). ABD'de, Deniz Memelileri Koruma Yasası'nda deniz memelilerinin yakalanmasının önlenmesine yönelik ticari balıkçılıkla ilgili olarak 1994 yılında bazı düzenlemeler yapılmıştır (Geijer ve Read, 2013). Bu önlemlerden birisi de 28 Ekim 1997 tarihinde uygulanmaya başlanan ticari avcılıkta yunus kovucuların kullanılma zorunluluğudur (Barlow ve Cameron, 2003). Avrupa Birliği sularında deniz memelilerinin balık ağlarıyla etkileşimini azaltmak amacıyla 812/2004 sayılı Konsey Tüzüğü uyarınca, belirli balıkçılık alanlarında (İspanya ve Portekiz Atlantik suları da dahil) kullanılan uzatma ağları ve sürüklenen ağlarda yunusların yakalanmasını engelleyici yunus kovucuların kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Bu uygulama, 2004 yılından beri sürmektedir (Goetz vd., 2015). Deniz memelileri tarafından gerçekleştirilen depredasyon olayları esnasında, yunuslar tarafından genellikle av araçlarına zarar verilmesi, yakalanan balıkların hasar görmesi veya çalınması avın miktarının ve ekonomik değerinin düşmesine ve balıkların dağılmasına, dolayısıyla potansiyel yakalanma olasılığının düşmesine sebep olabilirler (Buscaino vd., 2009; Cruz vd., 2014). Bu da balıkçıların yunuslara karşı düşmanlık sergilemesine yol açmaktadır.

Ülkemizin Karadeniz kıyı balıkçıları arasında da yunuslara karşı aşırı bir tepki söz konusudur. Bu tepkinin oluşmasına neden olan yunusların balıkçı ağlarına verdikleri zararın boyutu hakkında yeterli bilimsel araştırma sonucu bulunmamaktadır. Güney Doğu Karadeniz'in Ünye-Ordu kıyılarında yapılan bu araştırma ile dip uzatma ağı ile yunuslar arasındaki etkileşimin sıklığı belirlenmeye çalışılmış, dip uzatma ağlarına (mezgit ağları) ve bu ağlarda yakalanan balıklara yunuslar tarafından verilen zararın azaltılmasında akustik cihaz kullanımının etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırma sahası

Bu araştırma, Karadeniz'in Ordu ili Ünye ilçesi kıyılarında (41°06'- 41°10'N, 37°17'- 37°24' E) yürütülmüştür (Şekil 1). Araştırma sahasının derinliği mevsimlere göre önemli farklılıklar göstermiştir. Yüzey suyu sıcaklığı 5°-27°C arasında değişen araştırma sahasında ortalama yüzey suyu sıcaklığı 16,9°C olarak belirlenmiştir.

Şekil 1. Araştırma sahası [Δ: Aktif ağlar (yunus kovuculu ağlar), □: Kontrol ağları (yunus kovucusuz ağlar)]
Figure 1. Study area [Δ: Active nets [gillnets with acoustic deterrent], □: control nets (gillnets without acoustic deterrent)]

Sade uzatma ağları

Araştırmada, ticari olarak mezgit avcılığında kullanılmakta olan ağlara benzer özellikte sade uzatma ağları kullanılmıştır. Bu ağların bazı teknik ve donam özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Yunus kovucu (Akustik pinger)

Araştırmada, 2009 yılında Duke Üniversitesi'nden ABD'li araştırmacılarla birlikte çalışan Future Oceans şirketinin tasarladığı ve üretimini yaptığı 70 kHz'lik yunus kovucular kullanılmıştır (Şekil 2). Kullanılan yunus kovucuların özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Suya girdikten sonra aktif hale gelen bu yunus kovucuların üzerinde yanan yeşil led ışık cihazın çalıştığını, kırmızı led ışık ise pil şarjının bittiğini ve çalışmadığını göstermektedir. Günde 12 saat kullanılması halinde bu cihazların pilleri 12 ay dayanabilmektedir.

Tablo 1. Araştırmada kullanılan uzatma ağlarının teknik ve donam özellikleri
Table 1. Technical and equipment characteristics of the gillnets used in the study

Göz açıklığı (mm)	**32**	**33**	**34**
Materyal	Multifilament	Multifilament	Multifilament
Kalınlık	110 d/2	110 d/2	110 d/2
Yükseklik (Göz sayısı)	50	50	50
Donam ipliği			
Materyal	PA	PA	PA
Çap	210 d/9	210 d/9	210 d/9
Yüzdürücü yaka halatı			
Materyal	PP	PP	PP
Çap (Ana halat, mm)	3,5	3,5	3,5
Çap (Güngörmez, mm)	3,5	3,5	3,5
Uzunluk (m)	86	87	89
Donam sayısı	781	756	741
Donam uzunluğu (cm)	11	11,5	12
Bir donamdaki göz sayısı	6	6	6
Donam faktörü	0,57	0,58	0,59
Yüzdürücüler			
Materyal	PVC	PVC	PVC
Büyüklük	3	3	3
Yüzdürücü sayısı	130	126	124
Kurşun yaka halatı			
Materyal	PP	PP	PP
Çap (Esas halat, mm)	3,5	3,5	3,5
Çap (Güngörmez, mm)	3,5	3,5	3,5
Uzunluk (m)	86	87	89
Donam uzunluğu (cm)	11	11,5	12
Donamdaki ağ gözü sayısı	6	6	6
Kurşun ağırlığı (g)	40	40	40
Kurşun sayısı	156	151	148
Donam faktörü (E)	0,57	0,58	0,59

Şekil 2. Denemelerde kullanılan yunus kovucular
Figure 2. Acoustic deterrents used in the trials

Tablo 2. Yunus kovucuların (Future Oceans (70 kHz)) özellikleri (Anonim, 2017)
Table 2. Features of acoustic deterrent (Future Oceans (70 kHz)) (Anonim, 2017)

Yunus kovucu özellikleri	Future Oceans 70 kHz
Kaynak seviyesi	145 dB
Ana frekans	70 kHz
Pals (Atış) süresi	300 ms
İki pals arasındaki süre	4 sn
İki yunus kovucu arası mesafe	100 m (tavsiye edilen)
Derinlik oranı	1400 metre (4700 ft)
Basınç oranı	2200 PSI
Yunus kovucu uzunluğu	150 mm/ 5,9 inç
Yunus kovucu çapı	44 mm/ 1,7 inç
Yunus kovucu ağırlığı	50 gram/2 ons su
Yunus kovucu materyali	CNC işlenmiş
Yunus kovucu pili	Future Oceans Lityum İyon Pil
Garanti süresi	12 ay

Dört adet yunus kovucu, 400 m uzunluğundaki uzatma ağının, 50'nci m'sinden başlanmak suretiyle 100'er m aralıklarla (50., 150., 250. ve 350. m) mantar yakasına bağlanmıştır ve bu ağlar "aktif ağ grubu" olarak isimlendirilmiştir. Benzer özelliklerde hazırlanan bir diğer 400 m uzatma ağı da "kontrol grubu" olarak nitelendirilmiştir.

Metot

Araştırmanın denemeleri Mayıs 2015-Şubat 20107 tarihleri arasında kiralanan 28 HP motora sahip 6,7 m uzunluğunda bir balıkçı teknesi ile gerçekleştirilmiştir. Deneme ağları, yaz mevsiminde gece yarısından sonra (saat 02:00 civarı) denize bırakılmış, sabah erken saatlerde (saat 07:00 civarı) denizden kaldırılmıştır. Ağlar; Mayıs-Kasım ayları arasında 4-6 saat, Kasım-Mayıs ayları arasında ise 24 saat denizde bırakılmıştır. Kontrol grubu ağların yunus kovucudan etkilenmemesi için iki ağ grubu arasında en az 200 m mesafe bırakılmıştır. Ağların atıldığı tarih, derinlik, koordinat ve denizde kalma süresi ve su sıcaklığı kaydedilmiştir. Su sıcaklığı ve denemelerin yapıldığı derinlik araştırma için kiralanan balıkçı teknesinin Garmin 200 marka balık bulucu cihazı ile ölçülmüştür. Bu çalışmada aktif grup ve kontrol grubu ağlarıyla avlanan balık türlerinin miktarları kaydedilmiştir.

Ağ gruplarında yakalanan balık türlerinin (CPUE, Catch Per Unit Effort) değerleri Burke (2004) ve Gönener ve Özdemir (2012)'de belirtilen formül ile hesaplanmıştır:

$$CPUE = TA/AZ*AS$$

Bu formülde yer alan; CPUE, Birim çabadaki av miktarını (kg $km^{-1}s^{-1}$); TA, Toplam avın miktarını (kg); AZ, Ağın uzunluğunu (km); AS, Avlanma süresini (saat), ifade eder.

Ağ grupları için hesaplanan balık türlerinin CPUE değerleri karşılaştırılmış, yunus kovucuların hedef türün (mezgit) avcılığı üzerine etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Ağ grupları için hesaplanan CPUE değerleri arasındaki fark *t*-testi ile karşılaştırılmıştır.

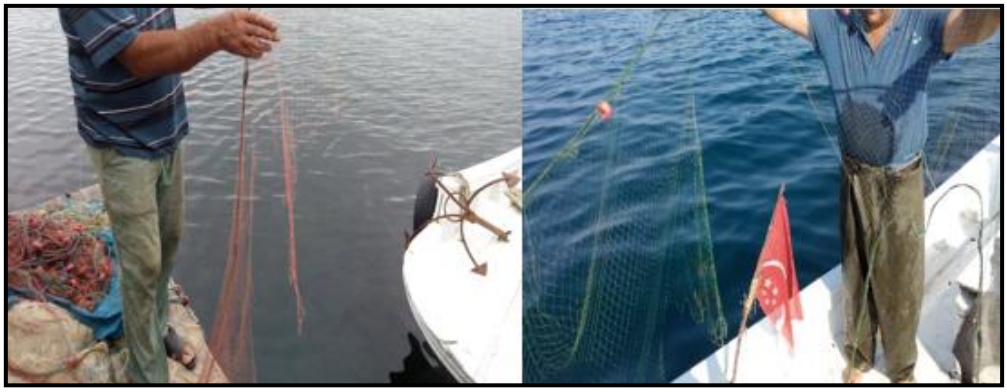
Depredasyon (yağmalama)'nun tespiti

Ağlardaki balık kayıpları, yunusların neden olduğu balık kayıplarının olup olmadığı Read vd. (2004) tarafından belirtilen karakteristik özellikler dikkate alınarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Read vd. (2004)'nde, yırtıcıların uzatma ağlarındaki balıklara hasar vermesi veya yağmalamasının belirlenmesi, yunusların tahribatı, başları eksik olan, farklı diş izlerine sahip balıklarla veya sadece başı kalmış olan balıklarla karakterize şeklinde ifade edilmiştir. Vatozların tahribatı ise kenarları boyunca soyulan balık derisi ile peltemsi kenarları olan kavisli bir ısırık deseni ile karakterizedir. Ancak, yapmış olduğumuz avcılık denemelerinde depredasyon gözlenmemiştir.

Ağlardaki delik ve hasarların tespiti

Ünye'deki balıkçılar tarafından, uzatma ağlarına verilen zararlardan yunuslar ve vatozlar sorumlu tutulmaktadır. Ağlarda yunusların açmış oldukları delikler vatozların açmış oldukları deliklere göre hem daha büyük hem de kopardıkları ağ gözü ipliklerinde fitil şeklinde karakteristik yapılar gözlenmektedir. Aktif grup ve kontrol grubu ağlarda yunusların verdikleri zararlar, Gazo vd. (2008)'nda belirtilen yöntemle ağ üzerinde deliklerin büyüklükleri ölçülerek belirlenmiştir. Gönener ve Bilgin (2007)'nde belirtildiği gibi, ağlarda tespit edilen deliklerden 20 cm'den büyük olanlar ile ağ gözü ipliklerinde oluşan filizlenme şeklindeki karakteristik yıpranmaların ve fitil şeklinde oluşan yapıların yunuslar tarafından açılan delik olduğu varsayılmıştır.

Yunusların sebep olduğu ekonomik hasar (ED), Lauriano vd. (2004) tarafından önerilen ED= L x I x F x D x P eşitliği ile belirlenmiştir. Eşitlikte yer alan; ED, ekonomik zarar (TL); L, her km ağdaki hedef türün ortalama av kaybı; I, günlük kullanılan ortalama ağ uzunluğu (km); F, yunuslar ile ağları arasındaki etkileşim frekansı (yunusların ağlarla teması); D, bir sezondaki ortalama avlanma günü sayısı; P, hedef türün ticari fiyatını (TL kg^{-1}), ifade eder.



Şekil 3. Uzatma ağlarında yunusların sebep olduğu delikler
Figure 3. Holes caused by dolphins in the gillnets

Aynı dönemde balıkçılarla görüşmeler yapılarak, her bir balıkçı teknesinin ne kadar uzatma ağı kullandığı, yılda kaç gün avcılık yaptığı belirlenmeye çalışılmıştır.

BULGULAR

Araştırma süresince toplam 65 avcılık denemesi yapılmıştır. Bu denemelerin aylara göre dağılımı, yakalanan balık türleri ve yunuslarla etkileşim sayıları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Aylara göre deneme sayıları, yakalanan balık türleri [mezgit (*Merlangius merlangus*), barbunya (*Mullus barbatus*), izmarit (*Spicara smaris*) ve istavrit (*Trachurus mediterraneus*)] ve yunuslar ile ağlar arasındaki etkileşim durumu

Table 3. According to months, trial numbers, fish species caught [whiting (*Merlangius merlangus*), red mullet (*Mullus barbatus*), ve picarel (*Spicara smaris*) and mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*)] and the interaction of dolphins with gillnets

Denemeler	Deneme sayısı	Yakalanan balık türleri	Yunuslarla etkileşim
Mayıs 2015	1	Mezgit, Barbunya, İzmarit	
Temmuz	***3***	***Mezgit***	✔
Ağustos	2	Mezgit	
Eylül	***3***	***Mezgit***	✔
Ekim	3	Mezgit, Barbunya	
Kasım	3	Mezgit, Barbunya, İstavrit	
Aralık	3	Mezgit, Barbunya	
Şubat 2016	3	Mezgit	
Mart	2	Mezgit, Barbunya, İzmarit	
Nisan	3	Mezgit, Barbunya, İzmarit	
Mayıs	4	Mezgit	
Haziran	3	Barbunya	
Temmuz	7	Mezgit	
Ağustos	***4***	***Mezgit***	✔
Kasım	15	Mezgit	
Aralık	2	Mezgit	
Ocak 2017	3	Mezgit	
Şubat	1	Mezgit	

Av kompozisyonu

Araştırmada süresince yunus kovuculu ağlarla (aktif ağlar) 458,3 kg, kontrol ağları ile 449,0 kg balık avlanmıştır. Avlanan balıkların yunus kovucu ağlarda %94,71'i, kontrol ağlarında ise %94,98'i mezgit balığıdır. Yakalanan diğer balık türlerinden barbunya ve izmaritin oranları sırasıyla yunus kovuculu ağlarda %4,91 ve %0,37, kontrol ağlarında ise %4,52 ve %0,49'dur. Bu üç balık türü dışında yunus kovuculu ağlarda istavrit balığı da yakalanmıştır. Bu türün toplam av içerisindeki oranı ise sadece %0,02'dir (Tablo 4).

Tablo 4. Aktif ağlar (yunus kovuculu uzatma ağları) ve kontrol ağlarında (yunus kovucusuz uzatma ağları) yakalanan balık türlerinin miktarları ve oranları

Table 4. Catch amounts and ratios of fish species caught in the active nets (gillnets with acoustic deterrent) and the control nets (gillnets without acoustic deterrent)

Balık türü	Aktif ağ (kg)	%	Kontrol ağı (kg)	%
Mezgit	434,0	94,71	426,5	94,98
Barbunya	22,5	4,91	20,3	4,52
İzmarit	1,7	0,37	2,2	0,49
İstavrit	0,1	0,02	0	0
Toplam	458,3	100,0	449,0	100,0

CPUE

Araştırmada yakalanan balık türlerinin CPUE değeri, yunus kovuculu ağlarda 2,04 kg $km^{-1}s^{-1}$, kontrol ağlarında 1,99 kg $km^{-1}s^{-1}$ olarak tespit edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Aktif ağlarda ve kontrol ağlarında yakalanan balık türlerinin CPUE miktarları

Table 5. CPUE values of fish species caught in the active nets and the control nets

Türler	Aktif ağ grubu CPUE (kg $km^{-1}s^{-1}$)	Kontrol grubu CPUE (kg $km^{-1}s^{-1}$)	P
Mezgit	2,01	1,97	0,26
Barbunya	0,89	0,77	0,11
İzmarit	0,29	0,39	0,21

Birbirine oldukça yakın olan iki ağ grubu için hesaplanan balık türlerinin CPUE değerleri arasındaki farklar istatistiki olarakta önemsiz (*t*-testi, P>0.05) bulunmuştur. Hedef tür olan mezgit balığının, yunus kovuculu ağlardaki CPUE değeri (2,01 kg $km^{-1}s^{-1}$), kontrol ağlarına (1,97 kg $km^{-1}s^{-1}$) göre azda olsa yüksek ise de aralarındaki farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu anlaşılmaktadır.

Yunusların CPUE üzerine etkisi

Yunusların uzatma ağlarıyla etkileşime girdikleri üç denemede de sadece mezgit balığı yakalanmıştır. Bu denemelerde, yunus kovuculu ağlarda yakalanan toplam mezgit avı miktarı 10.727 g iken, kontrol grubu ağlarda 8.821 g'dır. Mezgit balığının CPUE değeri, yunus kovuculu ağlarda 1,90 kg $km^{-1}s^{-1}$, kontrol ağlarında 1,54 kg $km^{-1}s^{-1}$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Yunuslar ile uzatma ağları arasında etkileşimin olup (3) olmama (62) durumuna göre aktif ağlarda ve kontrol ağlarında yakalanan balık türlerinin ortalama CPUE değerleri

Table 6. According to whether there is (3) and not (62) interaction between dolphins and gilllnets, average CPUE values of fish species caught in the active nets and the control nets

Etkileşim durumu	Yakanan balık türü	Aktif ağ grubu CPUE (kg $km^{-1}s^{-1}$)	Kontrol grubu CPUE (kg $km^{-1}s^{-1}$)	P
Etkileşim var	Mezgit	1,90	1,54	0,04
Etkileşim yok	[Mezgit+Barbunya İzmarit]	2,04	2,01	0,29

Bu iki ağ grubunda yakalanan balık miktarları arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur (*t*-testi, P=0,04). Bir başka ifadeyle, yunuslar ile etkileşimin gerçekleştiği avcılık çalışmalarında dip uzatma ağlarına yunus kovucu takılı olması halinde yakalanan balık miktarı yunus kovucu takılı olmayan ağlara göre önemli miktarda daha fazla olacaktır. Yunusların ağlar ile etkileşime girmediği tespit edilen 62 denemede ise yunus kovuculu ağlarda 447,6 kg balık yakalanırken, kontrol ağlarında toplam 440,1 kg balık yakalanmıştır. Yakalanan balıkların CPUE değeri ise yunus kovuculu ağlarda 2,04 kg $km^{-1}s^{-1}$ iken, kontrol ağlarında 2,01 kg $km^{-1}s^{-1}$ olduğu belirlenmiştir. Bu iki ağ grubunda yakalanan balıkların CPUE değerleri arasındaki farkında istatistiki olarak önemsiz olduğu saptanmıştır (*t*-testi, P=0,29).

Uzatma ağlarında hasar ve depredasyon

Yunusların kontrol ağların yanısıra yunus kovuculu ağlara da zarar verdiği saptanmıştır. Ancak, yunus kovuculu ağlara yunusların verdiği zararın kontrol ağlarına göre çok daha az olduğu tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde sonucunda toplam delik sayısının %61,1'inin kontrol ağlarında, %38,9'unun yunus kovuculu ağlarda olduğu görülmüştür (Tablo 7).

Tablo 7. Büyüklük grublarına göre, aktif ağlar ve kontrol ağlarında tespit edilen deliklerin sayıları ve oranları

Table 7. According to the size groups, the numbers and ratios of holes detected in the active nets and the control nets

	Aktif grup		Kontrol grubu		
Delik büyüklüğü (cm)	Delik sayısı	%	Delik sayısı	%	Toplam
<100	45	51,1	43	48,9	88
100-150	12	21,8	43	78,2	55
150-200	18	42,9	24	57,1	42
>200	11	30,6	25	69,4	36
Toplam	86	38,9	135	61,1	221

Yunuslar tarafından ağlara verilen tahribatların yani ağlarda oluşan yırtılmaların (delik) uzunluk bakımından, yunus kovuculu ağlar ile kontrol ağları karşılaştırıldığında, toplam delik uzunluğunun %63,9'unun konrtol ağlarında, %36,1'inin yunus kovuculu ağlarda meydana geldiği anlaşılmaktadır (Tablo 8).

Tablo 8. Denemelere göre, aktif ağlar ve kontrol ağlarında tespit edilen deliklerin uzunlukları ve oranları

Table 8. According to trials, lengths and ratios of holes detected in the active nets and the control nets

	Aktif grup		Kontrol grubu		
Deneme	Delik uzunluğu (m)	%	Delik uzunluğu (m)	%	Toplam
Temmuz (2015)	1,8	19,1	7,7	80,9	9,6
Eylül (2015)	12,7	47,7	13,9	52,3	26,6
Ağustos (2016)	123,0	35,7	221,5	64,3	344,5
Toplam	137,5	36,1	243,1	63,9	380,6

Temmuz (2015) ve Ağustos (2016)'da gerçekleşen yunuslar ile ağlar arasındaki etkileşimlerde kontrol ağlarındaki deliklerin uzunluğu yunus kovucu ağlara göre çok daha fazla iken, Eylül (2015)'de gerçekleşen etkileşim sonucunda ağ gruplarında tespit edilen delik uzunluklarının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.

Ekonomik zarar

Araştırmada 2015 yılında 18, 2016 yılında 43 ve 2017 yılında 4 deneme yapılmıştır. Bu süreç içerisinde yunusların sadece 25 Temmuz 2015, 20 Eylül 2015 ve 19 Ağustos 2016 aylarında yapılan denemelerde hem yunus kovuculu hem de kontrol ağlarıyla etkileşime girdikleri tespit edilmiştir. Aynı dönemde uzatma ağı ile mezgit avcılığı yapan balıkçılar ile

yapılan görüşmelerde, her bir balıkçı teknesinin yaklaşık 900'er m uzunluğunda ağ kullandığı tespit edilmiştir. Bir sezonda, her bir balıkçı teknesinin ortalama 150 gün avcılık yaptığı belirlenmiştir.

Mezgit, barbunya, izmarit, istavrit balıklarının fiyatları 2015 yılında sırasıyla 10, 15, 5 ve 7,5 TL kg^{-1}', 2016 yılında ise 12, 20, 7,5 ve 10 TL kg^{-1}' dır (Turan, 2017). Mezgit ağları ile yakalanan ticari balık türleri için yapılan hesaplamalar sonucunda, bölgede tekne başına düşen toplam kaybın 2015 yılı için sırayla 219,8 TL, 2016 yılı için 25,9 TL olduğu belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Dip uzatma ağlarında **y**unus kovucu kullanılmamasının sebep olduğu tekne başına ekonomik kayıp miktarları (ED)

Table 9. Economic loss per boat caused by not using acoustic deterrent in bottom gillnets (ED)

Yıl	Türler	L (kg km^{-1})	I (km)	F	D (gün)	P (TL kg^{-1})	ED (TL)
2015	Mezgit	0,225	0,9	0,11	150	10	33,4
	Barbunya	0,659	0,9	0,11	150	15	146,8
	İzmarit	0,05	0,9	0,11	150	5	3,7
	İstavrit	0,322	0,9	0,11	150	7,5	35,9
2016	Mezgit	0,318	0,9	0,02	150	12	10,3
	Barbunya	0,57	0,9	0,02	150	20	30,8
	İzmarit	-0,75	0,9	0,02	150	7,5	-15,2

Çalışma boyunca (62 deneme) hedef türdeki ekonomik kaybın yunus kovuculu ağlarda 128,2 TL, kontrol ağlarında ise 145,4 TL olduğu saptanmıştır. Yunusların mezgit ağlarıyla etkileşime girdiği üç denemedeki toplam kayıp ise 20,6 TL'dir.

TARTIŞMA

Karadeniz'de yapılan uzatma ağı ile balıkçılıkta, yunusların ağlarda yakalanmaları ya da ağları parçalamaları sık karşılaşılan bir durumdur. Bu durum, uzatma ağı balıkçılarının da en çok şikâyetçi oldukları husustur. Ancak, Güney-doğu Karadeniz'in Ünye kıyılarında yapmış olduğumuz bu araştırmada süresince yapmış olduğumuz 65 avcılık denemesinin sadece üçünde (%4,62) yunusların uzatma ağlarıyla etkileşime girdiklerinin tespit edilmiştir. Yani etkileşim sıklığının oldukça düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bunda yunus kovucuların, bazı balıkçılar tarafından da ifade edildiği gibi, bölgeden uzaklaştırıcı etkisinin olup olmadığı bilinmemektedir. Aynı sahada avcılık yapan balıkçılarla yapılan görüşmelerde, bizim yunus kovucu kullanmaya başladığımız araştırmanın başlamasıyla birlikte, yunusların kendi ağlarına da daha az zarar vermeye başladığını ifade etmişlerdir. Diğer taraftan, konuyla ilgili yapılan araştırmalardan akustik cihaz kullanılarak yunusların ağlardan uzun mesafeli uzaklaştırmanın mümkün olmadığı anlaşılmaktadır. Stone vd. (1997)'nde, akustik cihazların yunusları büyük alanlardan uzaklaştırmadığını ifade edilmektedir. Kastelien vd. (2007)'ne göre, yunuslar çevrelerindeki antropojenik gürültüden rahatsızlık duyarlar ve yoğun sesler, negatif yönde işitsel ve davranışsal etkilere neden olabilir. Gordon ve Northridge (2002)'de, yunusların aktif bir yunus kovucuya 2 ile 3 metre arasında maruz kalması halinde, işitme hasarı yaşayabilecekleri belirtilmektedir (Franse, 2005). Akustik cihazlar, sadece yunuslarda işitme kaybına neden olmamakta ya da onların yaşam alanlarından uzaklaştırılmasını sağlamamaktadır. Aynı zamanda diğer deniz faunasını da rahatsız edebilecek akustik kirlenmelere de neden olabilmektedir (Kastelien vd., 2007; Gönener ve Özdemir, 2012).

Deniz memelilerinin antropojenik seslerden kaçınma (Schakner ve Blumstein, 2013) özelliklerinden yararlanılarak yunuslar ile balıkçılar arasındaki çatışmanın ortadan kaldırılması için bazı av araçlarında yunus kovucular kullanılmaktadır. Ancak bu konuda farklı araştırma sonuçları bulunmaktadır. Örneğin; Kraus vd. (1997), Trippel vd. (1999), Gearin vd. (2000), Larsen vd. (2013), Gönener ve Bilgin (2009), Larsen ve Eigaard (2014)'nda mutur, Barlow ve Cameron (2003)'da tırtak ve Bordino vd. (2002)'nda *Pontoporia blainvillei* türü yunusların uzatma ağlarında hedef dışı yakalanma oranlarının azaltılmasında yunus kovucu kullanımının olumlu sonuçlar verdiği bildirilmektedir. Bunların aksine bazı çalışmalarda ise hedef dışı avcılıkta etkili olmadığı, hatta afalina türü yunusların yunus kovuculara karşı saldırgan davrandıkları ve yunus kovuculu ağlara tekrar tekrar saldırdıkları belirtilmektedir (Cox vd., 2003; Morizur vd., 2009; Ayadi vd., 2013). Daha önce yapılmış birçok araştırmada elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı üzere, bizim araştırmamızda kullanılan yunus kovuculu ağların yaklaşık 200 metre uzağında yer alan kontrol ağlarıyla da yunusların etkileşime girmemiş olması Ünye kıyılarında bulunan yunus sayısı ya da yunus hareketliğinin oldukça sınırlı olduğunu göstermektedir.

Araştırmada kullanılan yunus kovucuların, dip uzatma ağlarında yakalanan balık türlerinin av miktarları üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Daha önce yapılmış bir çok araştırmada da yunus kovucu kullanımının hedef türün avlanma miktarını etkilemediği ortaya konmuştur (Trippel vd., 1999; Bordino vd., 2002; Carlström vd., 2009; Barlow ve Cameron, 2003; Cox vd., 2003; Northridge vd., 2003; Burke, 2004; Brotons vd., 2008; Gazo vd., 2008; Buscaino vd., 2009; Mangel vd., 2013; Waples vd., 2013; Larsen ve Eigaard, 2014; Goetz vd., 2015). Diğer taraftan, yunusların uzatma ağlarıyla etkileşime girdiği tespit edilen denemelerde ise, yunus kovuculu ağlarda yakalanan balık miktarının (sadece mezgit yakalanmıştır) kontrol ağlarında yakalanan balık miktarından %17,8 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kraus vd. (1997) tarafından ringa balığı avcılığı üzerine yapılan çalışmada, yunus kovucu ağlarda kontrol ağlarına göre daha düşük av elde edildiği bildirilirken, Culik vd. (2001) daha yüksek av bildirmiştir. Ayadi vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise yunus kovuculu ağlarda CPUE'un %22 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

Karadeniz'de yapılan çalışmalarda ise hedef tür olan kalkan (Gönener ve Bilgin, 2009) ve barbunya (Gönener ve Özdemir, 2012) balıklarının avlanma miktarını etkilemediği ve yunus kovuculu ağlarda kontrol ağlarına göre daha fazla balık yakalandığı bildirilmektedir (Gönener ve Bilgin, 2007). Yunus kovucu cihazların, kalkan ağı gibi daha büyük gözlü uzatma ağlarında kullanılması halinde çok daha farklı sonuçlar elde edilebilir. Çünkü, yunus kovucuların verimliliği test edilen alanlara ve türlere göre farklılık göstermektedir (López ve Mariño, 2011; Kastelien vd., 2006). Bizim çalışmamızda da yunuslar ile ağlar arasında etkileşimin olmadığı denemelerde yunus kovucu kullanımının mezgit balığı avcılığını etkilemediği ve hatta kontrol ağlarına göre yunus kovuculu ağlarda elde edilen CPUE miktarının az da olsa daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Yunuslar ile ağlar arasında etkileşimin olduğu denemelerde edilen mezgit balığı av miktarları ise, Güney-doğu Karadeniz kıyılarında birçok balık türünün avlanmasını sağlayan mezgit ağlarında yunus kovucu kullanmanın av verimini artırdığını ortaya koymuştur. Elde edilen av miktarı bakımından yunus kovuculu ağlar ile kontrol ağları arasındaki farkın, yunus kovucu bulunan ağlara yunusların daha az vermesi ve ağlarda yakalanan balıklarda daha az predasyon gerçekleşmiş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yunuslar tarafından gerçekleştirilen depredasyonların sonucu olarak ağların parçalandığı ve üzerinde delikler oluştuğu bilinmektedir. Balıkçılar için, ağlarda oluşan deliklerin onarılması ekstra bir işgücü, yeni ağların satın alınması da ilave bir masraf gerektirmektedir. Bu çalışmada, yunus kovuculu ağlarda kontrol ağlarına göre %36,3 daha az delik olduğu belirlenmiştir. Yunusların ağlara vermiş oldukları tahribat açısından yapılan değerlendirmede ise, kontrol ağlarında oluşan delik sayısının %57, delik uzunluğunun ise %44,5 oranında yunus kovuculu ağlardan daha fazla olduğu saptanmıştır. Gönener ve Özdemir (2012) tarafından Karadeniz'de (Sinop) yapılan çalışmada ise kontrol ağlarında yunus kovucu kullanılan ağlara göre %82,5 daha az delik oluştuğu tespit edilmiştir. Bazı Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarda da yunus kovucu kullanımının ağlardaki delik sayısının azaltılmasında etkili olduğu bildirilmektedir. Örneğin; yunus kovucu kullanılan ağlardaki delik sayısının kontrol ağlarına göre Northridge vd. (2003)'nda %76, Gazo vd. (2008)'nda %87, Buscaino vd. (2009)'nda %31 oranında daha az olduğu belirtilmektedir. Fakat Ayadi vd. (2013)'nın çalışmasında kontrol ağlarına göre yunus kovuculu ağlarda daha fazla delik olduğu ifade edilmektedir. Araştırma sonuçları arasındaki farkın, üzerinde çalışılan yunus türlerinin ve kullanılan yunus kovucuların farklı olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Yunuslar, uzatma ağlarında hedef dışı av olarak yakalanarak kendilerine vermiş oldukları zararın yanısıra, uzatma ağlarında yakalanan balıkları ısırmak veya koparmak suretiyle avın miktarına ve kalitesine de zarar verebilmektedir. Brotons vd. (2008), Gazo vd. (2008) ve Buscaino vd. (2009) tarafından yapılan çalışmalarda, yunuslar tarafından gerçekleştirilen depredasyonun azaltılmasında yunus kovucuların etkili olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan Cox vd. (2003), Burke (2004), López ve Mariño (2011) tarafından yapılan çalışmalarda afalina türü yunuslar ve Cruz vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada *Grampus griseus* türü yunuslar üzerinde yunus kovucu cihazların etkili olmadığı saptamıştır. Bizim çalışmamızda ise hem aktif ağlarda hem de kontrol ağlarında yunuslar tarafından ısırılmış veya koparılmış balık gözlenmemiştir. Ancak, Gönener ve Bilgin (2007) Karadeniz'de (Sinop) yapmış oldukları çalışmada, yunusların ağlardaki balıkları ısırarak aldığı ve balığın baş kısmının ağda kaldığını ifade etmişlerdir. Karadeniz'in birbirine yakın iki farklı bölgesinde yapılan çalışmalar arasındaki farkın habitat, araştırma yılı ve kullanılan yunus kovucu özelliklerindeki farklılıklardan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Ekonomik zararın azaltılmasında yunus kovucu kullanımının etkisinin araştırıldığı bazı araştırmalarda bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, ağlarda yunus kovucu kullanılmaması halinde balıkçıların; Sardunya (İtalya) Adası'nda ortalama 1168 Euro yıl^{-1} (Lauriano vd., 2004) ve Egadi (İtalya) Adası'nda 1400 Euro yıl^{-1}, Balear (İspanya) Adalarında 1094 Euro yıl^{-1} ekonomik kaybın olacağı hesaplanmıştır. Ülkemizde ise Gönener ve Özdemir (2012)'in Sinop kıyılarında yaptıkları çalışmada ise, her bir teknenin 2191,72 TL yıl^{-1} kaybının olacağı belirtilmektedir. Gönener ve Özsandıkçı (2019)'nın Sinop Liman bölgesinde yapmış oldukları araştırmada da Güney-doğu Karadeniz kıyılarında mezgit ağlarıyla yapılacak avcılıkta yunus kovucu cihazların kullanılması çok fazla bir ekonomik avantaj sağlamayacağı ifade edilmektedir. Bizim çalışmamızda ise bu kaybım miktarı 123 TL yıl^{-1} tekne^{-1} olarak hesaplanmıştır. Bu iki çalışma arasındaki farkın sebebi, bizim yaptığımız çalışmada yunuslar ile ağlar arasındaki etkileşimin çok az sayıda gerçekleşmiş olmasıdır. Ayrıca, ekonomik kayıp üzerinde araştırma sahasında elde edilen av veriminin etkisi de oldukça yüksektir.

Yunus kovucu cihazların, yunuslar üzerindeki etki düzeyinin yanısıra dayanıklılık ve kullanım kolaylıkları da önemlidir. Bizim araştırmamızda da kullanılan ve piyasada yaygın olarak kullanılan *Future Ocean* marka yunus kovucular dayanıklıdır ve genellikle uzun pil ömrüne sahiptir (Mangel vd., 2013).

Ülkemizde yapılan çalışmalarda habitat dışlanması, alışkanlık ve akşam yemeği çanı gibi yunus kovucuların yan etkileri gözlenmemiştir. Ancak denizlerimizde balıkçılar tarafından kullanılan yunus kovucularla, bu cihazın çıkardığı sese yunusların zamanla alıştığı ve ağlara daha fazla zarar verdiği belirtilmiştir (Gönener, 2017). Waples vd. (2013)'ne göre, yunuslar alarma alışabilir ya da alarm sesini ağın varlığıyla ilişkilendirilmesini öğrenebilir ve bu da hem yunuslar hem de balıkçılar için olumsuz sonuçlar doğurabileceği bir 'akşam yemeği çanı' etkisi yaratabilir. Cox vd. (2003) ve Carlström vd. (2009)'nde de benzer bilgiler yer almaktadır.

Olesiuk vd. (2002)'da alışkanlığın yunusların aylar ya da yıllar boyunca sese maruz kalırsa geçekleşebileceğini belirtmektedir (Monterio-Neto vd., 2004). Carretta ve Barlow (2011) tarafından Kaliforniya'da yapılan çalışmada ise 14 yıl boyunca alışkanlık gözlemlenmemiştir. Güney-doğu Karadeniz kıyılarında yapılan bu çalışmada, yunuslar ile ağlar arasında gerçekleşen en son etkileşimde oluşan hasarların, ilk iki etkileşime göre daha fazla olması alışkanlığa işaret edebilir. Fakat daha sonraki denemelerde etkileşimin hiç olmaması bu görüşü zayıflatmaktadır.

Sonuç olarak, Güney-doğu Karadeniz'in Ünye kıyılarında yunuslar ile dip uzatma ağları arasında çok seyrek etkileşim olmaktadır. Mezgit ağlarında yunus kovucu kullanmanın, balık türlerinin av miktarında azaltıcı bir etkisi bulunmamaktadır. Yunuslar ile mezgit ağları arasında etkileşimin olduğu avcılıkta, yunus kovucu kullanılan ağlarda elde edilen avın miktarı yunus kovucusuz ağlara göre %17,8 daha fazla olacaktır. Yunusların dip uzatma ağlarına vermiş oldukları tahribat, yunus kovucu kullanılması halinde yaklaşık %50 azalacaktır. Son söz olarak, yunuslar ile mezgit ağları arasında etkileşimin çok seyrek olması nedeniyle ağlarda yunus kovucu kullanılmak gereksizdir. Ancak, yunuslar ile uzatma ağları arasındaki etkileşimin artması halinde mezgit ağlarında yunus kovucu kullanmanın hem elde edilen avı artıracak hem de ağların daha az zarar görmesini sağlayacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Tenolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. İsmet BALIK danışmanlığında Emre NAMLITÜRK tarafından yürütülen Yüksek Lisans Tezi'nden alınmıştır. Çalışma, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün TF-1461 numaralı projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ediyoruz.

KAYNAKÇA

Anonim (2017). Future Oceans. Alıntılanma adresi: https://futureoceans.com/product/future-oceans-70-khz-dolphin-pinger/- (30.06.2016).

Ayadi, A., Mohamed, G. & Bradai, M.N. (2013). Do pingers reduce interactions between bottlenose dolphins and trammel nets around the Kerkennah Islands Central Mediterranean Sea? *Cahiers de Biologie Marine*, 543, 375-383. DOI:10.21411/CBM.A.66F21CC1

Ballance, L.T. (2018). Cetacean Ecology. In B. Würsig, J.G.M. Thewissen & K. M. Kovacs (Eds.). *Encyclopedia of Marine Mammals* (pp. 172-180). London: Academic press.

Barlow, J. & Cameron, G.A. (2003). Field experiments show that acoustic pingers reduce marine mammal bycatch in the California drfit gill net fishery. *Marine Mammal Science*, 192, 265-283.

Bayar, H. (2014). Marmara denizi'nde karaya vuran cetacea türlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Fen Bil. Enst., Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilim Dalı, İstanbul, 97 s.

Birkun, A.Jr. (2002). Interactions between cetaceans and fisheries in the Black Sea. In G. Notarbartolo di Sciara (Ed.). *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: state of knowledge and conservation strategies* (pp 98-107). Monaco: A report to the ACCOBAMS Secretariat.

Bjørge, A., Brownell, Jr, R.L., Donovan, G.P. & Perrin, W.F. (1994). Significant direct and incidental catches of small cetaceans. In W.F. Perrin, G.P. Donovan, J. Barlow (Eds.). *Gillnets and Cetaceans* (pp 73-130). A report by the Scientific Committee of the International Whaling Commission to the United Nations on Environment and Development (UNCED).

Bordino, P., Kraus, S., Albareda, D., Fazio, A., Palmerio, A., Mendez, M. & Botta, S. (2002). Reducing incidental mortality of Franciscana dolphin *Pontoporia blainvillei* with acoustic warning devices attached to fishing nets. *Marine Mammal Science*, 184, 833-842.

Brotons, J. M., Munilla, Z., Grau, A. M. & Rendell, L. (2008). Do pingers reduce interactions between bottlenose dolphins and nets around the Balearic Islands. *Endangered Species Research*, 5, 301-308. DOI:10.3354/esr00104

Burke, E.K. (2004). The effect of acoustic deterrent devices on bottlenose dolphin depredation in the Spanish mackerel gillnet fishery. Msc Dissertation. Duke University, Nicholas, USA, 39 s.

Buscaino, G., Buffa, G., Sarà, G., Bellante, A., Tonello, A.J.J., Hardt, F.A.S., Cremer, M. J., Bonanno, A., Cuttitta A. & Mazzola, S. (2009). Pinger affects fish catch efficiency and damage to bottom gill nets related to bottlenose dolphins. *The Japanese Society of Fisheries Science*, 75, 537-544. DOI:10.1007/s12562-009-0059-3

Carlström, J., Berggren, P. & Tregenza N.J.C. (2009). Spatial and temporal impact of pingers on porpoises. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66, 72-82. DOI: 10.1139/F08-186

Carretta, J.V. & Barlow, J. (2011). Long-term effectiveness, failure rates, and 'dinner bell' properties of acoustic pingers in a gillnet fishery. *Marine Technology Society Journal*, 45, 7-19. DOI:10.4031/MTSJ.45.5.3

Cox, T.M., Read A.J., Swanner, D., Urian, K. & Waples, D. (2003). Behavioral responses of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, to gillnets and acoustic alarms. *Biological Conservation*, 115, 203-212.

Cruz, M. J., Jorda˜o, V. L., Pereira, J. G., Santos, R. S. & Silva, M. A. (2014). Risso's dolphin depredation in the Azorean hand-jig squid fishery: assessing the impacts and evaluating effectiveness of acoustic deterrents. *International Council for the Exploration of the Sea Journal of Marine Science*, 719, 2608-2620. DOI:10.1093/icesjms/fsu073

Culik, B.M., Koscinski, S., Tregenza, N. & Ellis, G.M. (2001). Reactions of harbor porpoises *Phocoena phocoena* and herring *Clupea harengus* to acoustic alarms. *Marine Ecology Progress Series*, 211, 255-260.

Enül, E. (2009). Deniz memelileri bilimi ve yönetiminin türkiye'deki durumu ve deniz memelilerinin ege'deki trol balıkçılığı ile etkileşimi. Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Anabilim Dalı, İzmir, 67 s.

Franse, R. (2005). *Effectiveness of acoustic deterrent devices (Ppingers).* Leiden: Universiteit Leiden, Centrum voor Milieuwetenschappen.

Gazo, M., Gonzalvo, J. & Aguilar, A. (2008). *Pingers as deterrents of bottolenose dolphins interacting with trammel nets. Fisheries* Research, 92, 70-75. DOI:10.1016/j.fishres.2007.12.016

Gearin, P.J., Gosho, M.E., Laake, J.L., Cooke, L., Delong R.L. & Hughes, K.M. (2000). Experimental testing of acoustic alarms pingers) to reduce bycatch of harbour porpoise, *Phocoena phocoena*, in the state of Washington. *Journal of Cetacean Research and Management*, 21, 1-9.

Geijer, C.K.A. & Read, A.J. (2013). Mitigation of marine mammal bycatch in U.S. fisheries since 1994. *Biological Conservation*, 159, 54-60. DOI:10.1016/j.biocon.2012.11.009

Goetz, S., Begona Santos, M., Vingada, J., Costas Costas, D., Gonzalez Villanueva, A. & Pierce, G. J. (2015). Do pingers cause stress in fish? An experimental tank study with European sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) Actinopterygii, (Clupeidae), exposed to a 70 Khz dolphin pinger. *Hydrobiologia*, 749, 83-96. DOI:10.1007/s10750-014-2147-3

Gordon, J.C.D. & Northridge, S.P. (2002). Potential impacts of Acoustic Deterrent Devices on Scottish Marine Wildlife. Report, F01AA404, Scottish Natural Heritage Commissioned Report, 63 p.

Gönener, S. & Bilgin, S. (2007). Sinop yarımadası civarında karadeniz, türkiye) dip uzatma galsama ağlarında yunusların balıkları çalmaları üzerine yunus kovucuların etkisi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilim Der*gisi, 192, 121-127.

Gönener, S. & Bilgin, S. (2009). The effect of pingers on harbour porpoise, *phocoena phocoena* bycatch and fishing effort in the turbot gill net fishery in the turkish black sea coast. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 9, 151-157. DOI:10.4194/trjfas.2009.0205

Gönener, S. & Özdemir, S. (2012). Investigation of the ınteraction between bottom gillnet fishery sinop, black sea) and bottlenose dolphins (*tursiops truncatus*) in terms of economy. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 115-126. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_1_14

Gönener, S. (2017). Sözlü görüşme. Sinop Üniv., Su Ürünleri Fakültesi, Sinop. (09.03.2017).

Gönener, S. & Özsandıkçı, U. (2019). Dip solungaç ağlarında afalina (*tursiops truncatus*) yunuslar için kullanılan yunus kovucu cihazların incelenmesi ve ekonomik performansı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50 (1), 84-91. DOI:10.17097/ataunizfd.433660

IUCN (2020). The IUCN red list of threatened species. International Union for Conservation of Nature. Alıntılanma adresi: (http://www.iucnredlist.org/ (30.06.2017)

Kastelein, R.A., Jennings, N., Verboom, W. C., Haan D. D. & Schooneman, N. M. (2006). Differences in the response of a striped dolphin *Stenella coeruleoalba*) and a harbour porpoise *Phocoena phocoena*) to an acoustic alarm. *Marine Environmental Research*, 61, 363-378. DOI:10.1016 / j.marenvres.2005.11.005

Kastelein, R.A., van der Heul, S., van der Veen, J., Verboom, W.C., Jennings, N., Haan, D.D. & Reijnders, P.J.H. (2007). Effects of acoustic alarms, designed to reduce small cetacean bycatch in gillnet fisheries, on the behaviour of North Sea fish species in a large tank. *Marine Environmental Research*, 64, 160-180. DOI:10.1016/j.marenvres.2006.12.012

Kraus, S.D., Read, A.J., Solow, A., Baldwin, K., Spradlin, T., Andersen, E. & Williamson, J. (1997). Acoustic alarms reduce porpoise mortality. *Nature*, 388, 525.

Larsen, F. & Eigaard, O.R. (2014). Acoustic alarms reduce bycatch of harbour porpoises in Danish NorthSea gillnet fisheries. *Fisheries Research*, 153, 108-112.

Larsen, F., Krog, C. & Eigaard, O.R. (2013). Determining optimal pinger spacing for harbour porpoise bycatch mitigation. *Endangered Species Research*, 20, 147-152. DOI:10.3354/esr00494

Lauriano, G., Fortuna, C.M., Moltedo, G. & Notarbartolo di Sciara, G. (2004). Interactions between common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and the artisanal fishery in Asinara Island National Park (Sardinia): assessment of catch damage and economic loss. *Journal of Cetacean Research and Management*, 62, 165-173.

López, B.D. & Mariño, F. (2011). A trial of acoustic harassment device efficacy on free-ranging bottlenose dolphins in Sardinia, Italy. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, 44, 197-208. DOI: 10.1080/10236244.2011.618216

Mangel, J.C., Alfaro-Shigueto, J., Witt, M.J., Hodgson, D.J. & Godley, B.J. (2013). Using pingers to reduce bycatch of small cetaceans in Peru's small-scale driftnet fishery. *Oryx*, 4704, 595-606. DOI:10.1017/S0030605312000658

Monteiro-Neto, C., Avila, F.S.C, Alves, T.T.J., Araujo, D.S., Campos, A.A., Martıns, A. M.A. & Parente, C.L. (2004). Behavioral responses of *Sotalia fluviatilis* (Cetacea, Delphinidae) to acoustic pingers, Fortaleza, Brazil. *Marine Mammal Science*, 20, 145-151.

Morizur, Y., Le Niliot, P., Buanic, M. & Pianalto, S. (2009). Expérimentations de répulsifs acoustiques commerciaux sur les filets fixes à baudroies en mer d'Iroise. Report, Résultats obtenus au cours de l'année 2008-2009 avec le projet « Pingiroise », Centre de Brest Sciences et Technologie Halieutiques, Le Conquet, 17 p.

Northridge, S., Vernicos, D. & Raitsos-Exarchopolous, D. (2003). Net depredation by bottlenose dolphins in the Aegean: First attempts to quantify and to minimise the problem. Reprot, Paper IWC SC/55/SM25, International Whaling Commission Scientific Commission. Cambridge: (Unpublished).

Olesiuk, P.F., Nichol, L.M., Sowden, M.J. & Ford, J.K.B. (2002). Effect of the sound generated by an acoustic harassment device on the relative abundance and distribution of harbor porpoises *Phocoena phocoena*) in retreat passage, British Columbia. *Marine Mammal Science*, 18, 843-862.

Radu, G., Nicolaev, S., Anton, E., Maximov, V. & Radu, E. (2003). Preliminary data about the impact of fishing gears on the dolphins from the Black Sea Romanian waters. *Workshop on demersal Resources in the Black Sea and Azov Sea* (pp 115-129), İstanbul.

Read, A., Swanner, D., Waples, D., Urian, K. & Williams, L. (2004). Interactions between bottlenose dolphins and the Spanish mackerel gillnet fishery in North. Final Report, Project 03-FEG-13, North Carolina Fishery Resource Grant Program, Raleigh: 40 p.

Resmi Gazete (2016). Deniz ve İçsularda Ticari Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen 1/4 Nolu Tebliğ. TGHB, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, 1:112, Ankara.

Schakner, Z.A. & Blumstein, D.T. (2013). Behavioral biology of marine mammal deterrents: A review and prospectus. *Biological Conservation*, 167, 380-389. DOI:10.1016/j.biocon.2013.08.024

Stone, G., Kraus, S., Hutt, A., Martin, S., Yoshinaga, A. & Joy, L. (1997). Reducing bycatch: Can acoustic pingers keep Hector's dolphins out of fishing nets? *Marine Technology Society Journal*, 31, 3-7.

Tonay, A.M. (2003). Batı Karadeniz'de uzatma ağlarına takılan yunus türleri, *Phocoena phocoena* L., *Tursiops truncatus* Montagu ve *Delphinus delphis* L.'in sayısal olarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel Bilimler Anabilim Dalı, İstanbul, 29 s.

Tonay, A.M. (2010). Batı karadeniz'de karaya vuran cetacea türlerinin kalkan balığı avcılığı ile etkileşimi. Doktora Tezi, İÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Temel Bilimler Anabilim Dalı, İstanbul, 131 s.

Trippel, E.A., Strong, M.B., Terhune, J.M. & Conway, J.D. (1999). Mitigation of harbour porpoise *Phocoena phocoena*) bycatch in the gillnet fishery in the lower Bay of Fundy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 561, 113-123.

Turan, E. (2017). Sözlü görüşme. Ünye Su Ürünleri Kooperatifi, Ünye-Ordu. (10.01.2017).

Waples, D.M., Thorne, L.H., Hodge, L.E.W., Burke, E.K., Urian, K.W. &, Read, A.J. (2013). A field test of acoustic deterrent devices used to reduce interactions between bottlenose dolphins and a coastal gillnet fishery. *Biological Conservation*, 157, 165-171. DOI: 10.1016/j.biocon.2012.07.012

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 53-61 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.06

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

Urla (İzmir/Türkiye) kumsallarında deniz çöplerinin mevsimsel olarak araştırılması

Seasonal investigation of marine litter on beaches of Urla (Izmir/Turkey)

Zeynep Güngören[1*] ● Aslı Başaran[2]

[1] Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, 35100, İzmir, Türkiye
[2] Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

https://orcid.org/0000-0002-5289-622X
https://orcid.org/0000-0002-2477-9704

*Corresponding author: zeynepgungoren8@gmail.com

Received date: 10.02.2020 *Accepted date: 03.09.2020*

How to cite this paper:
Güngören, Z. & Başaran, A. (2021). Seasonal investigation of marine litter on beaches of Urla (Izmir/Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 53-61. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.06

Öz: Bu çalışmada, Urla (İzmir) Kum Denizi Plajı ve Demircili Koyu Plajı'ndaki deniz çöplerinin cins ve miktarları Ekim 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında mevsimsel olarak incelenmiştir. Plajlarda, 2,5 santimetreden büyük olan deniz çöpleri denize paralel olacak şekilde belirlenen 2 metrelik hatlar boyunca 3 kişi ile toplanmıştır. Toplanan çöpler Birleşmiş Milleteler Çevre Programı (UNEP= United Nations Environment Program) (2009)'e göre sınıflandırılmış, miktarları belirlenmiş ve temiz kıyı indeksine göre plajların kirlilik durumu değerlendirilmiştir. Kum Denizi Plajı'ndan toplamda 1,265 adet çöp ve Demircili Koyu Plajı'ndan ise 2,099 adet çöp toplanmıştır. Her iki plajdan toplamda 90,81 kg ağırlığında 3,364 adet çöp toplanmıştır. Toplanan çöpler arasında 2,794 adet ile en fazla plastik çöp bulunmuştur. Bunu 145 adet metal, 141 adet kağıt, 110 adet tekstil, 87 adet köpük plastik, 42 adet ahşap, 32 adet cam, 8 adet diğer çöpler ve 5 adet kauçuk izlemiştir. Temiz kıyı indeksi hesaplarına mevsim ortalamasına göre bakıldığında; Kum Denizi Plajı temiz, Demircili Koyu Plajı ise orta kirlilikte bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Deniz çöpleri, sahil atıkları, plastik atıklar, Ege kıyıları, Urla

Abstract: In this study, types and quantities of marine litter in Urla (İzmir) Kum Denizi Beach and Demircili Koyu Beach were determined seasonally between October 2017 and October 2018. At the beaches, marine litter larger than 2,5 centimetres were collected with 3 people along 2-meter lines, which are determined to be parallel to the sea. The collected litters were classified according to the United Nations Environment Program (UNEP, 2009), quantities were determined and the pollution status of the beaches was evaluated according to the Clean Coast Index. A total of 1,265 litter from Kum Denizi Beach and 2,099 litter from Demircili Koyu Beach were collected. In total, 3,364 pieces of litter weighing 90.81 kg were collected from the two beaches. Among the litters collected, plastic litter was found to be dominant with 2,794 pieces. This was followed by 145 metals, 141 papers, 110 fabrics, 87 foam plastics, 42 wood, 32 glass, 8 other litters and 5 rubber. Given the seasonal averages of the clean coast index values; Kum Denizi Beach was found to be clean and Demircili Koyu Beach was found to be moderately polluted.

Keywords: Marine litter, coastal wastes, plastic wastes, Aegean coast, Urla

GİRİŞ

Günümüzde çevre problemlerine ve kirliliğine sebep olan en büyük sorunlardan biri katı atıklardır. Üreticinin veya tüketicinin, ürünleri, geri dönüşüm, geri kazanım veya bertaraf etmeden, rastgele atması sonucu oluşan bu çöpler; rüzgar ve akıntı yollarıyla taşınarak, kıyı ve deniz ortamında birikim yapmaktadır. Üretilmiş-işlenmiş ve kıyısal veya deniz ortamına boşaltılmış, atılmış ya da bırakılmış herhangi kalıcı, katı materyallere deniz çöpleri denir (UNEP 2005). Deniz çöpleri; ekolojik, sosyo-ekonomik ve insan sağlığı açısından tehlike yarattığından ele alınması gereken önemli bir konudur ve çoğunluğu plastik gibi doğada uzun yıllar kalan maddelerden oluşmaktadırlar.

Günlük insan aktiviteleriyle artmakta olan deniz çöpleri, kıyılarda ve denizlerde birikerek, çeşitli deniz canlıları tarafından tüketilmektedir. Tüketilen bu çöpler, sindirim sisteminde yaralanmalara, tıkanmalara, üreme ve beslenme problemlerine ve ölümlere sebebiyet vermektedir. Deniz çöplerinin bir diğer olumsuz etkisi ise sucul canlıların bu materyallere dolanmasıdır. Vücuda dolanan materyaller yüzünden vücutta yaralanmalar, boğulmalar ve bunun sonucunda ölüm gibi olumsuz etkileri görülmektedir. Plastik çöplerin yutulma ve dolanma dışında diğer bir olumsuz yanı ise; canlı yaşamı için substrat oluşturarak (Chapman ve Clynick, 2006; Ryan, 2015), patojen/istilacı türleri akıntılar ve rüzgar yolu ile ait olmadıkları bölgelere taşıyıp, biyoçeşitliliği etkilemektedir (Kiessling vd., 2015; Ryan, 2015). Bunun yanı sıra habitat ve ekosistem bozulması gibi canlıların yaşam alanları için zararlı olabilecek etkilere de neden olabilmektedir. Kıyısal bölgelerde estetik olumsuzluklara sebep olan deniz çöpleri, turizmi ve balıkçı donanımlarını etkileyerek ciddi ekonomik sorunlara yol açmaktadırlar. Ayrıca yüzen kişilerde veya dalgıçlarda yaralanmalara sebebiyet vererek insan sağlığını da tehdit etmektedirler.

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Deniz çöplerinin sebep olduğu problemlerin saptanabilmesi için çöplerin kaynaklarını bilmek çok önemlidir. Buna göre çöplerin denize girdikleri yere bağlı olarak, deniz çöplerinin kaynakları karasal ya da denizel olarak sınıflandırılabilir (Galgani vd., 2013; Ryan, 2015). Deniz çöplerinin yaklaşık olarak %80'lik bir kısmı kara kökenli kaynaklardan, geri kalan kısmı da deniz kökenli kaynaklardan denizlere giriş yapmaktadır (GESAMP, 1991; Terzi, 2014). Deniz kökenli çöplerin kaynakları çoğunlukla ticaret, yolcu ve balıkçılık gemilerinden ve yetiştiricilik tesislerinden gelmektedir. Karasal kökenli deniz çöpleri ise; nehirler, kanalizasyon, kıyı dolguları, kaçak boşaltım alanları, kıyısal yerleşim alanları, yetersiz atık yönetimi, plaj kullanıcıları vb. kaynaklardan gelmektedir (Galgani vd., 2013).

Deniz çöpleri ile ilgili hem Dünya'da hem de Avrupa'da çeşitli direktifler ve küresel anlamda uygulanması planlanan kararlar alınmıştır. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu'nun bu kararında deniz çöpleri hakkındaki bilgi ve veri eksikliği, devletlerin endüstri ve sivil toplumla olan iş birliğinin geliştirilmesi, deniz çöpleri konusunun ulusal çevre planlarına entegre edilmesi, devletlerin bölgesel olarak ortak koruma ve bertaraf programları geliştirmesi konularına değinilmiştir (BMGK, 2005). Daha sonra 2008 yılında Avrupa Parlamentosunun Deniz Çevresi Politikaları alanında yayımladığı Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (2008/56/EC) uygulamasında Tanımlayıcı 10 deniz çöpleriyle ilişkilendirilmiştir. Burada tanımlanan deniz çöplerinin özellikleri şu şekilde sıralanmaktadır (Vişne ve Bat, 2015).

- Sahile atılan ve/veya sahillerde biriken çöp miktarında kompozisyonu, dağılımı ve mümkünse kaynak analizlerini içeren eğilimler
- Su kolonunda ve deniz tabanında biriken çöp miktarında kompozisyonu, dağılımı ve mümkünse kaynak analizlerini içeren eğilimler
- Mikro-partiküllerin miktarında, dağılımında ve mümkünse kompozisyonundaki eğilimler
- Biyota ve deniz çevresinde bulunan mikro çöplerin izlenmesi

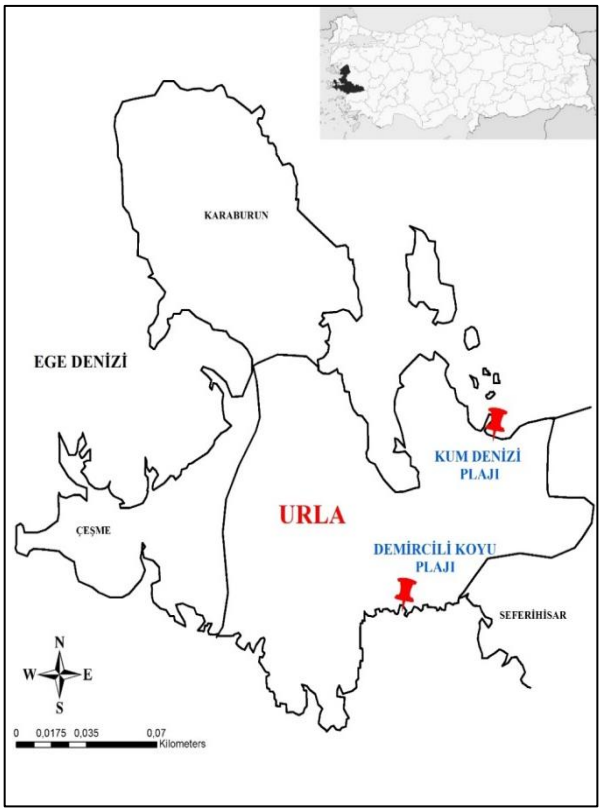
Bu çalışma; İzmir'in 38 km batısında yer alan ve sahil ilçesi olan Urla'nın, özellikle turistik ve balıkçılık faaliyetlerine ev sahipliği yapan Kum Denizi Plajı ve Demircili Koyu Plajı'nda, Ekim 2017-Ekim 2018 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu istasyonlarda bulunan deniz çöplerinin mevsimsel olarak cins ve miktarlarının belirlenmesi, deniz çöplerinin artışını engellemek adına alınabilecek önlemlerin tartışılması açısından diğer çalışmalara yardımcı olmayı amaçlamıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı

Urla, İzmir'in 38 km batısında, kendi adını taşıyan yarımadanın merkezindeki eski bir yerleşim merkezidir (Şekil 1). Yüzölçümü 721 km^2 olan ve 65 bin civarında nüfusa sahip olan bu yer, Akdeniz ikliminin tüm özelliklerini barındırmaktadır. Urla; coğrafik konumundan dolayı çeşitli koylara sahip olduğundan ve özellikle İzmir'e yakınlığından ötürü önemli bir turizm beldesidir ve yaz- kış birçok turiste ev sahipliği yapmaktadır.

Çalışma alanından ilki; Urla merkeze 6 km'lik mesafede olan Kum Denizi Plajı olup (38^0 21' 47" K - 26^0 47' 12" D), 1 km'lik bir plaj uzunluğuna sahiptir. Bu plaj, özellikle Haziran-Eylül ayları arasında, halk tarafından yüzme, güneşlenme ve yürüyüş amaçlı kullanılmaktadır. Kum Denizi Plajı'nda örnekleme yapılan plaj uzunluğu 130 m, eni 20 m olacak şekilde toplamda 2600 m^2'lik bir alana sahiptir. Örnekleme yapılan ikinci kumsal olan Demircili Koyu Plajı (38^0 12' 42" K – 26^0 40' 52" D), 568 m uzunluğundadır. Plaj genellikle taşlık bir yapıya sahiptir. Plajda, yaz aylarında işletilmekte olan küçük bir kafeterya bulunmaktadır. Demircili köyü, 238 kişilik bir köy nüfusuna sahiptir. Örnekleme için seçilen kumsalın uzunluğu 120 m, eni 13 m olacak şekilde toplamda 1560 m^2'lik bir alandır.

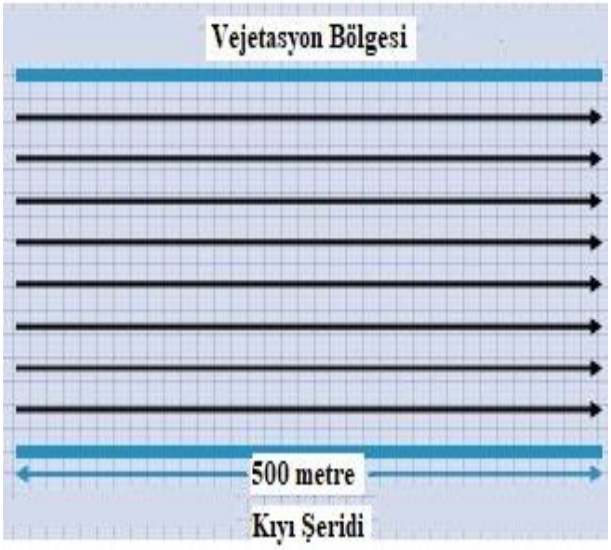


Şekil 1. Urla'nın konumu ve örnekleme istasyonları
Figure 1. Location of Urla and sampling stations

İstasyonların rüzgar durumları dikkate alındığında, Kum Denizi Plajı için hakim rüzgarlar, genellikle kuzeyden esen karayel veya poyraz olurken, Demircili Koyu Plajı'nda hakim rüzgarlar genellikle güneyden esen lodos veya keşişleme olmuştur (Meteoblue, 2019).

Yöntem

Çalışma yöntemi olarak, belirlenen Kum Denizi Plajı ve Demircili Koyu Plajı'nda, Ekim 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında Aralık 2017, Mart 2018, Haziran 2018 ve Ekim 2018 aylarında mevsimsel olarak 4 örnekleme yapılmıştır. Örnekleme yapılacak olan plajlara, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP, 2009)'na göre, 2 m genişliğinde hatlar yerleştirilmiştir (Şekil 2). Plajdan ve vejetasyon bölgesinden insan yapımı olan kaldırıma kadar hatlar dizilmiştir. Hatlarla ayrılmış olan sabit bölgeler içinde 2,5 cm'den büyük bütün çöpler, üç kişi tarafından eldiven yardımı ile kalın çöp poşetlerine toplanmıştır. Toplanma tamamlandıktan sonra, örnekleme alanında çöp poşetlerinin ağırlıkları Portable Electronic Scala SF-911 ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Daha sonra toplanan çöpler UNEP/IOC (UNEP, 2009) Deniz çöplerinin incelenmesi ve izlenmesi kılavuzları 'nın sınıflandırmasına bağlı kalarak 9 kategoriye (plastik, köpük plastik, metal, cam, tekstil, kağıt, kauçuk, ahşap ve diğer) ayrıldı. Sınıflandırma bittikten sonra örnekleme alanında miktarları sayılmış ve kaydedilmiştir.



Şekil 2. Kıyı şeridi örnekleme modeli (UNEP, 2009)
Figure 2. Coastline sampling model (UNEP, 2009)

Çalışma alanından toplanılan deniz çöplerinin arasında anlamlı bir farkın olup olmadığı, ANOVA'yı izleyen SNK (Student Newman Kruels) testi ile belirlenmiştir. Bunun ardından, deniz çöplerinin dağılımında mevsimsel bir farklılığın olup olmadığını belirlemek için, yine ANOVA- SNK testi yapılmıştır. Son olarak istasyonlar arası farklılığı saptamak için T-testi kullanılmıştır. İstatistik analizleri SPSS 25.0 ile yapıldı.

Her iki plajın mevsimsel çöp miktarları, ağırlıkları ve toplam örnekleme alanları hesaplandıktan sonra Alkalay vd. (2007) tarafından belirlenen Temiz Kıyı İndeksi (TKİ) belirlenmiştir.

Temiz Kıyı İndeksi'nin hesaplanması aşağıdaki denklemde sunulmuştur:

TKİ= (Örnekleme alanındaki toplam çöp miktarı / Toplam örnekleme alanı) x K (K= 20)

TKİ Sonuçlarına göre kumsalların değerlendirilmesi ise aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır;

0-2 = Çok temiz

2-5 = temiz

5-10 = orta

10-20 = kirli

20 + = çok kirli

BULGULAR

Ekim 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında mevsimsel olarak yapılan çalışmalar sonucunda, Kum Denizi Plajı'ndan toplamda 1,265 adet çöp ve Demircili Koyu Plajı'ndan ise 2,099 adet çöp toplanmıştır. Her iki plajdan Ekim 2017- Ekim 2018 tarihleri arasında toplamda 4,160 m^2 alanda, 90,81 kg. ağırlığında 3,364 adet çöp toplanmıştır. En sık rastlanan çöp tipi 2,794 adet ile plastikler olmuştur. Bunu 145 adet metal, 141 adet kağıt, 110 adet tekstil, 87 adet köpük plastik, 42 adet ahşap, 32 adet cam, 8 adet diğer çöpler ve 5 adet kauçuk çöpler izlemektedir. Çöpler ağırlık açısından ele alındığında sıralama, 48,64 kg (%53,56) ağırlıkla yaz mevsimi, 19,3 kg (%21,25) ile ilkbahar mevsimi, 13,84 kg (%15,24) ile kış mevsimi ve 9,03 kg (%9,94) ile sonbahar mevsimi şeklinde kaydedilmiştir. Birim alana düşen deniz çöpleri miktarı hesaplandığında ise; Kum Denizi Plajı'nda 0,48 adet/m^2, Demircili Koyu Plajı'nda 1,34 adet/m^2 bulunmuştur. İstasyonların Alkalay vd. (2007)'nin Temiz Kıyı İndeksi'ne göre değerleri hesaplandığında; Kum Denizi Plajı, Aralık 2017'de 3,05, Mart 2018'de 2,92 ve Haziran 2018'de 2,56 değerleri ile temiz, Ekim 2018'de ise 1,18 ile çok temiz bulunmuştur. Demircili Koyu Plajı ise, Aralık 2017'de 2,82 ile temiz, Mart 2018'de 8,6 ile orta, Haziran 2018'de 3,03 ile temiz ve Ekim 2018'de 12,44 değeri ile kirli bulunmuştur (Tablo 1).

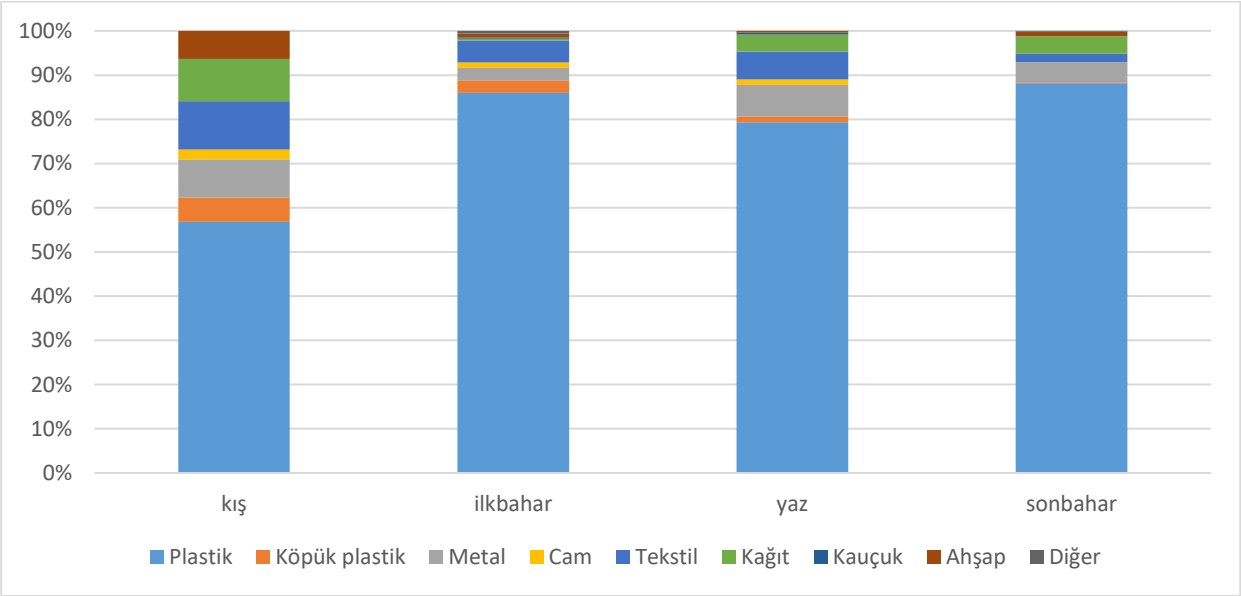
Tablo 1. Kum Denizi Plajı ve Demircili Koyu Plajı'ndan toplanan deniz çöpü miktarı (adet/m^2) ve mevsimlere göre temiz kıyı indeksi (TKİ) değerleri
Table 1. Amount of marine litter collected from Kum Denizi Beach and Demircili Koyu Beach and seasonally Clean Coast Index (CCI) values

İstasyonlar		Kum Denizi	Demircili Koyu
Deniz çöpü miktarı (adet/m^2)		0,48	1,34
TKİ	Aralık	Temiz	Temiz
	Mart	Temiz	Orta
	Haziran	Temiz	Temiz
	Eylül	Çok temiz	Kirli

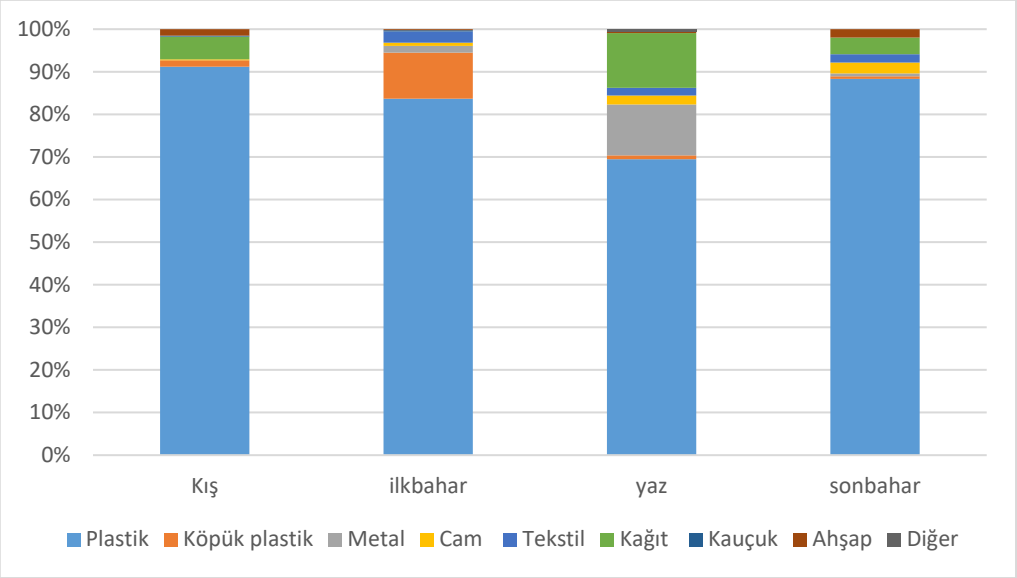
Kum Denizi Plajı ve Demircili Koyu Plajı'nda toplanan çöplerin miktarları Şekil 3 ve Şekil 4'de UNEP (2009)'in materyal tipine göre sınıflandırılmasıyla gösterilmiştir. Buna göre; her iki araziden toplanan çöplere mevsimsel olarak bakıldığında; Aralık 2017'de 182 adet ile sigara izmariti, Mart 2018'de 377 adet ile plastik kapak, Haziran 2018'de 111 adet ile sigara izmariti ve Ekim 2018'de 810 adet ile sigara izmariti en fazla toplanan çöp olmuştur. Plastik poşet ve cam atıkları, her mevsimde bütün istasyonlardan toplanmıştır. Her iki istasyondan toplanan çöpler mevsimsel olarak incelendiğinde ise; Aralık 2017'de Demircili Koyu Plajı'nda toplam 220 adet ve 10,66 kg ağırlığında çöp toplanmıştır. İlk beş sırada; plastik kapak (75 adet), alüminyum (18 adet), plastik şişe (16 adet), halat ve ahşap parçaları (14 adet) ve besin ambalajları (13 adet) yer almıştır. Aralık 2017'de Kum Denizi Plajı'nda ise toplam 397 adet ve 3,18 kg ağırlığında çöp toplanmıştır. İzmarit (174 adet), plastik kapak (104 adet), plastik poşet (21 adet), besin ambalajları (16 adet) ve oyuncak (11 adet) ilk beş sırayı oluşturmuş olup, oyuncak (11 adet), plastik çatal ve pipet (10 adet) tüm mevsimler boyunca en fazla Aralık örneklemesinde Kum Denizi Plajı'ndan toplanmıştır. Ayrıca diğer istasyonlarda hiçbir mevsimde gözlenmemiş olan havai fişek çöpleri de sadece Aralık ayında Kum Denizi Plajı'nda gözlenmiştir. Mart 2018'de Demircili Koyu Plajı'nda 671 adet ve 11,81 kg çöp toplanmıştır. İlk beş sırada; plastik kapak (165 adet), plastik poşet (85 adet), ip (82 adet), diğer plastik (54 adet) ve plastik bardak (47 adet) yer almıştır.

Tüm mevsimler ve istasyonlar arasında plastik bardak, plastik kap, plastik poşet, çakmak, ip, diğer plastikler, kıyafet, ayakkabı ve cam atıkları en fazla Mart 2018'de Demircili Koyu Plajı'ndan toplanmıştır. Mart 2018'de Kum Denizi Plajı'nda 380 adet ve 4,89 kg çöp toplanmıştır. 212 adet plastik kapak, 37 adet köpük ve diğer plastikler, 29 adet ambalaj, 15 adet plastik şişe ve 10 adet plastik poşet en fazla bulunan ilk beş çöp olmuştur. Bu veriler, Aralık 2017 verileri ile karşılaştırıldığında; plastik kapak, diğer plastikler ve plastik şişe sayısında artış gözlenmiştir. Haziran 2018 Demircili Koyu Plajı'nda en fazla bulunan çöpler; plastik kelepçe (40 adet), plastik kapak (31 adet), diğer plastikler (22), ip (19 adet) ve balıkçı ağı (18 adet) şeklinde sıralanmıştır. Toplamda 237 adet ve 3,94 kg çöp toplanmıştır. Plastik kelepçe ve balıkçı ağlarının sayıları Mart 2018'den bu yana artış göstermiştir. Haziran 2018 Kum Denizi Plajı'nda ilk beş çöp, sigara izmariti (100 adet), alüminyum (40 adet), ambalaj (36 adet), plastik şişe (30 adet) ve plastik bardak (20 adet) şeklinde sıralanmıştır. Totalde 334 adet ve 44,7 kg çöp toplanmıştır.

Bütün istasyonlar ve mevsimler arasında ilk defa delta sandalye Kum Denizi Plajı'nda bulunmuştur. Ayrıca diğer materyal bileşimi grubuna giren 2 adet bebek bezi de bu plajda gözlenmiştir. Ekim 2018'de Demircili Koyu Plajı'nda diğer mevsimlere ve istasyonlara oranla sigara izmariti sayısında çok fazla artış gözlenmiştir. Öyle ki, Demircili Koyu'nda Ekim ayında toplanan çöplerin %74,45 'ini sigara izmaritleri oluşturmuştur. Bu istasyonda 4,19 kg ağırlığında 971 adet çöp toplanmış ve en fazla toplanan çöpler; sigara izmariti (723 adet), bira kapağı (38 adet), plastik kapak (30 adet), ıslak mendil (21 adet) ve plastik kelepçeler (18 adet) şeklinde sıralanmıştır. Ekim 2018 Kum Denizi Plajı çalışmasında, 154 adet ve 4,93 kg çöp toplanmıştır. Bu çöplerden sigara izmariti (87 adet), organik (15 adet), plastik poşet (12 adet), ambalaj (10 adet) ve plastik şişe (8 adet) ilk beş sırada yer almıştır. Aralık, Mart ve Haziran mevsimlerinde Kum Denizi Plajı'nda görülmeyen ve genellikle Demircili Koyu Plajı'nda bulunan plastik kelepçeden 1 adet Kum Denizi Plajı'nda Ekim örneklemesinde gözlenmiştir.



Şekil 3. Demircili Koyu Plajı'ndan toplanan çöplerin materyal tiplerine göre mevsimsel miktarları (adet)
Figure 3. Seasonal amounts of litters collected from Demircili Koyu Beach according to material types (pieces)

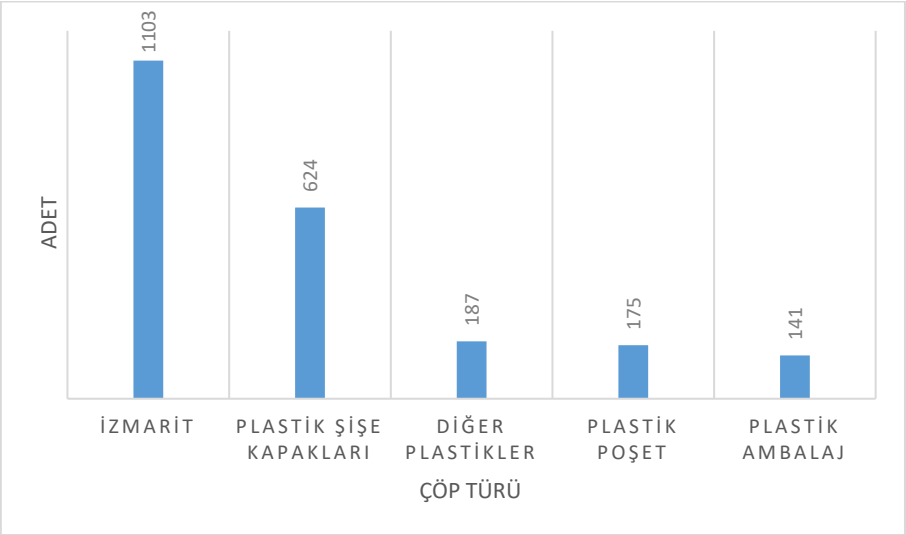


Şekil 4. Kum Denizi Plajı'ndan toplanan çöplerin materyal tiplerine göre mevsimsel miktarları (adet)
Figure 4. Seasonal amounts of litters collected from Kum Denizi Beach according to material types (pieces)

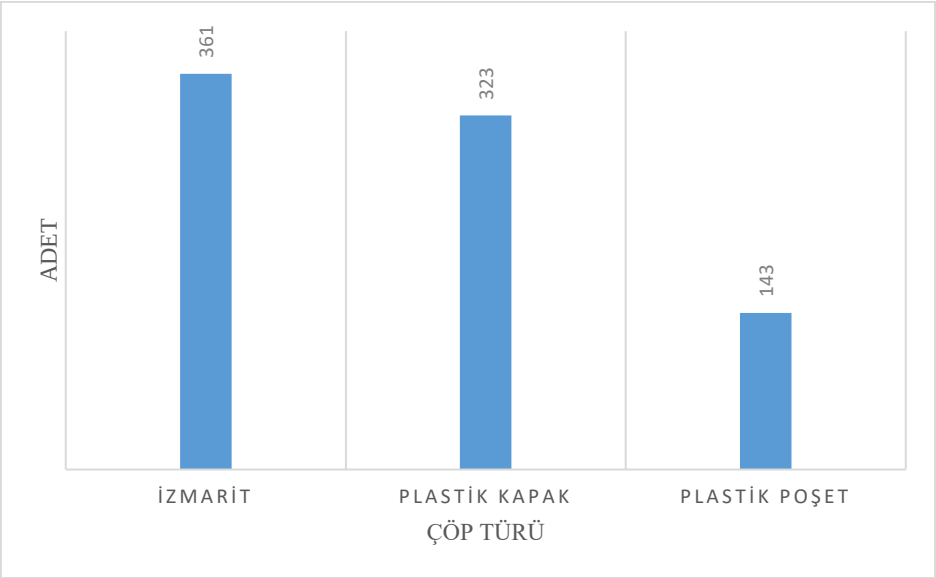
İstatistik analizleri

Çalışmada toplanan deniz çöplerinde, öncelikle gruplar arasında anlamlı bir fark olup olmadığına ANOVA testi ile bakılmış ve istatistiksel bir fark görülmemiştir ($p>0.05$). Toplanılan kıyı çöpleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığına ANOVA'yı izleyen Student- Newman- Keuls (SNK) testi ile bakıldı. Test sonucunda materyaller arasında önemli bir fark gözlenmiş ve hangi materyal grupları arasında fark olduğunu saptamak amacıyla Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Bunun sonucunda plastik materyal grubuyla diğer materyal grupları (köpük plastik, metal, cam, tekstil, kağıt, kauçuk, ahşap, diğer) arasında önemli bir farklılık bulunmuştur.

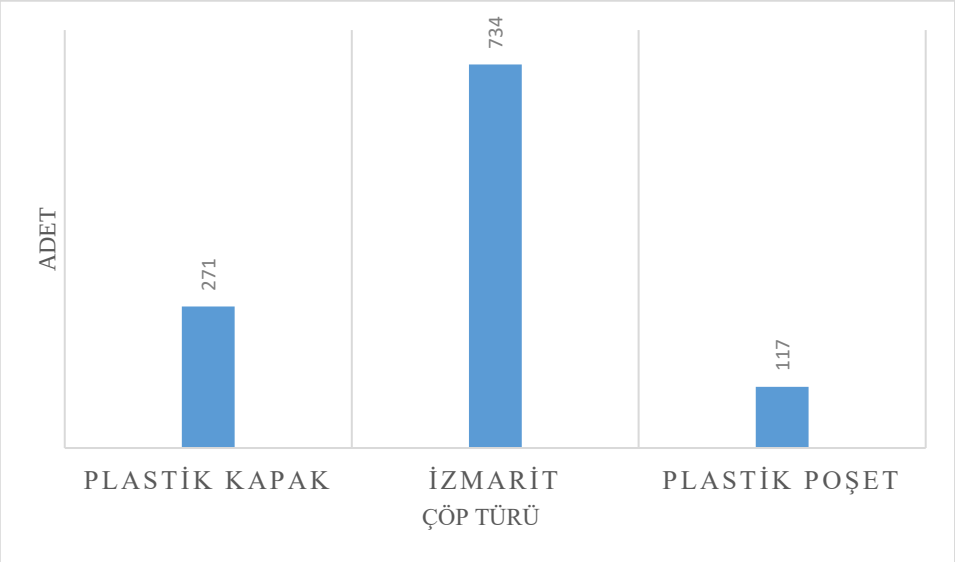
Plastik çöplerin kendi aralarında karşılaştırıldığında ise ilk beş sıra sigara izmariti (1103 adet), plastik şişe kapakları (624 adet), diğer plastikler (187 adet), plastik poşet (175 adet) ve plastik ambalajlar (141 adet) şeklinde sıralanmıştır (Şekil 3). Kum Denizi Plajı'ndan mevsimsel olarak en çok toplanan üç çöp tipi; izmarit (361), plastik kapak (323) ve plastik poşet (143) olmuştur (Şekil 5). Demircili Koyu Plajı'ndan mevsimsel olarak en çok toplanan üç çöp tipi ise; izmarit (734), plastik kapak (274) ve plastik poşet (117) şeklinde sıralanmıştır (Şekil 6).



Şekil 5. İlk beş plastik atık türünün sıralanması
Figure 5. Ranking of top five plastic litter



Şekil 6. Kum Denizi Plajı'ndan mevsimsel olarak en çok toplanan üç çöp türü
Figure 6. Three types of litter collected seasonally from the Kum Denizi Beach



Şekil 7. Demircili Koyu Plajı'ndan mevsimsel olarak en çok toplanan üç çöp türü
Figure 7. Three types of litter collected seasonally from the Demircili Koyu Beach

Çalışmada mevsimler arası farklılık olup olmadığına, ANOVA- Student-Newman-Keuls testi ile bakılmış ve herhangi bir fark gözlenmemiştir. Ayrıca, t-testi kullanılarak, çalışma istasyonları arasında farklılık olup olmadığına bakılmış ve anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Deniz çöpleri ile ilgili ülkemiz sahillerinde bentik ve kıyısal alanda yapılan araştırmalar sonucunda en fazla yüzdeye sahip katı atık tipinin plastik çöpler olduğu gözlenmiştir (Topçu vd., 2013; Kızılelma, 2017; Aytan vd., 2019; Öztekin ve Bat, 2017). Cerim vd. (2014), Doğu Ege kıyılarında yaptığı trol çalışmalarında, bentikte toplamda 806 adet çöp toplamış ve bunların arasında %47,89 ile en fazla plastik materyal bulmuştur. Kuşadası, Güllük, Gökova ve Marmaris körfezlerinde yapılan çalışmada kirliliğin sebebi olarak, hem istasyonların çok ünlü turistik beldeler olması hem de bu bölgenin gemi ticareti, günlük turlar, balık yetiştiriciliği ve balıkçılık faaliyetlerinde aşırı kullanılması olarak gösterilmiştir. Aynı şekilde, çalışma bölgesi olan Demircili Koyu Plajı'nın yakınında bulunan balık çiftliğinden ve yöre halkının balıkçılıkla da uğraşmasından dolayı, özellikle havaların ısınmasıyla bu istasyonda balıkçılık faaliyetleri gözlenmiştir.

Bu yüzden kıyılarda özellikle plastik kelepçeler olmakla birlikte, ışıklı avcılık çubukları ve balıkçı ağları gibi balıkçılık malzemeleri çöpleri çok fazla toplanmıştır. Gönülal vd. (2016), Gökçeada'da bentikte trol ile yapılan çalışma sonucunda, %59 oranında plastik ve %11,5 oranında yumuşak plastik ve naylon çöpler bulmuştur. Toplanan çöplerin %8'inin, Yunanistan ve Bulgaristan'dan gelen yabancı orijinli çöpler olduğu ve çoğunlukla içecek ve yiyecek paketlerinden oluştuğu gözlenmiştir. Aynı şekilde Öztekin ve Bat (2017)'ın Sarıkum'da (Sinop) yaptığı çalışmada da yabancı kökenli çöpler bulunmuştur. Bu çalışmada, Demircili Koyu Plajı'nın açık denize kıyısı olmasına rağmen, hiçbir yabancı orijinli çöp toplanmamıştır. Aynı şekilde Kum Denizi Plajı'nda da yabancı orijinli deniz çöplerine rastlanılmamıştır.

Farklı bölgelerde yapılan çalışmalara oranla (Tablo 2), bu çalışmanın plastik yüzdesinin daha fazla olmasının ilk nedeni, güncel bir çalışma olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu durum, her geçen yıl daha fazla üretilen plastik materyallerden dolayı, tek kullanımlık plastik çöplerin sayısında artış olduğunu göstermiştir.

Tablo 2. Farklı bölgelerde yapılan kıyısal çalışmalarda bulunan plastik çöp miktarları (%)
Table 2. The amount of plastic litter found in coastal studies in different regions (%)

YER	MİKTAR (adet/m^2)	MİKTAR (%)	REFERANS
Batı Karadeniz, Türkiye	0,085 – 5,058	62,7	Topçu vd., 2013
Batı Avustralya, Avustralya	-	73	Smith vd., 2014
Kuzeybatı Adriyatik, İtalya	0,2 – 0,57	81,1	Munari vd., 2016
Kuzeydoğu Akdeniz, Türkiye	0,92 ± 0,36	70,3	Aydın vd., 2016
Rügen adası, Almanya	-	82,69	Hengstmann vd., 2017
Bulgar Karadeniz kıyıları, Bulgaristan	0,0587 ± 0,005 – 0,1343 ± 0,008	84,3	Simeonova vd., 2017
Güneydoğu Karadeniz, Türkiye	0,16 ± 0,02	>61,65	Terzi ve Seyhan, 2017
İzmir körfezi kıyıları, Türkiye	-	%92	Kızılelma, 2017
Güney Karadeniz, Türkiye	1,51 ± 0,58	95,61	Öztekin ve Bat, 2017
Güneydoğu Karadeniz, Türkiye	1,22 - 4,17	92	Aytan vd., 2019
Batı Ege, Türkiye	1,34 - 0,48	82	Bu çalışma

Yüksek dayanıklılığı ve mukavemeti yüzünden çok uzun bir bozulma süresine sahip olan plastik madde (Laist, 1987; Aydın vd., 2016), doğada uzun süre varlığını sürdürür. Bu da aslında her geçen yıl yok olacağı düşünülen plastiklerin tam tersine sürekli birikimine sebep olmaktadır. Öztekin vd. (2019) 'ın, Sarıkum'da (Sinop) ve Aytan vd. (2019). 'ın Sarayköy'de (Rize) yaptığı çalışmada plastik yüzdesinin, bu çalışmaya oranla daha fazla çıkması plastik atıkların doğada yok olmayıp, sürekli birikim halinde olduğunun bir kanıtı olmuştur. Ayrıca plastik çöpler doğada fiziksel bozunmaya uğrayarak mikroplastikleri meydana getirerek görülmesi ve toplanması daha zor bir hale gelmektedir. Bunun haricinde ağırlığı hafif olan plastik çöplerin rüzgarlar ile sahil bölgelerine taşındığı da gözlenmiştir. Diğer bir sebep; yıllar geçtikçe etkisini arttıran küresel ısınma, havaların olduğundan erken ısınmasına, dolayısıyla insanların daha erken plajlara gitmesine sebep olmuştur. İnsanların deniz kenarlarına normal 3 aylık yaz mevsimi başlangıcından önce gitmesi ve hatta eylül ortalarına kadar deniz ve tatil mevsimini devam ettirmesi, denizel ortamda daha fazla antropojenik kirlenmeye neden olmuştur.

Bu çalışmada, 4,160 m^2'lik alanda 90,81 kg ağırlığında, 3,364 adet çöp toplanmıştır. Birim alana düşen çöp miktarı en fazla olan istasyon 1,34 adet/m^2 ile Demircili Koyu Plajı olmuştur. Bu durum, Demircili Koyu Plajı'nın, Kum Denizi Plajı'na göre son yıllarda insanlar tarafından daha fazla tercih edilmesi sonucu oluşmuştur. Ayrıca Demircili Koyu Plajı'nın yakınlarında bulunan balık çiftliği de karasal kaynaklı çöplerin fazla olmasına, bu nedenle de birim alana düşen atık miktarının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Akdeniz'de bulunan bir ülke olan İsrail kıyılarında yapılan çalışmada m^2 başına 0,12 adet çöp düştüğü hesaplanmıştır (Pasternak vd., 2017). Bu çalışma ile kıyaslandığında İsrail kıyılarında m^2 başına daha düşük çöp olduğu gözlenmiştir. Bu durumun; İsrail plajlarının düzenli olarak temizlenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

En fazla bulunan çöp materyali olan plastikler, kendi aralarında karşılaştırıldığında ise ilk beş sıra sigara izmariti (1103 adet), plastik şişe kapakları (624 adet), diğer plastikler (187 adet), plastik poşet (175 adet) ve plastik ambalajlar (141 adet) şeklinde sıralanmıştır. Simeonova vd. (2017), Karadeniz'in Bulgaristan kıyılarında deniz çöpleriyle ilgili yaptığı çalışmada, en çok dağılımı gösteren plastik çöp tipi sigara izmaritleri ve filtreleri olmuştur (4514 adet). Sigara izmaritlerinin baskın olması, plajlarda insan aktivitesinin fazla olduğunun en yaygın örneğidir, yani plajda bulunan çöplerin kaynağı yakın orijinlidir.

Çalışma istasyonlarının Alkalay vd. (2007)'e göre Temiz Kıyı İndeksi değerlerine bakıldığında, Kum Denizi Plajı Aralık 2017, Mart 2018 ve Haziran 2018'de temiz, Ekim 2018'de ise çok temiz olarak hesaplanmıştır. Aralık 2017 ve Mart 2018'de havanın soğuk olmasından dolayı plajda çok fazla insan aktivitesinin olmaması fazla kirlenmeye sebep olmamış, bu yüzden de Aralık ayı Temiz Kıyı İndeksi değeri temiz çıkmıştır. Yaz aylarında (Haziran-Eylül) tüm Ege kıyılarında

turizm aktivitelerinin artması sonucu plajlarda deniz çöplerinin birikiminin artacağı düşünülmüştür. Bununla birlikte çalışılan 2 plajda da Haziran 2018'de en düşük deniz çöpü miktarı saptanmıştır. Bunun nedeni olarak plajların yerel yönetimler, turizm işletmeleri ve çevre gönüllüleri tarafından yapılan düzenli temizlik faaliyetlerinin neden olduğu düşünülmektedir. Bu çalışmayla uyumlu olarak benzer bulgular Fransa kıyılarında ve Karadeniz kıyılarında da ortaya konmuştur (Di-Meglio ve Campana, 2017; Esensoy Şahin vd., 2018; Aytan vd., 2019). Demircili Koyu Plajı'nda ise Temiz Kıyı İndeksi değerleri; Aralık 2017 temiz, Mart 2018 orta, Haziran 2018 temiz ve Ekim 2018 kirli bulunmuştur. Buna sebep olarak, yine aynı şekilde Aralık ayında havaların soğuk olmasından ötürü genel olarak insan aktivitesi gözlenmemiştir. Ancak Mart 2018 ayında hem rüzgarların etkisi hem de yerel halkın balıkçılık faaliyetlerine başlamasından dolayı, çok daha fazla kirlenme gözlenmiştir, bu da Temiz Kıyı İndeksi değerinin orta kirlilikte çıkmasına sebep olmuştur.

Çöp kirliliğini azaltabilmek için, bölgesel ve uluslararası düzeyde çeşitli önlemler alınmasından önce yapılması gereken kirliliğin oluşmasının engellenmesidir. Eğer kirliliğe sebep olan kaynaklar biliniyorsa, kaynağında yok etme işlemleri uygulanmalıdır. Kaynaklar bilinmiyor ise, kaynaklar teşhis edilip, uygun yöntemler aranmalıdır. Ulusal düzeyde alınabilecek önlemlerden bir tanesi çöplerin okyanuslara veya denizlere ulaşmasını ve sızmasını engelleyici anlaşmalar imzalanmalıdır. İkinci olarak, en büyük çöp kaynağı olan plastik malzemelerin, geri dönüşüm kriterlerine uymasını sağlayacak bir mevzuat oluşturulmalıdır. Başka bir öneri olarak; plastik üreticilerine, ürettikleri plastik maddenin %60'ı kadarını geri dönüştürme gibi zorunluluklar konulabilir. Yerel yönetimler olarak alınacak önlemlerin ilk basamağı; halkı mevcut plastik maddeleri geri dönüştürerek kullanmaya teşvik etmektir. Gerçekçi düşünüldüğünde plastik madde kullanımı olmadan yaşamanın aslında çok zor olduğunu gözlemleyebiliriz. Örneğin; deterjan kapları, yemek saklamada kullanılan sera streçleri veya buzdolabı poşetleri gibi günlük hayatta çok işimize yarayan ürünler plastikten oluşmaktadır. O zaman yüzde yüz yenilenebilir bir ham madde bulana kadar, üretilmiş ve doğada var olan plastikleri geri dönüştürerek, doğaya karışabilecek çöp miktarı azaltılabilir. 2019 yılının gelmesiyle birlikte ülkemizde yürürlüğe giren plastik poşetlerin ücretlendirilmeleri sadece poşetle sınırlı kalmayıp plastik şişe ve plastik bardaklar gibi daha çok madde için de uygulanmalıdır. Belediyelerin, çöpler için bir yönetim planı oluşturup, toplanmasına katkıda bulunmaları gerekmektedir. Endüstriyel anlamda atılabilecek adımlara bakıldığında ise, yenilenebilir ve sürdürülebilir hammadde üretimi için gerekli teknolojilere yatırım yapılmalıdır. Böylelikle hem geri dönüşüm desteklenmiş olur, hem de var olan kaynakların tekrar tekrar tüketilmesi engellenmiş olur. Bu da dolaylı olarak, mevcut plastik sayısının artmasını engelleyici bir önlem olabilir. Sadece mekanik geri dönüşüm değil, kimyasal geri dönüşüm de kullanılmalıdır. Kimyasal geri dönüşümde, geri dönüşüme uygun olmayan maddeler de geri dönüştürülebilir bu yüzden çöp miktarının azalmasında etkili olabilecek bir yöntemdir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından ID: 1112/18-ÇSUAM-001 proje numarası ile desteklenmiştir. Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi'ne ve Sn. Ahmet TÜZEN'e desteğinden dolayı teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

Alkalay, R., Pasternak, G., & Zask, A. (2007). Clean-coast index-A new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean and Coastal Management*, 50(5–6), 352–362. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002

Aydın, C., Güven, O., Salihoğlu, B., & Kıdeyş, A. E. (2016). The influence of land use on coastal litter: An approach to identify abundance and sources in the coastal area of cilician Basin, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1), 29–39. DOI:10.4194/1303-2712-v16_1_04

Aytan, U., Sahin, F. B. E., & Karacan, F. (2019). Beach litter on Sarayköy Beach (SE Black Sea): density, composition, possible sources and associated organisms. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(2), 137-145. DOI: 10.4194/1303-2712-v20_2_06

BMGK, (2005): Birleşmiş Milletler Genel Kurulu 2005 tarihli A/60/L.22 sayılı Okyanus ve Denizler Kanunun 65-70. Maddeleri.

Cerim, H., Filiz, H., Gülsahin, A., & Erdem, M. (2014). Marine litter: composition in eastern Aegean coasts. *OALib*, *01*(03), 1–7. DOI:10.4236/oalib.1100573

Chapman, M. G., & Clynick, B. G. (2006). Experiments testing the use of waste material in estuaries as habitat for subtidal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 338, 164–178. DOI: 10.1016/j.jembe.2006.06.018

Di-Meglio, N., & Campana, I. (2017). Floating macro-litter along the Mediterranean French coast: Composition, density, distribution and overlap with cetacean range. *Marine Pollution Bulletin,* 118, 155–166. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.02.026

Esensoy Şahin, F. B., Karacan, F., ve Aytan, Ü. (2018), Güneydoğu Karadeniz Rize Sarayköy Plajında Plastik Kirliliği, Aquatic Research, 1, (3), 127-135. DOI: 10.3153/AR18014

Galgani, F., Hanke, G., Werner, S. D. V. L., & De Vrees, L. (2013). Marine litter within the European marine strategy framework directive. *ICES Journal of Marine Science*, 70(6), 1055-1064.

GESAMP (Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution), (1991): The State of the Marine Environment. Rep. Stud. GESAMP No:39. 111pp. London: Blackwell Scientific Publications.

Gönülal, O., Öz, İ., Güreşen, S. O., & Öztürk, B. (2016). Abundance and composition of marine litter around Gökçeada Island (Northern Aegean Sea). *Aquatic Ecosystem Health & Management,* 19(4), 461-467. DOI: 10.1080/14634988.2016.1257898

Hengstmann, E., Gräwe, D., Tamminga, M., & Fischer, E. K. (2017). Marine litter abundance and distribution on beaches on the Isle of Rügen considering the influence of exposition, morphology and recreational activities. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1–2), 297–306. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.12.026

Kızılelma, Z. (2017). İzmir körfezi kıyılarında oluşan katı atık kirliliğinin araştırılması, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi, 85s.

Kiessling T., Gutow L., & Thiel M. (2015). Marine litter as a habitat and dispersal vector. In M. Bergmann, L. Gutow & M. Klages (Eds.), *Marine*

anthropogenic litter, pp. 141–181. Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-16510-3_6

Laist, D.W. (1987). Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6), 319–326. DOI:10.1016/S0025-326X(87)80019-X

Meteoblue, (2019). Meteorolojik arşiv Urla. Alıntılanma adresi: https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/archive/urla_t%C3%BCrkiye_298316?fcstlength=1m&year=2018&month=3 (22.05.2019)

Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U., & Mistri, M. (2016). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 49, 483-490. DOI: 10.1016/j.wasman.2015.12.010

Öztekin, A., Bat, L., & Gokkurt-Baki, O. (2019). Beach litter pollution in Sinop Sarikum Lagoon coast of the southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(3), 197-205..

Öztekin, A., & Bat, L. (2017). Microlitter pollution in sea water: a preliminary study from Sinop Sarikum coast of the southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 17, 1431-1440.

Pasternak, G., Zviely, D., Ribic, C. A., Ariel, A., & Spanier, E. (2017). Sources, composition and spatial distribution of marine debris along the Mediterranean coast of Israel. *Marine Pollution Bulletin*, *114*(2), 1036–1045. DOI:10.1016/j.marpolbul.2016.11.023

Ryan, P. G. (2015). A brief history of marine litter research. In Marine anthropogenic litter (pp. 1-25). Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-319-16510-3

Simeonova, A., Chuturkova, R., & Yaneva, V. (2017). Seasonal dynamics of marine litter along the Bulgarian Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, *119*(1), 110–118. DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.03.035

Smith, S. D. A., Gillies, C. L., & Shortland-Jones, H. (2014). Patterns of marine debris distribution on the beaches of Rottnest Island, Western Australia. *Marine Pollution Bulletin*, *88*(1–2), 188–193. DOI:10.1016/j.marpolbul.2014.09.007

Terzi, Y. (2014). Orta ve Doğu Karadeniz kıyılarındaki ve trol sahalarındaki denizel çöplerin miktarının ve kompozisyonunun incelenmesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi, 82s.

Terzi, Y., & Seyhan, K. (2017). Seasonal and spatial variations of marine litter on the south-eastern Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin.* 120(1-2), 154-158 DOI:10.1016/j.marpolbul.2017.04.041

Topcu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Ozturk, A. A., & Ozturk, B. (2013). Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research*, 85, 21-28. DOI: 10.1016/j.marenvres.2012.12.006

Vişne, A. & Bat, L. (2015). Deniz çöplerinin değerlendirilmesi üzerine deniz stratejisi çerçeve direktifi ve Karadeniz'deki mevcut durum. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*, 1(3), 104-115.

UNEP: United Nations Environmet Programme (2005): Marine Litter, an analytical overview. Nairobi 2005.

UNEP: United Nations Environment Programme; Cheshire, A.C., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S., Jarayabhand, S., Jeftic, L., Jung, R.T., Kinsey, S., Kusui, E.T., Lavine, I., Manyara, P., Oosterbaan, L., Pereira, M.A., Sheavly, S., Tkalin, A., Varadarajan, S., Wenneker, B., Westphalen, G. (2009). UNEP/IOC Guidelines on Survey and Monitoring of Marine Litter. UNEP Regional Seas Reports and Studies, No. 186; IOC Technical Series No. 83: xii + 120 pp

http://www.egejfas.org/tr/
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 63-68 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.07

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ

Bioinformatics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) lymphocyte cytosolic protein 1 (*lcp1*) gene

Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) lenfosit sitosolik protein 1 (*lcp1*) geninin biyoinformatiği

Mehtap Bayır[1]* ● Gökhan Arslan[2]

[1] Atatürk University Agricultural Faculty, Department of Agricultural Biotechnology, Erzurum https://orcid.org/0000-0002-7794-1058
[2] Atatürk University Aquaculture Faculty, Erzurum https://orcid.org/0000-0002-8634-8598

*Corresponding author: mehtap.bayir@atauni.edu.tr

Received date: 18.02.2020 *Accepted date: 06.10.2020*

How to cite this paper:
Bayır, M. & Arslan, G. (2021). Bioinformatics of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) lymphocyte cytosolic protein 1 (lcp1) gene. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 63-68. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.07

Abstract: Bioinformatics analysis of lymphocyte cytosolic protein 1 (*lcp1*) gene in tilapia (*Oreochromis niloticus*) which is a model organism in experimental studies were completed in this study. For this purpose, characterization and identification of *lcp1* has been completed and ensembl database has been used to design the structure of *lcp1* gene. In addition, the chromosome region of tilapia *lcp1* and other genes in the same region with *lcp*1were determined. The chromosome of these genes were detected in zebrafish and human which are identical orthologos of tilapia. Conserved gene synteny designed manually according to these chromosomal regions. In addition, amino acid sequences synthesized by *lcp1* gene in some vertebrates were determined using some bioinformatics databases such as UNIPROT, ENSEMBL and NCBI before determine the phylogenetic relationship between these organisms and tilapia. Sequence similarity-identity rate of tilapia *lcp1* gene with zebrafish, rainbow trout, human, mouse and platyfish *lcp1/Lcp1* was calculated using BLOSUM62 matrix algorithm. This study is of great importance for the completion of in silico analysis of *lcp1* gene in tilapia because it is an aquatic model organism and it has an important place among economic aquaculture species. However this study provides the basic pioneering information for the future studies on molecular stress response in fish.

Keywords: Tilapia, genomic organisation, lcp1, phylogeny

Öz: Bu çalışmada, deneysel çalışmalarda model organizma olarak kullanılan tilapia (*Oreochromis niloticus*) 'da lenfosit sitozolik protein 1 (*lcp1*) geninin biyoinformatik çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla, *lcp1*'in karakterizasyonu ve tanımlaması yapılmış ve *lcp1* geninin yapısını tasarlamak için ensembl veri tabanı kullanılmıştır. Ayrıca tilapia *lcpl* geninin üzerinde yer aldığı kromozom bölgesi ve *lcpl* geni ile aynı bölgedeki diğer genler ile bu genlerin de yerleri belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu genlerin kromozom bölgeleri, tilapianın ortologları olan zebra balığı ve insanda da tespit edilmiştir. Bu kromozomal bölgelere göre manuel olarak korunmuş gen yapısı dizayn edilmiştir. Bunlara ilaveten, tilapia ile diğer omurgalılar arasındaki filogenetik ilişkinin belirlenmesi amacıyla UNIPROT, ENSEMBL ve NCBI gibi bazı biyoinformatik veritabanları kullanılarak *lcp1* geni tarafından sentezlenen amino asit sekanslarına ulaşılmış ve bu seklanslar kullanılark filogenetik ağaç, Mega programı yardımıyla, Maksimum Olasılık Metodu'na göre oluşturulmuştur. Zebra balığı, gökkuşağı alabalığı, insan, fare ve plati balığı *lcp1/Lcp1* ile tilapia *lcp1* geninin sekans benzerlik-özdeşlik oranı BLOSUM62 matris algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Bu çalışma, tilapiada *lcp1* geninin in-siliko analizinin tamamlanması için büyük önem taşımaktadır. Çünkü tilapia, sucul bir model organizmadır ve ekonomik su ürünleri türleri arasında önemli bir yere sahiptir. Bu nedenlerle, yapılan bu çalışma, balıklarda moleküler stres yanıtı üzerine yapılacak çalışmalar için temel *oluşturacak ve her zaman başvurulacak bilgiler sağlamaktadır.*

Anahtar kelimeler: Tilapia, genomik organizasyon, lcp1, filogenetik

INTRODUCTION

L-plastin which conserved from yeast to man belongs to the fimbrin family of actin-binding proteins consists of a head domain (10-kDa) and a core domain (60 kDa) (Bredscher, 1981; Lin et al., 1988; Adams et al., 1995). As it is known, cell movement is necessary for the immune system, but how it regulates the movement is much more important as it can be destructive in diseases such as cancer (Goldstein et al., 1985; Lin et al., 1988). *Lcp1* was first discovered in neoplastic human fibroblasts. In subsequent studies, this protein was found to increase regulation of many cancer cell lines (Park et al., 1994) and was also highly expressed in normal leukocytes, including macrophages, monocytes and neutrophils. Therefore, studies on *lcp1* have been focused on two branches: leukocyte biology of l-plastin and cancer biology of l-plastin. However, the main goal of these two groups is to investigate the effects of actin cell skeleton on regulation and cell mobility (Margaret et al., 2017). This protein has been the subject of many scientific researches (Otsuka et al., 2001; Chung and Deisseroth, 2004; Li and Zhao, 2011) especially because it is a cancer marker, but *lcp1* gene regulation, protein function and bioinformatics still need to be studied.

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Tilapia is one of the most aqua cultured fish in tropical and subtropical regions due to its resistance to bad environmental conditions, easy breeding, high adaptability to salty and brackish waters, high plant and animal nutrient resources and rapid growth except from its sensitivity to low water temperature (Donaldson, 1979; Tekelioğlu et al., 1991). Tilapia is cultivated in 75 countries around the world and its most common farming species is *Oreochromis niloticus*. A large part of tilapia production is in Asia and China takes the first place in the production of tilapia and Philippines follows China (Urch, 1996). Tilapia which is widely farming in many countries, are preferred as a model organism in experimental and genetic studies due to its low chromosome number (2n = 44) and its whole genome sequence is completed (Guyon et al., 2012) as well as being an easily available species (Ergene et al., 1998).

Genetic similarities between species present in all organisms mean that studies on one organism can be used as a data source for other species (Collins et al., 1998). Therefore, in this study, the bioinformatics of *lcp1* gene in aquatic model organism, tilapia (*O. niloticus*) will be completed and leading data will be provided for molecular studies in other fish.

MATERIAL AND METHOD

Bioinformatics of lymphocyte cytosolic protein 1 (*lcp1*) gene

In order to investigate whether the lymphocyte cytosolic protein 1 (*lcp1*) gene is a functional or non-functional or pseudogene in tilapia, the cDNA sequence of this gene was reached from the ENSEMBL database and confirmed that the *lcp1* gene is a functional gene. Ensemble ID and Uniprot ID of tilapia *lcp1* gen was determined as ENSONIG00000016164 and I3KGW3, respevtively and its amino acid number was determined as 619.

The conserved gene synteny is designed to detect genes that are conserved in the same way as the orthologues of living organism. For this purpose, we designed the gene synteny by detecting conserved genes in tilapia, zebrafish and human. It was first determined which chromosomes and regions of *lcp1* gene were found in tilapia and then other genes in this chromosome were found and their locations were recorded. Then, the chromosomes and locations of these genes detected in zebrafish (*Danio rerio*) and human (*Homo sapiens*) which are orthologs of tilapia (Table1). Finaly the conserved gene synteny was designed manually using these datas (Figure 1).

Table 1. The genes used in conserved gene synteny and their location in tilapia, human and zebrafish

Gene	Gene symbol	Tilapia		Human		Zebrafish	
		Scaffold	Location	Chromosome	Location	Chromosome	Location
Integral membrane protein 2Bb	*itm2bb*	GL831210.1	0.81	13	48.23	9	25.33
Laccase domain containing 1	*lacc1*	GL831210.1	0.58	13	43.87	9	18.57
Leishmanolysin like peptidase	*lmln*	GL831210.1	0.47	3	197.96	9	38.50
Integrin subunit alpha	*itgav*	GL831210.1	0.51	2	186.59	9	11.59
5-hydroxytryptamine (serotonin) receptor 2A	*htr2aa*	GL831210.1	0.96	13	43.83	9	25.19
Succinate-CoA ligase ADP-forming beta subunit	*sucla2*	GL831210.1	0.87	13	47.74	6	10.03
Esterase D	*esd*	GL831210.1	1.13	13	46.77	9	25.17
Leucine rich repeats and calponin homology domain containing 1	*lrch1*	GL831210.1	1.12	13	46.55	9	25.09
Lymphocyte cytosolic protein 1	*lcp1*	GL831210.1	0.77	13	46.12	9	56.25
CCR4-NOT transcription complex subunit 11	*cnot11*	GL831210.1	0.79	2	101.25	9	56.23

For determining the phylogenetic relationship between the lcp1/LCP1 genes tilapia (*O. niloticus*) and zebrafish (*Danio rerio*), rainbow trout (*O. mykiss*), brown trout (*Salmo trutta*), gilthead seabream (*Sparus aurata*), yellow perch (*Perca flavescens*), fugu (*Takifugu rubripes*), pike perch (*Sander lucioperca*), northern pike (*Esox lucius*) Norway rat (*Rattus norvegicus*) mouse (*Mus musculus*), human (*Homo sapiens*) CLUSTALW (Thompson et al. 1994) BioEdit program (http://www.mbio.ncsu.edu/bioedit/page2.html) was used. Firstly, the neighbor joining method was applied using the MEGA6 (Tamura et al., 2013) program, then the phylogenetic tree was constructed according to the maximum likelihood method (Kell et al., 2018) (Figure 2). Zebrafish (*Danio rerio*) fascin actin-bundling protein 2a (*fscn2a*) gene was used as the outer group.

Gene structure of tilapia *lcp1* which consists of exon-intron organization, amino acids produced by exons, 5 'UTR (with TATA box located in this region) and 3'UTR (showing poly A tail in this region) region of the gene, the starting point (+1) of the transcription was designed using data from ensembl database (Table 2). Sequence similarity and identity rate of tilapia *lcp1* gene with zebrafish, rainbow trout, human, mouse and platyfish *lcp1/Lcp1* was calculated using BLOSUM62 matrix algorithm and Bioedit program, CLUSTALW (Thompson et al., 1994) (Table 3).

RESULTS AND DISCUSSION

Bioinformatics study

Bioinformatics studies should be completed before experimental studies to understand how the expression of genes changes with various stress factors, in molecular studies, Therefore, this study will provide important bioinformatics for both fish physiology studies and studies on other vertebrates since tilapia is an important model organism. Although there are several studies on tilapia (Urch, 1996; Ergene et al., 1998; Tekelioglu et al., 1991; Kaya and Akbulut, 2012), study on bioinformatics of this model organism are still very poor

Genomic sequences analysis of tilapia *lcp1* gene

Some algorithms and databases such as ENSEMBL, UNIPROT and NCBI databases and BioEdit software, BLOSUM62 matrix program and MEGA6 program were used for in silico analysis such as designing gene structure, phylogenetic analysis, determining similarity and identy between tilapia and some other vertebrates, designing conserved gene in this study. It was seen tilapia *lcp*1 gene has 15 exons and 14 introns (Table 2).

Table 2. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) *lcp1* gene nucleotide sequence

```
5'gacctcagagtgctctgatcttattacacgcccagcagtaatgaacagagaggctttt
gtctgtcaggcaggaagtgaagcacaagcaggaagttttacactggcagaagtgagaact
gagcagtttgcttcacagtagaaaatcaggataccatctttgagtttcctctttctttct
ctaccacatggtccccgcttacatgctactcggtgctgacaggctttgacttttaaatTT
                                  +1
AATgatgtcttgtttttttctcttgtgcCAGTTTCAGGTTCCTCTATTGATTCACGCTTC

AACATGGCCGCCCCACCAATCACTGCAGAGGAGCTGGAGGATCTTAGAGAAGCATTCACT
-N--M--A--A--P--P--I--T--A--E--E--L--E--D--L--R--E--A--F--T-
AAAATTGgtaag'N702'tccagATGTGGACAATGACGGCGTTATCAGCAAGGATGAGCT
-K--I--                D--V--D--N--D--G--V--I--S--K--D--E--L
TGATGCTGTCCTCAAGGCCGCCAACCTTTCACTGCCCGGCTACAGAGTCAGAGAGATGAT
--D--A--V--L--K--A--A--N--L--S--L--P--G--Y--R--V--R--E--M--I
CCAGGAGCTGAGCAAGAGCAGCGAAGAGCTCAACTTTGATAAGTTTACTGAAgtggg'N127'
--Q--E--L--S--K--S--S--E--E--L--N--F--D--K--F--T--E-
tccagATTGTCCATGGACTAAAGAGTGCAGAGGTTGCAAAGACCTTCAAGAAAGCAATCA
     -I--V--H--G--L--K--S--A--E--V--A--K--T--F--K--K--A--I--
CCAAGAAGGAGGGCATCTGTAATGTGGCAGGAACCTCAGAGCAGACTGGCACTCAGCACT
T--K--K--E--G--I--C--N--V--A--G--T--S--E--Q--T--G--T--Q--H--
CTTACTCAGgtcag'N670'tgcagAGGAGGAGAAGGTAGCCTTTGTGAACTGGATCAAT
S--Y--S--                E--E--E--K--V--A--F--V--N--W--I--N-
AAAGCTCTGGAGAAGGATCCAGACTGCAAACACGTTCTGCCCATGGATCCTAACACCAAC
-K--A--L--E--K--D--P--D--C--K--H--V--L--P--M--D--P--N--T--N-
GACCTGTTCACCGCCATGGGAGATGGGATCGTTCTCTGgtacg'N1151'gttagTAAAA
-D--L--F--T--A--M--G--D--G--I--V--L--C                  --K-
TGATCAACCTGTCTGTAGCCGACACCATCGATGAGAGAACAATCAACAAGAAAAAGCTCA
-M--I--N--L--S--V--A--D--T--I--D--E--R--T--I--N--K--K--K--L-
CACCCTTCACCATCCAGgtgag'N98'aacagGAGAACCTGAACCTGGCCCTGAACTCGG
-T--P--F--T--I--Q                --E--N--L--N--L--A--L--N--S-
CATCAGCTATTGGCTGCCATGTGGTGAACATTGGAGCTGAGGACCTGAAGGAGGGCAGGC
-A--S--A--I--G--C--H--V--V--N--I--G--A--E--D--L--K--E--G--R-
AGCACCTGGTCCTGG GTCTGCTGTGGCAGGTCATCAAGATCGGGCTGTTCGCTGACATC
-Q--H--L--V--L--G--L--L--W--Q--V--I--K--I--G--L--F--A--D--I-
GAGCTCAGCAGGAATGAAGgtgtg'N226'tgcagCTCTGATCGCTCTGCTGCGGGATGG
-E--L--S--R--N--E--                A--L--I--A--L--L--R--D--G
AGAGAGTCTTGAGGATCTGATGAAACTTTCCCCCGAGGAGCTGCTGTTGCGTTGGGCCAA
--E--S--L--E--D--L--M--K--L--S--P--E--E--L--L--L--R--W--A--N
CTATCACCTGGAGGAGGCGGGCTGTGGCAAGATCAACAACTTCAGCAACGACATCAAGgt
--Y--H--L--E--E--A--G--C--G--K--I--N--N--F--S--N--D--I--K-
gat'N334'tccagGATTCGAAGGCGTACTACAACCTGCTGAACCAGGTGGCACCCAAAG
                -D--S--K--A--Y--Y--N--L--L--N--Q--V--A--P--K--
GAGACGAAGAGGGAATTCCCCCCATTGCCGTTGACATGTCAGGACTCAGGgtaag'N349'
G--D--E--E--G--I--P--P--I--A--V--D--M--S--G--L--R-
tgcagGAGAAAGACGACCTGAAGCGAGCGGAGCTCATGCTGGACCAGGCCGAAAGGCTCG
     -E--K--D--D--L--K--R--A--E--L--M--L--D--Q--A--E--R--L--
GGTGCAGACAGTTCGTTATGCCTACAGATGTCGTCCGTGGCAACCCTAAGCTCAACTTGG
G--C--R--Q--F--V--M--P--T--D--V--V--R--G--N--P--K--L--N--L--
CTTTTGTCGCCAATCTGTTCAACAAATACCCGGCTCTGAAGAAGCCAGAGAACCAGGACA
A--F--V--A--N--L--F--N--K--Y--P--A--L--K--K--P--E--N--Q--D--
TCGACTGGAGCTCCATCGAAGgtggg'N95'tccagGTGAAACCAGAGAGGAGCGCACCT
I--D--W--S--S--I--E--                G--E--T--R--E--E--R--T--
TCAGGAACTGGATGAACTCACTGGGAGTCAACCCTCGTGTAAACCATCTCTACGCgtaag
F--R--N--W--M--N--S--L--G--V--N--P--R--V--N--H--L--Y--A
'N123tgcagAGACACTCGACGACGCCTTGGTGATTTCCAGCTGTACGAGAAGATCAAAG
          --D--I--D--D--A--L--V--I--F--Q--L--Y--E--K--I--K--
TACCAGTGGACTGGGACAGAGTCAACAAACCTCCCTACCCCAAACTGAGCAGCAACATGA
V--P--V--D--W--D--R--V--N--K--P--P--Y--P--K--L--S--S--N--M--
AGAAGgtaca'N563'tccagCTGGAGAACTGTAACTACGCTGTGGAGCTGGGAAAGAAG
K--K-                -L--E--N--C--N--Y--A--V--E--L--G--K--K-
GAGGCCAAGTTCTCTCTGGTCGGCATTGCGGGTCAGGATCTGAACGCAGGGAATCGAACC
-E--A--K--F--S--L--V--G--I--A--G--Q--D--L--N--A--G--N--R--T-
CTCACCCTCGCTCTGCTCTGGCAGCTCATGAGGAGgtaaa'N245'ctcagGTACACCCT
-L--T--L--A--L--L--W--Q--L--M--R--R                --Y--T--L
GAATATTTTGGAGGACCTGGGCGATGGGCAAAAGGTGATCGATGACACCATCGTGTCCTG
--N--I--L--E--D--L--G--D--G--Q--K--V--I--D--D--T--I--V--S--W
GGTCAACGACAACCTGACAAGGGCCGGAAAATCCACAATCTCCAGCTTTAAGgtaac'N362'
--V--N--D--N--L--T--R--A--G--K--S--T--I--S--S--F--K-
gttagGACGGCTCCATCAGCACCAGCATGCCGGTTCTTGACCTGATCGATGCCATCCAGC
     -D--G--S--I--S--T--S--M--P--V--L--D--L--I--D--A--I--Q--
CTGGATCCATCCGGTACGACCTGCTGAAGACCGAAGACCTGACTGAGGAGGAGAAACTCA
P--G--S--I--R--Y--D--L--L--K--T--E--D--L--T--E--E--E--K--L--
ACAACgtacg'N93'tttagGCAAAGTACGCTATCTCCATGGCCAGGAAGATCGGCGCCC
N--N-                -A--K--Y--A--I--S--M--A--R--K--I--G--A--
GGGTGTATGCACTCCCCGAGGACCTGGTGGAGGTCAAGCCTAAGATGGTGATGACGGTGT
R--V--Y--A--L--P--E--D--L--V--E--V--K--P--K--M--V--M--T--V--
TCGCCTGCCTCATGGCTCGTGGCCTGAGGGCCTAAgtcccgtctgtgaagaggagacctc
F--A--C--L--M--A--R--G--L--R--A--*-
taaagctagcacccaaaggAAATAAgttgctaatgcagaggctccactcacaagttgtggc
tttagactgtaaccatttaatgaccagaaatattggatttatgatggcgatacagctgtgg
gacacatttcgtaacatctgctggtgattgatgtcttttactcgtgtttcttttaaatgta
caatagaaaactttgttttattcaaaaccaagaagctgaaataatcccaagggtcaagtta
aacctcacctaaagagttg 3'
```

*Tilapia (*Oreochromis niloticus*) *lcp1* gene structure. The exons of the *lcp1* are shown in capital letters. The starting site of transcription is +1, 5 UTR sequence and 3' UTR sequence are shown in lower case. The first 5 nucleotides and last 5 nucleotides of the introns and the rest of the nculeotides number are given red and lower case. The TATA box and the poly adenylation signal (AATAAAA) are shown in capital letters and painted in blue. Amino acids are shown in capital letters which are placed under exons.Stop codon (TGA) is specified asterisk.

Orthology of tilapia *lcp1* gene with *lcp1* genes from other vertebrates

Protein sequence alignment of each tilapia *lcp1* gene with *lcp1*s from platyfish (*Xiphophorus maculatus*), zebrafish (*Danio rerio*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), human (*Homo sapiens*) and mouse (*Mus musculus*) was performed using CLUSTAL W (Thompson et al., 1994), and sequence identity and similarity of tilapia Lcp1 with Lcp1s from other teleost fishes and tetrapods were detected. Tilapia Lcp1 shared highest percentage sequence identity and similarity with fish Lcp1 sequences from tetrapods (Table 3). According to the Table 3, identity-similarity rates of tilapia *lcp1* gene were found as 89-95% with platyfish (Pf), 87-94% with zebrafish (Zf), 85-91% with rainbow trout (Rt), 79-88% with human (Hu) and 79-88% mouse (Mo).

Table 3. Identity-similarity rate between Tilapia (Ti) and, Platyfish (Pf) Zebrafish (Zf), Rainbow trout (Rt), Human (Hu) and Mouse (Mo)

```
Ti lcp1  1   -MAAPPITAEELEDLREAFTKIDVDNDGVISKDELDAVLKAANLSLPGYRVREMIQELSK
Pf lcp1  1   -...TK.S.....E.....A.....GN.F......NELFR....A....K....V...TR
Zf lcp1  1   -...AQ.S...M.E.......V...GN.H..T...N.LF.....P........I...I.R
Rt lcp1  1   MA.PAQ.SQD...E.....A.....SH.H.GT...NDLF.....P........I..D.T.
Hu Lcp1  1   -..RGSVSD..MME.....A.V.T.GN.Y..FN..NDLF...C.P........ITEN.MA
Mo Lcp1  1   -..RGSVSD..MME.....A.V.T.GN.Y..CN..NDLF...C.P........ITEN.MA

Ti lcp1  60  S-----SEELNFDKFTEIVHGLKSAEVAKTFKKAITKKEGICNVAGTSEQT--GTQHSYS
Pf lcp1  60  T-----.NS.T.EE...M......T......R...N.............S--.......
Zf lcp1  60  TMDLNQDGKIT..E.AKV..D...S......R...N......S.......S--.......
Rt lcp1  61  TGDLH-DGKVT.NE.ANV......T..........N.....NA.......SSS.......
Hu Lcp1  60  TGDLDQDGRIS..E.IK.F.....TD.....R...N......AIG.....SSV.......
Mo Lcp1  60  TGDLDQDGKIS..E.IKVF.....T......R...N......AIG.....SSV.......

Ti lcp1  113 EEEKVAFVNWINKALEKDPDCKHVLPMDPNTNDLFTAMGDGIVLCKMINLSVADTIDERT
Pf lcp1  113 ........................I.....N.....................P.......
Zf lcp1  118 ..........V..........Q.......S.D.....V..............P.......
Rt lcp1  120 ..........V..................T.......V...........Q..P.......
Hu Lcp1  120 ....Y...........N....R..I..N.......N.V..............P.......
Mo Lcp1  120 ....Y...........N....R..I..N...D...N.V..............P.......

Ti lcp1  173 INKKKLTPFTIQENLNLALNSASAIGCHVVNIGAEDLKEGRQHLVLGLLWQVIKIGLFAD
Pf lcp1  173 ..........V...............................................
Zf lcp1  178 ............................................................
Rt lcp1  180 ............................................................
Hu Lcp1  180 ......................................KPY.................
Mo Lcp1  180 ......................................KPY.................

Ti lcp1  233 IELSRNEALIALLRDGESLEDLMKLSPEELLLRWANYHLEEAGCGKINNFSNDIKDSKAY
Pf lcp1  233 ..I.............................................NS........
Zf lcp1  238 ..I...................V.....................P......S........
Rt lcp1  240 ..I.......................................S......S........
Hu Lcp1  240 ..............E........................N...N..G...T........
Mo Lcp1  240 ..............E........................N...T..T...T........

Ti lcp1  293 YNLLNQVAPKGDEEGIPPIAVDMSGLREKDDLKRAELMLDQAERLGCRQFVMPTDVVRGN
Pf lcp1  293 ..I..........D.V.A..I....I...E......C.....DK.........A......
Zf lcp1  298 ..I..............A.PI.I..I..........C..E..D........TA.......
Rt lcp1  300 ..I..............L..I.I..I...E.I....C..E..D........TA.......
Hu Lcp1  300 .H..E..........V.AVVI..........IQ...C..Q...........TA.......
Mo Lcp1  300 .H..E............AVVI..........IQ...C..Q...........TA.......

Ti lcp1  353 PKLNLAFVANLFNKYPALKKPENQDIDWSSIEGETREERTFRNWMNSLGVNPRVNHLYAD
Pf lcp1  353 ............................................................
Zf lcp1  358 ......Y.....................................................V.
Rt lcp1  360 ......YI....................................................V.
Hu Lcp1  360 .......I.....R....H.........GAL...........................S.
Mo Lcp1  360 .......I..........H.........GAL...........................S.

Ti lcp1  413 IDDALVIFQLYEKIKVPVDWDRVNKPPYPKLSSNMKKLENCNYAVELGKKEAKFSLVGIA
Pf lcp1  413 ...............................G............................
Zf lcp1  418 LA...................K.........G............................
Rt lcp1  420 ..............N.............S..G.................N..........
Hu Lcp1  420 LS..................N..........GG................NQ........G
Mo Lcp1  420 LS..................N..........GG............D...NQ.........

Ti lcp1  473 GQDLNAGNRTLTLALLWQLMRRYTLNILEDLGDGQKVIDDTIVSWVNDNLTRAGKS-TIS
Pf lcp1  473 .....E...............................V.E.......GT..E...G-...
Zf lcp1  478 .....E.................................I..E...Q...ET..Q...G-...
Rt lcp1  480 .....E...K..Q................E.......N.....T....T..Q...G-...
Hu Lcp1  480 .....E.........I.............EI.G....N..I..N...ET.RE.K..SS..
Mo Lcp1  480 .....E.........V.............I.G....N..I..N...TT.KE.Q..SS.A

Ti lcp1  532 SFKDGSISTSMPVLDLIDAIQPGSIRYDLLKTEDLTEEEKLNNAKYAISMARKIGARVYA
Pf lcp1  532 ....KC..S...........................M.........................
Zf lcp1  537 G.......S......................A....D........................
Rt lcp1  539 G......A.....................I.V.............................
Hu Lcp1  540 ....PK....L..............N.......N.NDD.......................
Mo Lcp1  540 ....PK....L..............N.......N.DD........................

                                                Identity (%)   Similarity (%)

Ti lcp1  592 LPEDLVEVKPKMVMTVFACLMARGLRA-        100            100
Pf lcp1  592 ........................M.RA         89             95
Zf lcp1  597 ........................M.RI         87             94
Rt lcp1  599 ........................MKRV         85             91
Hu Lcp1  600 ........N............GK.MKRV         79               88
Mo Lcp1  600 ........N............GK.MKRV         79               88
```

*The dots refer to repeating amino acids and lines represent undetectable amino acids

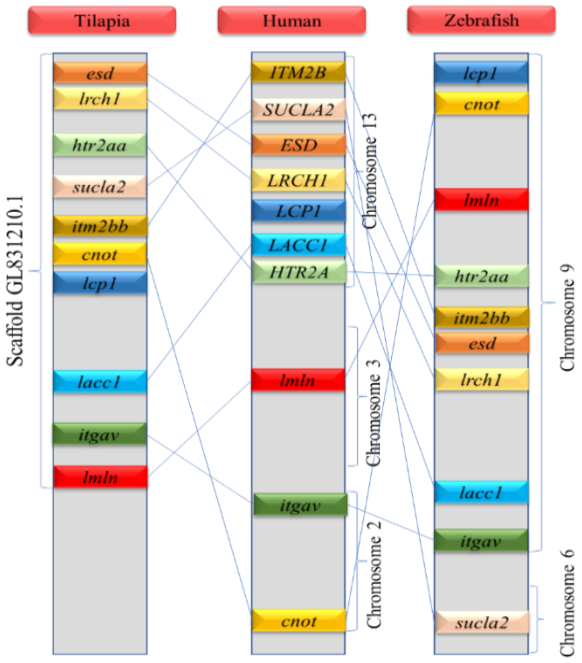


Figure 1. Conserved Gene Synteny of Tilapia *lcp1*gene

In order to detect the conserved genes of tilapia with zebrafish and human, it was first determined that the lcp1 gene was on the schaffold GL831210.1 and the other genes found in this schaffold were determined from the Ensembl genome database (Table 1). Then, conserved gene synteny was generated manually by region (Chromosome 2, 3 and 13 in human genome and Chromosome 6 and 9 in zebrafish genome) of these detected gene (Figure 1) As it is known, teleost fish have conserved regions for the gene structure of the same gene family, and the conserved gene synteny clearly demonstrates this (Figure 1). It's known that, teleost fish may have two copies of the genes as a result of duplication of the whole genome which are found as a single copy in the other organisms (Amores et al. 1998; Meyer and Schartl 1999; Postlethwait et al. 2000; Braasch and Postlethwait, 2012; Çapan, 2019; Bayır et al., 2020). The results indicate that the *lcp1* gene appeared as a result of teleost genome duplication (TGD) in bony fish, but one copy was lost after the TGD. It was seen sometimes in teleost fish such as Bayır et al., (2020) reported that of the medaka, tilapia, stickleback, puffer fish, platyfish, Makobe island cichlid, Midas cichlid, Amazon molly and fugu have a copy of creatine kinase gene (*ckma*), while zebrafish has two copies of creatin kinase gene, *ckma* and *ckm*

A neighbor-joining phylogenetic tree, constructed using sequences of Lcp1/LCP1 from zebrafish, rainbow trout, brown trout, gilthead seabream, yellow perch, fugu, pike, northern pike, Norway rat, mouse and human further supported this orthology (Figure 2). The phylogenetic tree which generated by maximum likelihood method showed that specific fish Lcp1 proteins clustered in distinct clades from tetrapods. The reliability of the tree was evaluated with a 1000 bootstrap replicates (Felsenstein, 1985).

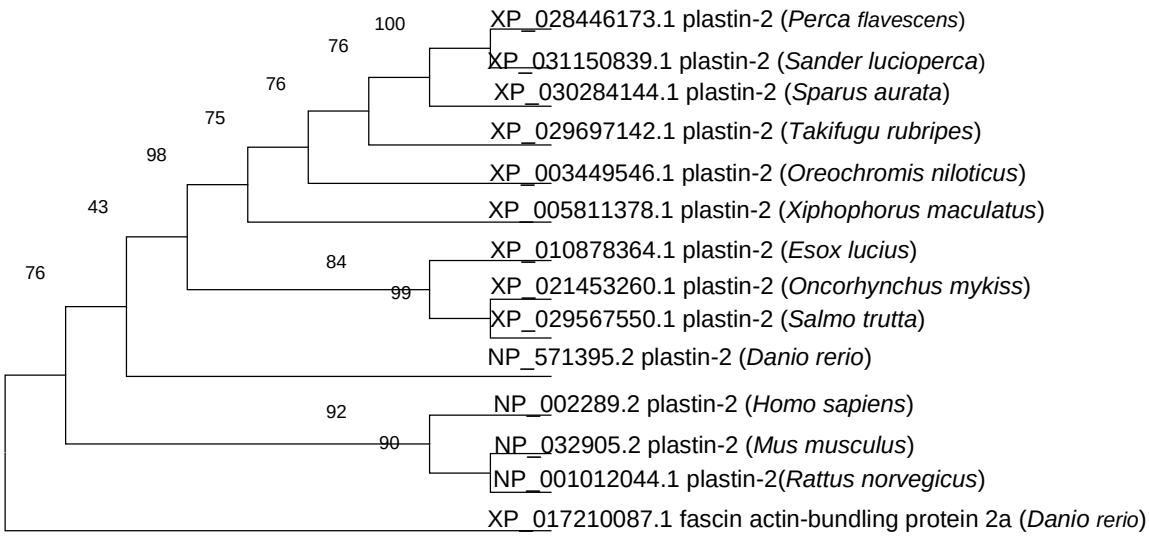


Figure 2. Phylogenetic tree of tilapia *lcp1* gene. Phylogenetic relationships between *lcp1* sequence from tilapia and the other fish and tetrapods. Tree was constructed using Maximum Likelihood method (Felsenstein, 1989). NCBI accession IDs of the sequences used for phylogenetic tree are given in phylogenetic tree

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is based on bioinformatics in aquaculture. I would like to thank Prof. Jonothan M. Wright and Prof. Roy G. Danzmann who shared their bioinformatics knowledge with me as long as I worked in their laboratories as a post-doc researcher during two years.

REFERENCES

Adams, A.E., Shen, W., Lin, C. S., Leavitt, J. & Matsudaira, P. (1995). Isoform-specific complementation of the yeast sac6 null mutation by human fimbrin. *Molecular and Cellular Biology*, 15, 69-75.

Amores, A., Force, A., Yan, Y.L., Joly, L., Amemiya, C., Fritz, A., Ho R.K., Langeland, J., PrinceV., Wang, Y.L., Westerfield, M., Wang, M.E., Y.L. Postlethwait, J. H. (1998). Zebrafish hox clusters and vertebrate genome evolution. *Science,* 282 (5394), 1711-1714. DOI: 10.1126/science.282.5394.1711

Bayır, M., Arslan, G., Yıldız Oğuzhan, P. (2020). Characterization, identification and phylogeny of the cretaine kinase (*ckma*) gene in medaka (*Oryzias latipes*). *Marine Science and Technology Bulletin,* 9(1), 15-22.

Braasch, I. & Postlethwait, J.H.I. (2012). Polyploidy in fish and the teleost genome duplication. In: Soltis, P.S., Soltis, D.E. (eds.), *Polyploidy and Genome Evolution*, 341-383. DOI:10.1007/9783-642-31442-1_17

Bretscher, A. (1981). Fimbrin is a cytoskeletal protein that crosslinks F-actin in vitro. *Proceeeding of the National Academy of Sciences*, 78,6849–6853. DOI:10.1073/pnas.78.11.6849

Chung, I. & Deisseroth, A.B. (2004). Recombinant adenoviral vector containing tumor-specific L-plastin promoter fused to cytosine deaminase gene as a transcription unit: Generation and functional test. *Archives of Pharmacal Research*, 27(6), 633-9.

Collins, F.S., Patrinos, A., Jordan, E., Chakravarti, A., Gesteland, R. & Walters, L. (1998). New Goals for the U.S. Human Genome Project: 1998-2003. *Science,* 282, 682-689. DOI:10.1126/science.282.5389.682

Çapan, E.C. (2019). Plati balığı (*Xiphophorus maculatus*)'nda katalaz enzim geninin biyoenformatiği ve doku spesifik dağılımı. Master Thesis. Atatürk University, Erzurum. 77 pp.

Donaldson, E. M. 1979. Hormonal enhancement of growth. *Fish Physiology*, 8, 456-597.

Ergene, S., Kaya, F., Pekcan, Y. & Oral, A. (1998). A Karyological Analysis of *Oreochromis niloticus* (L., 1758) (Pisces, Cichlidae) Used in Aquaculture, *First International Symposium on Fisheries and Ecology*, 1(10), 2-4, Trabzon.

Felsenstein, J. (1989). PHYLIP-Phylogeny inference package. *Cladistics*, 5, 164-166.

Goldstein, D., Djeu, J., Latter, G., Burbeck, S. & Leavitt, J. (1985). Abundant synthesis of the transformation-induced protein of neoplastic human fibroblasts, plastin, in normal lymphocytes. Cancer Res.; 45(11 Pt 2), 5643-7.

Guyon, R., Rakotomanga, M., Azzouzi, N., Coutanceau, J.P., Bonillo, C., D'Cotta, H., Pepey E, Soler, L., Rodier-Goud, M., D'Hont, A., Conte, M.A., van Bers, N. E.M., Penman, D.J., Hitte, C., Crooijmans, R.P.M.A., Kocher, T.D., Ozouf-Costaz, C., Baroiller, J.F. & Galibert F. (2012). A high-resolution map of the Nile tilapia genome: a resource for studying cichlids and other percomorphs. *BMC Genomics,*6(13), 222. DOI: 10.1186/1471-2164-13-222

Kaya, H., Akbulut, M. (2012). Kurşuna Maruz Bırakılan Tilapia *(Oreochromis mossambicus*)'nın Eritrosit Morfolojisinde Görülen Değişimler, 22(B), 10-15.

Kell, A.J.E., Yamins, D.L.K., Shook, E. N. & Norman-Haignere, S.V. (2018). A Task-Optimized Neural Network Replicates Human Auditory Behavior, Predicts Brain Responses, and Reveals a Cortical Processing Hierarchy. *Neron*, 98(3), 630-644.

Li, J. & Zhao, R. (2011). Expression and clinical significance of L-plastin in colorectal carcinoma. *Journal of Gastrointestinal Surgery*, 15(11), 1982-1988. DOI: 10. 1007/s11605-011-1678-4

Lin, C.S., Aebersold, R. H., Kent, S. B., Varma, M. & Leavitt, J. (1988). Molecular cloning and characterization of plastin, a human leukocyteprotein expressed in transformed human fibroblasts. *Molecular and Cellular Biology*, 8, 4659-4668.

Margaret, J.K., Rachel, E.R., Emily A. B., Zachary J. C., Paul J.P., Taylor A. M., Jacek T. & Elizabeth, E.L. (2017). Targeted deletion of the zebrafish actinbundling protein L-plastin *(lcp1*). *PLoS ONE,* 13(1) . DOI:10.1371/journal. pone.0190353

Meyer, A. & Schartl, M. (1999). Gene and genome duplications in vertebrates: The one-to-four (-to-eight in fish) rule and the evolution of novel gene functions. *Current Opinion in Cell Biology,* 11(6), 699-704. DOI:10.1016/s0955-0674(99)00039-3

Otsuka, M., Kato, M., Yoshikawa, T., Chen, H., Brown, E.J.Masuho, Y., Omata, M., Seki, N. (2001). Differential expression of the L-plastin gene in human colorectal cancer progression and metastasis. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 289(4), 876-81.

Park, T.S., Chen, Z.P. & Leavitt, J. (1994). Activation of the leukocyte plastin gene occurs in most human cancer cells. *Cancer Research*, 54(7), 1775-1781.

Postlethwait, J.H., Woods, I.G., Ngo-Hazelett, P., Yan, Y.L., Kelly, P.D., Chu, F., Huang, H., Force, A. H., Talbot, W.S. (2000). Zebrafish comparative genomics and the origins of vertebrate chromosomes. *Genome Research,* 10,1890-1902. DOI:10.1101/gr.164800

Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A. & Kumar S, (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30 (12): 2725-2729. DOI: 10.1093/molbev/mst197

Tekelioğlu, N., Sarıhan, E., Polat, A. & Işık, O. (1991). Tilapyaların (*Tilapia zilli*) Çukurova Koşullarında Sera İçerisinde Kışlatılmaları ve Cinsiyetlerinin Hormonlu Yemlerle Değiştirilmesi. Ege Üni. Su Ür. Fak. Eğitiminin 10. Yılında Su Ürünleri Sempozyumu (12-14 Kasım), İzmir, 534-541 s.

Thompson, J.D., Higgins, D.G. & Gibson, T. J. (1994). CLUSTAL W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positions-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22), 4673-4680. DOI:10.1093/nar/22.22.4673

Urch, M. (1996). Spotligt turns on Tilapia: 'the fish of the 21st Century' Seafood International June pp 25-27.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 69-78 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.08

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ

Effects of feed rations containing egg powder in different proportions on growth performance, feed utilization, body composition and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fry

Farklı oranlarda yumurta tozu içeren yem rasyonlarının yavru gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* walbaum, 1792) büyüme performansı, yem kullanımı, vücut kompozisyonu ve yaşam oranına etkileri

Özay Köse[1*] ● Huriye Arıman Karabulut[2] ● İlker Zeki Kurtoğlu[3] ● Akif Er[4]

[1] Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, Rize, 53100, Turkey https://orcid.org/0000-0002-3565-160X
[2] Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, Rize, 53100, Turkey https://orcid.org/0000-0002-9171-2024
[3] Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, Rize, 53100, Turkey https://orcid.org/0000-0002-4214-7997
[4] Recep Tayyip Erdogan University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, Rize, 53100, Turkey https://orcid.org/0000-0002-0052-5590

*Corresponding author: ozay.kose@erdogan.edu.tr
Received date: 19.02.2020 *Accepted date: 09.11.2020*

How to cite this paper:
Köse, Ö., Karabulut Arıman.H., Kurtoğlu, İ.Z. & Er, A. (2021). Effects of feed rations containing egg powder in different proportions on growth performance, feed utilization, body composition, and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fry. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 69-78. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.08

Abstract: This study aims to determine the appropriate egg powder ratio that can be substituted into the fish meal to close the protein deficit without adversely affecting the development performance of rainbow trout fry (*Oncorhynchus mykiss*) (0.38±0.01 g and 3.55±0.05 cm). Also, the effects of egg powder used as a protein source on rainbow trout feed on growth performance, feed utilization, body composition, and survival rates were investigated. The egg powder ratio in the ration of the groups were arranged to be 0% (Control), 25% (E-25), 50% (E-50), 75% (E-75), and 100% (E-100) of the amount of protein obtained from fish meal. To evaluate their growth performance, fish were fed for 90 days between March and May, and additional feeding was given for 17 days for the challenge test. As a result of the study, when the more than 25% egg powder was added to the ration, the final body weight (FBW), weight gain (WG), weight gain rate (WGR), specific growth rate (SGR), feed intake (FI), and protein efficiency ratio (PER) had a statistically significant difference among the groups ($p<0.05$). It was determined that the difference between groups was insignificant in terms of condition factor (CF), and the addition of more than 25% egg powder to the ration increased the feed conversion ratio (FCR) statistically and significantly ($p<0.05$). As a result of the challenge test carried out with two different fish pathogens (*Lactococcus garvieae* and *Yersinia ruckeri*), it was determined that the addition of egg powder decreased the survival rate in all groups compared to the control group ($p <0.05$). As a result, it was concluded that up to 25% of egg powder can be used rainbow trout fry feeds, but continuous feeding with egg powder supplemented feeds may cause fish health problems.

Keywords: Egg powder, growth performance, *Lactococcus garvieae, Oncorhynchus mykiss*, *Yersinia ruckeri*, protein

Öz: Bu çalışma, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının (0.38±0.01 g ve 3.55±0.05 cm) gelişim performansını olumsuz etkilemeden protein açığını kapatmak için balık ununa ikame edilebilecek uygun yumurta tozu oranını belirlemeyi amaçlamaktadır. Ayrıca gökkuşağı alabalığı yemlerinde protein kaynağı olarak kullanılan yumurta tozunun büyüme performansı, yemden yararlanma, vücut kompozisyonu ve yaşama oranları üzerindeki etkileri de araştırılmıştır. Grupların rasyonlarındaki yumurta tozu oranı balık unundan elde edilen protein mikranının %0 (Kontrol), %25 (E-25), %50 (E-50), %75 (E-75) ve %100 (E-100) olacak şekilde hazırlandı. Gelişim permanslarının değerlendirilmesi için Mart - Mayıs ayları arasında 90 gün boyunca beslenen balıklara, challenge testi için ise 17 gün ilave yemleme yapıldı. Çalışmanın sonunda, rasyona %25 den daha fazla yumurta tozu ilavesinin ağırlık kazancı (AA), ağırlık artışı oranı (AAO), spesifik büyüme oranı (SBO), yem alımı (YA) ve protein değerlendirme oranı (PDO) bakımından gruplar arasında farklılaşmaya yol açtığı tespit edildi ($p<0,05$). Gruplar arasındaki farkın kondisyon faktörü (KF) açısından önemsiz olduğu ve rasyona %25'ten fazla yumurta tozu eklenmesinin, yem dönüşüm oranını (YDO) anlamlı olarak artırdığı belirlendi ($p <0.05$). İki farklı balık patojeniyle (*Lactococcus garvieae* ve *Yersenia ruckeri*) yapılan challenge testi sonucunda, yumurta tozu ilavesinin tüm gruplarda kontrol grubuna oranla yaşama yüzdesini düşürdüğü belirlendi. Sonuç olarak, gökkuşağı alabalığı yavru yemlerinde %25'e kadar yumurta tozunun kullanılabileceği, ancak yumurta tozu takviyeli yemlerle sürekli beslenmenin balık sağlığı sorunlarına neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Büyüme performansı, *Lactococcus garvieae Oncorhynchus mykiss*, yumurta tozu, *Yersinia ruckeri*, protein

INTRODUCTION

The demand for animal protein is increasing day by day with the increase of the world population, increasing the welfare level of people, and spreading awareness of healthy nutrition. Fish is the most profitable product for consumers to meet this animal protein requirement. With the increase in protein demand, the animal husbandry sector is growing rapidly and this situation increases the amount of feed required. According to FAO (2018) the aquaculture sector, which has a growth rate of 5.8% between 2001 and 2016, brought about growth in the feed sector. In 2016, world

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

compound feed production reached a record level with 1 billion 32 million tons of production (*Dünya Karma Yem Pazarı*, 2018). According to 2018 data, the share of fish feed in the world compound feed production is 4% (*Türkiyem-Bir*, 2019).

Fish feed required for aquaculture is largely dependent on fish meal and fish oil production. Since the annual production of fish meal and fish oil is almost constant, it is likely to pose a problem in the coming years (FAO, 2002; Petterson, 2010) Fish meal is the most commonly used component in animal feeds as a source of animal protein. Fish meal and fish oil are obtained from fish which are obtained from fishing activities and not offered for human consumption (Erdogan, 2008). However, against the increasing demand, fish meal, and fish oil production obtained by fishing activities can no longer meet the demand. This situation has led to an increase in fish meal and fish oil prices. Excessively high prices have led researchers to search for different protein sources in fish feeds (Akiyama et al., 1995; Erdogan, 2008).

In terms of biological value, when egg protein is compared to other foodstuffs, it comes first with 95% digestibility (Çopur et al., 2004; Çelebi and Karaca, 2006). Due to the good amino acid content of egg protein, its biological value has been accepted as 100 and reported to be used as a reference value for other foodstuffs in food quality analyses (Hasipek and Aktaş, 1997; Çelebi and Karaca, 2006). The albumen and yolk of the egg, which are very rich in vitamins and minerals, have different concentrations of vitamins and minerals. Egg yolk is rich in vitamin A, Vitamin D, Vitamin E, biotin, riboflavin, choline, thiamine, and pantothenic acid, while the albumen is rich in niacin. In terms of mineral content, albumen contains Na^{+}, K^{+}, Cl^{+}, S^{++}, Mg^{++}, while egg yolk contains Fe^{++}, Cu^{++}, Ca^{++}, P^{++}, Zn^{++}. Vitamin C is not found in eggs, (Hasipek and Aktaş, 1997; Çelebi and Karaca, 2006).

This study aims to determine the appropriate egg powder ratio, which is easier to find compared to fish meal, can be substituted into the fish meal to close the protein deficit without adversely affecting the development performance of rainbow trout fry. Also, the effects of using different amounts of egg powder in rainbow trout fry diets on growth performance, feed yield, body composition, and survival rates of rainbow trout fry were investigated. In addition, the effects of the addition of egg powder on the survival rate of fry fish were determined by applying a challenge test against two different fish pathogens (*Lactococcus garvieae* and *Yersinia ruckeri*).

MATERIALS AND METHODS

Experiment area and fish material

The fish material used in the study was obtained from Recep Tayyip Erdogan University Iyidere Application and Research Center. The study, which continued for 90 days between March and May 2019 for evaluation of growth performance and 17 days for the experiment of challenge test, was carried out in the same center. For this purpose, 1500 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry between 0.31 and 0.50 g (mean 0.38±0.01 g) and between 3.45 and 3.65 cm (mean 3.55±0.05 cm) were used in the study. The fish were placed in 80 L fiberglass tanks with 100 fish in each tank and 5 groups (control, E-25, E-50, E-75, and E-100) were created in 3×5 systems, each assigned randomly. In the study carried out in an indoor environment, additional lighting was made with the white light-producing LED bulb (Philips Essential Led Bulb 14W-100W 16 hours). For all the groups to benefit from an equal amount of light source, the hanging distance of LED bulbs from the tank surface was adjusted by using MASTEC Ms 6610 brand lux meter (200 lux each tank). In the study, 16 hours of light and 8 hours dark were applied to the experimental groups.

Preparation of egg powder

In the study, chicken eggs weighing between ≥53 and <63 g (Medium size) and classified in the category of class A eggs specified in the Turkish Food Codex Egg notification were used (Türk Gıda Kodeksi, 2014). The total weights of 240 eggs (14580.32 g) obtained from a local shop and the interior weight after breaking (12375.44 g) were weighted. After all the eggs were broken into a deep bowl, the albumen and egg yolk were homogenized by mixing with an electronic kitchen blender. Homogenized egg material was poured into impermeable industrial type baking trays made of steel material not to exceed 1 cm in depth. The trays were placed in the industrial feed drying oven (POL-EKO-APARATURA SP. J. SLW 400 STD) and stored at 55 ºC about 2-3 days until moisture was removed. The dried egg material was ground with an industrial kitchen type feed grinding machine. The egg material, which was ground and powdered, was sieved through a sieve with a 500 µm mesh. The obtained egg powder (3004 g) was packaged with clip-on kitchen bags and stored at -18 ºC.

Experimental feeds and the design of feed groups

The feed ingredients (fish meal, fish oil, soybean meal, corn gluten meal, and bonkalit) and binder were obtained from KAGSAN Black Sea Food and Agriculture Industry Inc in Trabzon-Turkey and Turhal Sugar Factory in Tokat-Turkey, respectively. The amino acid contents of fish meal (anchovy powder), and egg powder and the fatty acid contents of egg powder has been analyzed by the Kazlıçesme R&D Test Laboratories with the In-House method. The amino acid

values of soybean meal, corn gluten, bonkalite, and the fatty acid values of the fish meal were given based on the literature research (Table 1 and Table 2). The formulation of the basal diets is given in Table 3. Fish meal, soybean meal, egg powder, and corn gluten were used as dietary protein sources. Fish oil and crude lipid of egg powder was used as lipid sources. Contest of crude protein, crude lipid, and ash were 47.56±0.26%, 19.25±0.18%, and 7.23±0.6%, respectively, and formulation has been shown to be nutritionally adequate for growth for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 60% of the protein source in the diets was arranged to provide from the animal protein source and the remaining 40% from the plant protein source. The egg powder ratio in the groups was arranged to be 25% (E-25), 50% (E-50), 75% (E-75), and 100% (E-100) of the existing animal protein source. All the feed ingredients were ground into powder, sieved through a sieve with 500 µm mesh size, and thoroughly mixed with fish oil. To this 400 g kg^{-1} water of diet was added and kneaded. The formed doughy material was passed through metal sieves of 500 µm, 800 µm, 1 mm, and 2 mm, and pellets were obtained in sizes that the fish could eat. The pellets formed were dried at 60 ºC for 12-24 hours until the moisture rates dropped below 10% and the prepared feeds were stored at +4 ºC.

Table 1. Amino acid content of feed ingredients (%)

Amino acids	Fish meal	Egg powder	Bonkalit	Corn gluten	Soybean meal
Arginine	7.8	3.5	0.92*	2.08*	0.18**
Lysine	7.9	4.4	0.67*	1.01*	4.48**
Histidine	2.6	1.4	0.38*	1.40*	1.19**
Isoleucine	4.2	5.0	0.67*	2.54*	2.30**
Leucine	7.1	5.3	1.08*	10.3*	3.36**
Methionine	3.1	4.5	0.18*	1.37*	0.39**
Phenylalanine	3.6	6.5	0.64*	3.68*	2.18**
Threonine	4.0	2.5	0.54*	2.22*	4.78**
Tryptophan	1.1	5.0	-	0.30*	-
Valine	7.9	3.0	0.75*	3.09*	2.41**
Proline	2.08	1.5		0.84***	2.42***
Hydroxyproline	-	1.0		-	-
Sarcosine	-	3.5		-	-
Tyrosine	2.32	3.5		3.29***	1.67***
Alanine	4.67	2.0		5.75***	2.08***
Glycine	3.66	1.0		1.85***	2.03***
Glutamine	9.87	2.5		-	-
Serine	3.05	4.6		3.65***	2.56***
Asparagine	-	5.0		-	-
Cystine	0.15	7.5		0.59***	0.71***
Aspartate	7.51	5.0		3.49***	6.70***
Glutamate	-	10.5		13.5***	8.91***

*NRC, (1993); **Prado et al., (2016); ***Leme et al., (2019)

Table 2. Fatty acid composition of egg powder used in the experiments (%)

Fatty acids	Egg Powder (g/ 100g)	Fish meal (%)
C12:0	0.002	0.09
C13:0	nd	0.06
C14:0	0.017	5.40
C15:0	0.05	1.12
C16:0	0.16	20.30
C17:0	0.02	1.36
C18:0	0.04	4.32
C20:0	0.02	0.11
C21:0	nd	0.17
C22:0	0.01	0.18
C23:0	nd	0.10
C24:0	nd	0.24
∑ SFA	0.319	33.44
C14:1	0.005	0.19
C15:1n-5	nd	0.04
C16:1n-7	0.02	5.24
C17:1n-7	nd	0.04
C18:1n-9t	0.36	0.15
C18:1n-9c	1.40	12.96
C20:1n-9	0.014	1.25
C22:1n-9	0.02	0.23
C24:1n-9	nd	0.87
∑ MUFA	1.864	20.96
C18:2n-6t	0.20	0.20
C18:2n-6c	0.37	1.62
C18:3n-6g	0.015	0.13
C18:3n-3a	0.01	1.00
C20:2n-6	nd	0.26
C20:3n-3	nd	0.10
C20:4n-6	0.03	1.23
C20:5n-3	0.01	7.86
C22:2n-6	nd	1.05
C22:6n-3	0.018	18.32
∑ PUFA	0.653	31.76
∑ n-3	0.038	27.28
∑ n-6	0.615	4.48
n-3/n-6	0.061	6.13

Note: Fatty acid values of the fish meal were rearranged by averaging the values reported by Turan et al., (2007).
SFA: saturated fatty acid. MUFA: monounsaturated fatty acid. PUFA: polyunsaturated fatty acid. nd: not detected

Table 3. Formulation of experimental diets (g kg^{-1})

Ingredients	Control Diet	E-25 Diet	E-50 Diet	E-75 Diet	E-100 Diet
Fish meal	390	280	210	120	0
Soybean meal	150	150	150	140	150
Egg powder		150	260	400	550
Corn gluten	140	140	140	140	150
Bonkalit	150	150	140	140	130
Fish oil	150	110	80	40	0
Vitamin premix[a]	5	5	5	5	5
Mineral premix[b]	5	5	5	5	5
Molasses	10	10	10	10	10

Mineral and vitamin premix porvided by Farmavet International Pharmaceutıcal Industry and Trade Inc.. Manisa/Salihli/TURKEY.
[a] Vitamin premix provides the following (mg $10kg^{-1}$ diet): Vitamin A (300000 IU) 90 mg. Vitamin D_3 (300000 IU) 7.5 mg. Vitamin E (6000 IU) 4000 mg. Vitamin K_3 450 mg. Vitamin B_1 1900 mg. Vitamin B_2 1000 mg. Vitamin B_6 850 mg. Vitamin B_{12} 4 mg. Niacin 2000 mg. folic acid 2.5 mg. Biotin 800 mg
[b] Mineral premix provides the following (mg $10kg^{-1}$ diet): calcium (Ca) 150 mg. phosphorus (P) 40 mg. magnesium (Mg) 53 mg. sulfur (S) 300 mg. sodium (Na) 280 mg. molybdenum (Mo) 100 mg. iodine (I) 13 mg. cobalt (Co) 10 mg. selenium (Se) 130 mg. copper (Cu) 2400 mg. Iron (Fe) 8000 mg. zinc (Zn) 7200 mg. manganese (Mn) 7000 mg.

Proximate analysis of experimental diets and ingredients.

Proximate analyses were performed in the aquaculture laboratories of Recep Tayyip Erdoğan University. Crude protein, crude lipid, moisture, and ash in the experimental diet and ingredients were determined according to established methods of AOAC 2005 (Berbert et al., 2005). Moisture was determined by drying to constant weight at 105 ºC, crude protein (N×6.25) was determined by Kjeldahl method using by Behr Distillation Unit S5, and lipid was determined by petroleum-ether (B.P. 30-60 ºC for 2 h) using Velp SER 148/6 (Velp Scientifica. Milano. Italy). For ash content analysis, samples were placed in a muffle furnace (ŞİMŞEK Laborteknik KF-908) at 550 ºC 6h.

Crude cellulose analysis was performed according to Feed Inspection and Analysis Methods Communiqué No: 91/20 (Yem Muayene Analiz Metotları, 1992). Nutritional values of the experimental diets and feed ingredients obtained as a result of proximate analyses were given in Table 4 and Table 5.

Table 4. Nutritional value of experimental diets (% of wet weight)

Nutrition level	Control Diet	E-25 Diet	E-50 Diet	E-75 Diet	E-100 Diet
Crude protein	47.82	47.63	47.21	47.76	47.39
Crude lipid	19.51	19.30	19.24	19.20	19.01
Moisture	8.71	8.62	8.38	8.43	8.11
Ash	6.96	7.46	7.96	7.31	6.46
NFE	17.00	16.99	17.21	17.30	19.03
Gross enegy (kj g^{-1} diet)	21.65	21.78	21.70	21.83	21.96
P:E (mg/kJ)	22.11	21.86	21.75	21.87	21.58

NFE = 100-(crude protein + crude lipid + moisture + ash)
Gross energy was calculated based on 1 g crude protein being 23.6 kJ, 1 g crude fat being 39.5 kJ and 1 g carbohydrate being 17.2 kJ (NRC,1993).
P:E = (crude protein / Gros energy)×1000

Table 5. Proximate analysis of feed ingredient (%)

Ingredient	Fish meal	Egg powder	Soybean meal	Corn gluten	Bonkalit
Crude protein	70.00	49.5	45.50	64.00	14.30
Crude lipid	8.10	34.5	2.80	2.25	2.10
Moisture	9.40	10.25	11.10	8.90	9.50
Ash	7.90	1.50	6.21	1.70	1.55
Crude cellulose	0.15	0	4.35	1.90	9.31
NFE	4.45	4.25	30.04	21.25	63.24

NFE (Nitrogen free extract) = 100-(Crude protein + Crude lipi + Crude cellulose + Moisture + Ash)

Collection of data and calculation of growth performance

Fish were fed four times a day (9:00 h, 12:00 h, 15:00 h, and 18:00 h) depending on the water temperature and fish weight (5% of fish weight) in all groups. Length and weight measurements were performed in experimental groups every 15 days. Weight measurements were made with ±0.1 g precision scales and length measurements with ± 1 mm precision von Bayer (Piper et al., 1982). No anesthetic substance was applied to the fish during the data collection phase. Growth parameters were calculated as per the following formulae:

Weight gain (WG, g) = (initial body weight, g – final body weight, g);

Weight gain rate (WGR, %) = 100 × [final body weight, g – initial body weight, g) / initial body weight, g] (Shiau and Chen, 1992);

Feed conversion ratio (FCR) = dry feed consumed, g / wet weight gain, g (Imsland et al., 2001);

Specific grow rate (SGR, % day^{-1}) = 100 × [ln (final body weight, g) – ln (initial body weight, g) / days] (Hopkins, 1992);

Protein efficiency ratio (PER) = wet weight gain / protein intake (Mohseni et al., 2011);

Condition factor (CF, g/cm^3) = 100 ×[(body weight, g) / (body length, cm) ^{3}] (Avsar, 2005);

Survival Rate (SR, %) = 100 × [final number of fish / initial number of fish] (Çelikkale, 2002).

Challenge test

After 7 days of the end of the study, 5 test groups with 3 replications were created for the challenge test (Control, E-25, E-50, E-75, and E-100). 10 fish (mean 5.97±0.49 g, 4.53±0.30 g, 3.71±0.38 g, 3.26±0.14 g, 2.55±0.24, respectively) were placed in each 80 L tank. *Lactococcus garvieae* and *Yersinia ruckeri* were obtained from the fish diseases laboratory of the Fisheries and Aquaculture Faculty of Recep Tayyip Erdogan University. The bacteria were incubated for 24 hours at TSB broth and then centrifuged. The supernatant was discarded and the bottom bacteria were mixed with sterile FTS and brought to turbidity Mac-Farland: 0.5 and prepared for injection. All fish were injected intraperitoneally with 0.1 ml bacterial suspension (*L. garvieae* 2.4 × 10^8 CFU/mL; *Y. ruckeri* 3.6 × 10^8 CFU/mL) using medical insulin syringes according to our preliminary experiment. Fish continued to receive four times a day with their experimental diets after injection. Fish were monitored three times daily and mortality was recorded. After the deaths stopped the observation continued for 3 more days and the study was terminated on the 10th day. Survival rate was determined and bacteria were confirmed after reisolating them from the dead fish.

Statistical analysis

Results are presented with mean ±SD of three replicates. Sigma Plot 11.0 package programs were used so as to evaluate the findings of the present study. All data were subjected to one-way analysis of variance (ANOVA) followed by TUKEY's multiple range test. P-value of <0.05 was considered significant.

RESULTS

Environmental conditions

During the experimental period for 90 days, the minimum and maximum values of water temperature, dissolved oxygen, and pH were measured 12.92±1.61 ºC (min 8 ºC, max 16 ºC), 7.1±0.4 mg/L (min 6.7 mg/L, max 7.5 mg/L), and 7.55±0.25 (min 7.3, max 78) respectively.

The effect of egg powder on growth performance, and feed utilization of rainbow trout fry

The comparison of the given data on the final body weight (FBW), weight gain (WG), weight gain rate (WGR), specific growth rate (SGR), feed intake (FI), feed conversion ratio (FCR), the protein efficiency ratio (PER), condition factor (CF) and survival rate (SR) of rainbow trout fry fed with the different experimental diets were shown in Table 6. The WG determined in experimental groups throughout the study is given in Figure 1. According to the results of the tests, the difference in the mean values of the above indices among the experimental groups compared to the control group was statistically significant ($p<0.05$). The highest FBW, WG, WGR, SGR, and PER were recorded on the Control diet, while the highest FI and CF were recorded on E-25 and E-75 groups, respectively. The FBW, WG, and WGR of fish fed E-25, E-50, E-75, and E-100 were significantly lower ($p<0.05$) than the fish fed control. The SGR values decreased significantly with increasing egg powder ratio in experimental groups ($p<0.05$). The FCR and PER values increased significantly with increasing egg powder ratio in diet groups ($p<0.05$). The best FCR value was determined in the control, while the worst was determined in the E-100 diet. It was determined that the control, E-25, and E-50 are statistically similar to each other; and E-25, E-50, and E-75 are statistically similar to each other; E-75 and E-100 are statistically similar with each other ($p<0.05$). The PER values of the control and E-100 diets were significantly different from all the other groups, while the E-25 and E-50 were statistically similar to each other, and E-50 and E-75 groups were statistically similar with each other ($p<0.05$). There were no significant differences in CF among all experimental groups. The best SR value was determined in the E-100 diet while the worst was determined in the control diet. For the SR, E-50 and E-75 diets were determined to be statistically similar, while all the other groups were determined to be statistically different from each other ($p<0.05$) (Figure 2).

Table 6. Effects of egg powder on growth performance, feed utilization and survival rate in rainbow trout fry

	Control	E-25	E-50	E-75	E-100
IBW (g)	0.38±0.05^{a}	0.38±0.05^{a}	0.38±0.05^{a}	0.38±0.06^{a}	0.38±0.07^{a}
FBW (g)	5.75±0.09^{a}	4.89±0.09^{b}	3.92±0.07^{c}	3.39±0.17^{d}	2.58±0.10^{e}
IBL (cm)	3.57±0.07^{a}	3.47±0.03^{a}	3.58±0.07^{a}	3.56±0.03^{a}	3.58±0.05^{a}
FBL (cm)	8.21±0.77^{a}	7.13±0.46^{ab}	6.98±0.08^{cb}	6.47±0.17^{cb}	5.91±0.17^{c}
WG (g)	5.37±0.09^{a}	4.51±0.09^{b}	3.54±0.13^{c}	3.01±0.30^{d}	2.20±0.17^{e}
WGR (%)	1394.82±25.86^{a}	1170.74±23.06^{b}	910.97±37.92^{c}	774.85±74.96^{d}	540.07±26.28^{e}
SGR (% day^{-1})	3.00±0.02^{a}	2.82±0.02^{ba}	2.57±0.04^{c}	2.40±0.09^{c}	2.06±0.08^{d}
FI (g)	415.25±7.12^{a}	685.82±23.91^{b}	546.49±23.27^{c}	582.44±6.09^{c}	479.00±19.67^{d}
FCR	1.38±0.10^{a}	1.47±0.34^{ab}	1.68±0.19^{ab}	1.90±0.22^{bc}	2.30±0.22^{c}
PER	2.83±0.00^{a}	1.46±0.06^{b}	1.33±0.05^{bc}	1.21±0.11^{c}	0.96±0.03^{d}
CF	1.00±0.21^{a}	1.03±0.12^{a}	0.99±0.18^{a}	1.04±0.22^{a}	1.01±0.20^{a}
SR (%)	50.0±1.00^{a}	60.33±1.15^{b}	81.67±2.89^{c}	85.33±1.53^{c}	92.67±2.89^{d}

Data are expressed as mean±SD. Values in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

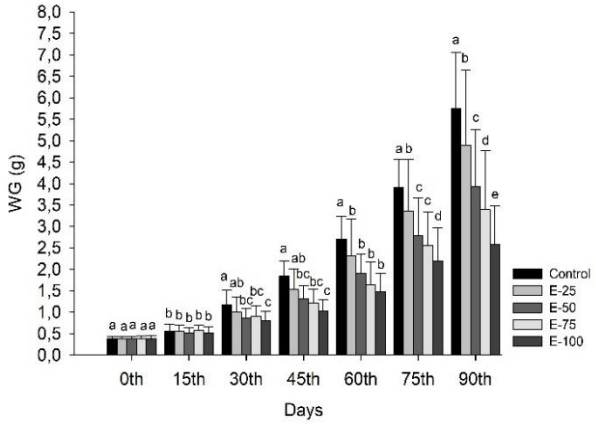


Figure 1. The periodic weightgain of the groups. Data are expressed as mean±SD. Values not sharing a common superscript are significantly different in the same period (P<0.05)

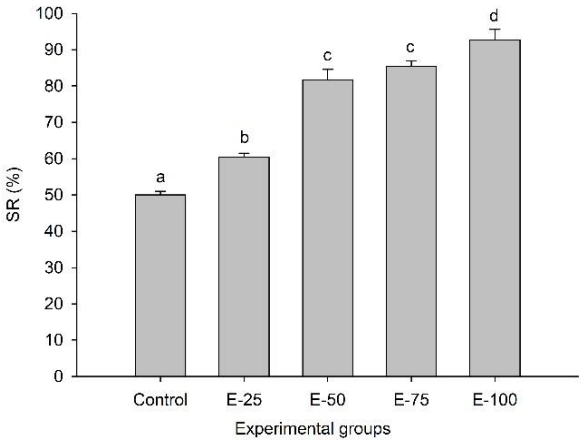


Figure 2. The survival rate of the groups as a result of the end of the study. Data are expressed as mean±SD. Values not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

The effect of egg powder levels on challenge test of rainbow trout fry

The challenge test showed that the highest survival rate was observed in the control diet of both *Lactococcus garvieae* (Figure 3) and *Yersinia ruckeri* (Figure 4).

The SR in control, E-25, E-50, E-75 and E-100 were determined to be 46.7±5.8%, 30.0±10.0%, 20.0±10.0%, 16.7±5.8% and 10.0±10.0% respectively, against *Lactococcus garvieae* and 23.3±5.8%, 16.7±5.8%, 13.3±5.8%, 6.7±5.8%, 3.3±5.8% respectively, against *Yersinia ruckeri.* It was determined that the dietary supplement with egg powder significantly decreased the survival rate compared to the control group. (p<0.05).

DISCUSSION

The first of the two basic rules of aquaculture is to ensure similar environmental conditions with their natural environment for fish, and the second is to feed fish in a balanced manner (Karabulut et al., 2010).

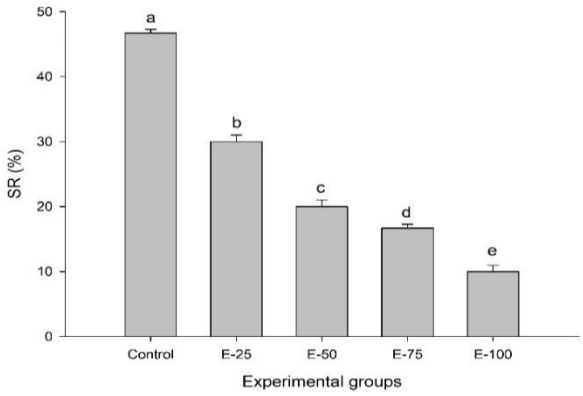


Figure 3. Effects of egg powder levels on the survival after *Lactococcus garvieae* (2.4 × 10^{8} CFU/mL) infection of fry rainbow trout on the 10th day. Data are expressed as mean±SD. Values not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

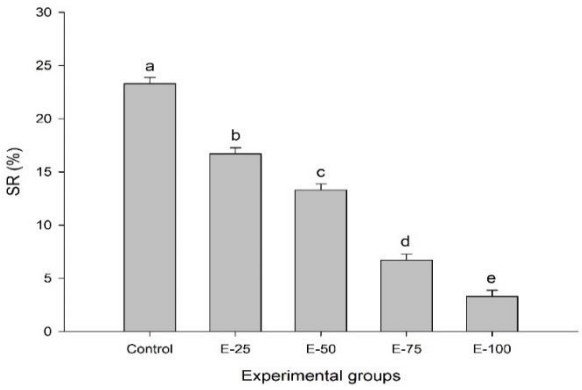


Figure 4. Effects of egg powder levels on the survival after *Yersinia ruckeri* (3.6 × 10^8 CFU / mL) infection of rainbow trout fry on the 10th day. Data are expressed as mean±SD. Values not sharing a common superscript are significantly different (p<0.05)

The water temperature, dissolved oxygen, and pH values of rainbow trout were reported to be between 8-13 ºC, 7-11 mg/L, and 6.5-8.5, respectively which were needed during the juvenile growth period (Çelikkale, 2002). The environmental parameter values obtained during these experimental studies are similar to those reported by Çelikkale (2002). Protein needs differ depending on fish species, but the protein content in feed rations for all fish should be at least 30% (Mills, 1989). It has been reported that the protein value that should be present in the rations of the carnivore fish species such as rainbow trout should be between 40-50% (Edward, 1978). It has been reported that the ratio of oil in fish feed rations can be between 9.9–26%, and crude ash rates can be between 7.6-13.43%, depending on the fish species and growth stage (Gomes et al., 1993; Adelizi et al., 1998; Morris et al., 2005; Luo et al., 2006). While the protein ratios of the experimental feeds used in this study were compatible with the ratios stated in the literature, the ash ratios except for the E-50 diet group differed with low values. The difference between studies may have been due to the use of different protein sources and different feed rations.

Fish meal (FM) and fish oil (FO) is the most important protein and oil sources for aquaculture feed (aquafeed) due to the high protein content and a good balance of essential amino acids. Many fish nutritionists have researched new feed sources that may be an alternative to fish meal and fish oil in feed formulations or new additives that can increase growth and development. For instance, yeast-liver mixture, egg powder in the feeds of *Cyprinus carpio* larvae (Alami-Durante et al., 1991); *Tubifex sp*, yeast, milk powder, chicken eggs in the feeds of *Clarias batrachus* (Rahman et al., 1997); shrimp meal (SM), blood meal (BM), meat and bone meal (MBM), poultry by-product meal (PBM) in the feeds of *Oreochromis niloticus* (El-Sayed, 1998); crustacean waste products (CWP) in the feeds of *Oncorhynchus mykiss* (Özogul, 2000); SM, BM, meat meal (MM) in the feeds of *Epinephelus coioides* (Millamena, 2002); black soldier fly (BSF) in the feeds of *Salmo salar* (Lock et al., 2014); *Gammarus spp* in the feeds of *Oncorhynchus mykiss* (Yeşilayer et al., 2016); tuna by-product meal (TBM) in the feeds of *Sebastes schlegelihas* has been tried as a source of protein (Kim et al., 2018).

In terms of SR, Alami-Durante et al. (1991) reported that the group fed with the feed prepared with yeast-liver mixer and egg powder achieved a higher SR than the group fed only with the feed prepared with yeast-liver mixer. El-Sayed (1998) reported that growth in fish fed with SM, PBM, MBM is significantly different from those fed with the FM diet, and FCR, PER significantly slowed down. Özogul (2000) stated that after the necessary amino acid is added to CWP, it can be used instead of FM. Millamena (2002) has reported that MM and MBM of terrestrial animal origin can be used instead of 80% of FM and there is no adverse effect on growth, SR, and FCR on the *Epinephelus coioides* juveniles. Kroeckel et al. (2012) stated that if high-level BSF is used in feed, the growth performance decreases for the *Ictalurus punctatus*, *Oncorhynchus mykiss,* and *Psetta maxima*. Lock et al. (2014) reported that using BSF instead of 25%, 50% and 100% of FM in *Salmo salar* feeds provides greater feed conversion efficiency. Yeşilayer et al. (2016) reported that the use of *Gammarus spp* in *Oncorhynchus mykiss* feeds did not differ significantly in the experimental groups in terms of GR, SGR, and FCR. Kim et al. (2018) has stated that TBM feed can be used instead of 75% of FM without growth and feed reduction.

In the present study, the effect of egg powder on the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry was evaluated in 90 days feeding trial. We observed a significant decrease of WG, WGR, SGR, FI, and PER in fish fed diets additional with egg powder for 90 days. The WG, WGR, SGR, FI, and PER of fish decreased significantly as egg powder levels increased from 0 to 100%. Although the numerical results found are different, when the changes that occur as a result of the increase in the amount of different animal protein sources added to the feed rations instead of the fish meal, in terms of decreasing PER and SGR values and increasing FCR values are similar to the El-sayed (1998)'s study, but SR values are different. Millamena (2002) conducted a study with different animal protein sources instead of fish meal and created 9 different feed groups for this purpose. Millamena (2002) reported that WGR and SGR increased and FCR decreased in the feed groups diet-2, diet-3, diet-4, and diet-9. On the other hand, Millamena (2002) reported that SGR value decreased and FCR value increased in diet-5, diet-6, and diet-7 feed groups. The present study was found to be different from the reported changes in diet-2, diet-3, diet-4, and diet-9, but similar to those reported in diet-5, diet-6, and diet-7 feed groups. The SR change found in Millamena (2002)'s study is different from that in the present study. Goda et al. (2007) conducted studies with PBM and MBM. For this purpose, they prepared different levels of PBM and MBM feed groups. As a result, they reported that SGR and PER values decreased and FCR values increased in PBM-100, MBM-100, and MBM-75

groups. In this respect, PBM-100, MBM-100, and MBM-75 groups are similar to the present study. On the other hand, they reported that SGR and PER values increased and FCR values decreased in the PBM-75 feed group. In this respect, the PBM-75 feed group is different from that in the present study. Kroeckel et al. (2012) conducted a study with BSF meal and reported that FI, SGR values decreased, FCR value increased, and CF values decreased significantly in all groups. FI, SGR, and FCR values showed similar changes in the present study, while CF showed different changes from those in the present study. Yeşilayer et al. (2016) conducted a study by adding *Gammarus sp* instead of fish meal. As a result of the study, they reported that WG, WGR, SGR, and FI values decreased, FCR value increased and CF values did not have a statistical significance among the groups. These results are similar to the present study. Lock et al. (2016) conducted a study on *Salmo salar* with two different insect flour (IM-A and IM-B) produced from BSF. They reported that the WG ratio decreased in A50, B25, and B100 groups. While FCR value decreased in A50, A100, and B25 groups, it increased in the B100 group, and CF decreased statistically significantly in the B100 group. WG decrease and B100's FCR increase were similar to the present study, whereas B100's CF decrease was found to be different from the present study. Kim et al. (2018) conducted a study using Tuna by-product meal. They reported that WG and SGR values decreased in TBM50, TBM75, and TBM100 feed groups, while FCR values increased and PER values decreased in TBM75, TBM100 feed groups. These results are similar to the present study. On the other hand, the reported FI and SR values differed from the present study.

In the present study, the oil content in experimental feeds was adjusted by considering the crude oil content of the egg powder content. With the increase in the amount of egg powder, the amount of fish meal and fish oil in experimental feeds was decreased. According to the fatty acid analysis results of egg powder, it is seen that the n-6 series fatty acid group is more than the n-3 series. However, n-6 series fatty acids are not needed in trout diets (Cho and Covey, 1991; Hoşsu et al., 2012). Although the amino acid content of egg powder is close to the amino acid values of fishmeal, it may not be sufficient for the needs of trout in terms of essential fatty acid. In the present study, it is thought that the reason for the decreased fish development due to the increase in the amount of egg powder in experimental feeds is due to the insufficient fatty acid content of the fish trial feeds. In the cited literature studies, while different protein sources are tried in dietary contents, different oil sources were added and the differences that may arise from essential fatty acid deficiency are prevented. In the cited literature studies, the decrease in growth parameters results from the amino acid contents of the protein source and is not related to essential fatty acids.

On the 40th day of the present study, firstly, troubles and irregular swimming movements were noticed in the feed intake of the control group fish (other groups within the following 2-3 days). In the laboratory examination, *Lactococcus garvieae* was detected in fish and 14 days treatment was applied with Erythromycin application all groups. At the end of this study, the decrease in SR ratios in the control group and the increase of SR ratios with the increase in egg powder ratios in other experimental groups suggested the question of whether the egg had a protective effect. To answer this question, challenge tests were performed against *Lactococcus garvieae* and *Yersinia ruckeri* at the end of the present study.

Bacterial challenge tests are the most widely used and useful method to determine the effect of alternative substances added to the diet after nutritional experiments against fish pathogens (Austin and Zhang, 2006). *Lactococcus garvieae* is a gram-positive and immobile bacterium. It affects both natural fish species and cultured fish. It is a zoonotic pathogen that causes serious infections in humans and animals (Vendrell et al., 2006). In the present study, the highest SR rate was found in the control group (46.7%) as a result of the challenge test against *Lactococcus garvieae*. The control group's SR rate was found to be similar to the values specified in the literature (Bark and McGregor, 2001; Eyngor et al., 2004; Vendrell et al., 2006). The rate of SR in other experimental groups was lower than the values indicated in the literature. *Yersinia ruckeri* is the cause of the disease known as Enteric red mouth (ERM) or Yersiniosis. Yersiniosis, which is a systemic bacterial disease, is one of the important diseases in farm fish, especially in Salmonids. It is 0.5-0.8 × 1.0-3.0 µm in gram-negative rod form (Gregory et al., 2010). It has been reported that acute epizootics can cause 30-70% death depending on environmental parameters and strain virulence (Furones et al., 1993; Noga, 2010). In the present study, it was found that the SR rate in the challenge test was relatively lower than the values specified in the literature.The reason for different results from the literature in both challenge tests has been linked to the size of the fish used, the injection dose, the used method, and the environmental parameters to be different. Uslu et al. (2019) reported that using 100% egg powder instead of the fish meal may decrease with the loss of appetite in fish and a decrease in growth performance. Also, they stated that there may be irregularities in blood parameters, kidney, and liver functions. As a result of the challenge test, another reason for the high mortality rates observed in egg powder supplemented feed groups may have been the reason in the notifications of Uslu et al. (2009).

CONCLUSION

As a result of this study, it has been concluded that the use of maximum 25% egg powder in the ration that will be created for the pre-feeding of rainbow trout fry will not have a negative effect on fish development. However, it has been concluded that increasing the egg powder usage rate will negatively affect the growth performance and feed evaluation values in rainbow trout fry development. Also, it has been concluded that the low SR ratio of the control group was caused by *Lactococcus garvieae*, and the usage of egg powder did not have a positive effect on fish disease resistance according to the result of the challenge test. The

use of egg powders in trout diets must be researched by the researchers for effects on tissue development in vital organs such as the liver, spleen, kidney, and intestine along the feeding period.

ACKNOWLEDGEMENT

We thank Cansu YILMAZ TERZİ and Şükrü GÜNEŞ due to their help and support during the study period.

REFERENCES

Adelizi, P.D., Rosati, R.R., Warner, K., Wu, Y.V., Muench, T.R., White, M.R. & Brown. P.B. (1998). Evaluation of fish-meal free diets for rainbow trout. *Aquaculture Nutrition*, 4, 255-262. DOI: 10.1046/j.1365-2095.1998.00077.x

Akiyama, T., Unuma, T., Yamamoto, T., Marcouli, P. & Kishi, S. (1995). Combinational use of malt protein flour and soybean meal as altenative protein sources of fingerling rainbow trout diets. *Fisheries Science*, 61, 825-832. DOI: 10.2331/fishsci.61.828

Alami-Durante, H., Charlon, N., Anne-Marie Escaffre, A.M. & Bergot, P. (1991). Supplementation of artificial diets for common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 93, 167-175. DOI: 10.1016/0044-8486(91)90215-S

Austin, B. & Zhang, X.H. (2006). *Vibrio harveyi*: a significant pathogen of marine vertebrates and invertebrates. *Letters in Applied Microbiology,* 43, 119-124. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2006.01989.x

Avsar, D. (2005). *Balıkcılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği*. Nobel Kitabevi, ISBN: 9789758561445, Adana, 332 s.

Bark, S. & McGregor, D. (2001). The first occurrence of lactococcosis in farmed trout in England. *Trout News*, 31, 9–11.

Berbert, D.M., Queiroz, E.C., & Melo, A.O.A.C. (2005). *Official methods of analysis of AOAC Internationa*l. AOAC Official Method, 6, p 382.

Cho, C.Y. & Cowey, C.B. (1991). Rainbow trout. *Oncorhynchus mykiss*, In: Wilson, R.P. (Ed), *Handbook of Nutrient Requirements of Finfish*, CRC Press, p 131-143.

Çelebi, Ş. & Karaca, H. (2006). Egg nutritional value, cholesterol content and studies on the nutritionally enriched egg with n-3 PUFAS. *Atatürk University Journal of Agricultural Faculty,* 37(2), 257-265.

Çelikkale, M.S. (2002). *İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği.* Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Genel Yayın No:124. Cilt I, III Baskı. Trabzon, 419 s.

Çopur, G., Duru, M. & Şahin, A. (2004). Düşük kolesterollü yumurta üretimi yönünde yapılan çalışmalar. *4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi,* 01-03 Eylül 2004, Isparta, s 48-52. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Bilgi Merkezi Mavi Kat, Yer Numarası:SF5 U111 2004.

Dünya Karma Yem Pazarı (2018). Retrieved from: http://www.feedplanetmagazine.com/dunya-karma-yem-pazari/

Edwards, D.J. (1978). *Salmon and Trout Farming in Norway*. Fishing News Books Ltd, ISBN: 0852380933, Farnham, Surrey, England 193 pp.

El-Sayed, A.F.M. (1998). Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia. *Oreochromis niloticus* (L.) feeds. *Aquaculture Research*, 29, 275–280. DOI:10.1046/j.1365-2109.1998.00199.x

Erdoğan. F. (2008). The use of alternatıve protein sources in rainbow trout and ıts ımportance for the future of aquaculture. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 4(1-2). 74-85.

Eyngor, M., Zlotkin, A., Ghittino, C., Prearo, M., Douet, D.G., Chilmonczyk, S. & Eldar, A. (2004). Clonality and diversity of the fish pathogen *Lactococcus garvieae* in Mediterranean countries. *Applied and Environmental Microbiology*, 70, 5132–5137. DOI:10.1128/AEM. 70.9.5132-5137.2004

FAO. (2002). *Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds, further thoughts on the fishmeal trap*. FAO Fisheries Circular No. 975, Food And Agrıculture Organızatıon Of The Unıted Natıons, Rome.

FAO. (2018). *The state of world fisheries and aquaculture*. Meeting The Sustainable Development Goal, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome.

Furones, M.D., Rodgers, C.J. & Aunn, C.B. (1993). *Yersinia ruckeri* the causal agent of Enteric Redmouth Disease (ERM) in fish. *Annual Reverse of Fish Diseases*, 2, 105–125. DOI:10.1016/0959-8030(93)90031-6

Goda. A.M., El-Haroun, E.R. & Kabir Chowdhury, M.A. (2007). Effect of totally or partially replacing fish meal by alternative protein sources on growth of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) reared in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 38, 279-287. DOI:10.1111/j.1365-2109.2007.01663.x

Gomes, E.F., Corraze. G. & Kaushik, S. (1993). Effects of dietary incorporation of a co-extruded plant protein (rapeseed and peas) on growth, nutrient utilization and muscle fatty acid composition of rainbow trout. (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 113, 339-353. DOI:10.1016/0044-8486(93)90404-M

Gregory, D., Wiens, R. & Vallejo, L. (2010). Temporal and pathogenload dependent changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) immune response traits following challenge with biotype 2 *Yersinia ruckeri*. *Fish and Shellfish Immunology,* 29(1), 639–647. DOI:10.1016/j.fsi.2010.06.010

Hasipek, S. & Aktaş, N. (1997). Türkiye'deki tavuk ürünlerinin insan beslenmesindeki önemi. *Uluslararasi Tavukçuluk Fuarı ve Konferansı YUTAV 97*, 14-17 Mayıs 1997, İstanbul, p 15-22.

Hopkins, K.D. (1992). Reporting fish growth: a review of the basics. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(3), 173-179. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1992.tb00766.x

Hoşsu, B., Korkut, A.Y. & Kop, A. (2012). *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi 1*: (*Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası VII Baskı)*. Ege üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, ISBN: 978-675-483-318-8, Yayın no: 50, Seri no:19, İzmir, p180.

Imsland, A.K., Foss, A., Gunnarsson, S., Berntssen, M., Fitz Gerald, R., Bonga, S.W. & Stefansson, S.O. (2001). The interaction of temperature and salinity on growth and food conversion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture,* 198, 353- 367 . DOI:10.1016/S0044-8486(01)00507-5

Karabulut, H.A., Yandı, I. & Aras, M. (2010). Effects of different feed and temperature conditions on growth, meat yield, survival rate, feed conversion ratio and condition factor in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Journal of animal and Veterinary advances*, 9(22), 2818-2823. DOI: 10.3923/javaa.2010.2818.2823

Kim, K.D., Jang, J.W., Kim, K.W., Lee, B.J., Hur, S.W. & Han, H.S. (2018). Tuna by-product meal as a dietary protein source replacing fishmeal in juvenile Korean rockfish *Sebastes schlegeli. Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(29), 1-8. DOI:10.1186/s41240-018-0107-y

Kroeckel, S., Harjes, A.G.E., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A. & Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute -Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364-365, 345-352. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.08.041

Leme, B.B., Sakomura, N., Viana, L., Melare, M.C., Oliveira, M.J.K. & Mansano, C.F.M. (2019). Amino acid digestibility of feed ıngredients in cecectomized adult roosters. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 21(2), 1-6. DOI:10.1590/1806-9061-2018-0924

Lock, E.J., Arsiwalla, T. & Waagbø, R. (2014). Insect meal: a promising source of nutrients ın the diet of Atlantic salmon (*Salmo Salar*). *1st International Conference Insects to Feed The World*. 14-17 May 2014, p 67. Wageningen, The Netherlands, In Summary Report. Retrieved from: Abstract book Conference "Insects to Feed The World" (buglady.dk)

Lock, E.J., Arsiwalla, T. & Waagbø, R. (2016). Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. *Aquaculture Nutrition*, 22, 1202–1213. . DOI:10.1111/anu.12343

Luo, L., Xue, M., Wu, X., Caı, X., Cao, H. & Lıang, Y. (2006). Partial or total replacement of fishmeal by solvent-extracted cottonseed meal in diets for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 12, 418–424. DOI:10.1111/j.1365-2095.2006.00443.x

Millamena, O.M. (2002). Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. *Aquaculture,* 204, 75–84. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00629-9

Mills, D. (1989). *You and Your Aquarium (2nd Edt).* Colour Library Books Ltd. ISBN-10: 0862837332, 288 pages

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseni, M.R., Hassani, M.H.S. & Bai, S.C. (2011). Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). *Aquaculture Research,* 44(3), 378-387. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.03041.x

Morris, P.C., Gallimore, P., Handley, J., Hide, G., Haughton, P. & Black, A.(2005). Fullfat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater: Effects on performance, composition and flesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis. *Aquaculture*, 248(1-4), 147–161. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.04.021

Noga, E.J. (2010). *Fish disease: Diagnosis and treatment. 2nd ed*. USA: Wiley-Blackwell, ISBN: 978-0-813-80697-6, 536p.

NRC (National Research Council). (1993). *Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes (Revised edn)*. National Academy Press, Washington, p225.

Özogul, Y. (2000). The possibility of using crustacean waste products (cwp) on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeding. *Turkish Journal of Biology,* 24, 845–854.

Petterson A. 2010). Effects of replacing fish oil with vegetable oils in feed for Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Doctoral Thesis, *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae.*

Piper, R.G., McElwain, L.B., Orme, L.F., McCraden, J.P., Fowler, L.G. & Leonard, J.R. (1982). *Fish Hatchery Management.* U.S. Fish and Wildlife Service, ISB: 0-913235-03-2, Washington D.C, U.S.A p61.

Prada, J.P., Cavalheiro, J.M.O., da Silva, J.A., Cavalheiro, T.B. & da Silva, F.V.G. (2016). Amino acid profile and percent composition of meals and feeds used in shrimp farming. *Gaia Scientia*, 10(4), 347-360. DOI:10.21707/gs.v10.n04a28

Rahman, M.A., Bhadra, A., Begum, N. & Hussain, M.G. (1997). Effects of some selective supplemental feeds on the survival and growth of catfish (*Clarias batrachus* lin.) fry. *Bangladesh Journal of Fisheries Research,* 1(2), 55-58.

Shiau, S.Y. & Chen, S.Y. (1992). The influence of dietary energy levels with and without PCB induction on the growth of tilapia *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*. *Fish Physiology and Biochemistry,* 10(4), 321-326. DOI: 10.1007/BF00004481

Turan, H., Kaya, Y. & Erkoyuncu, I. (2007). Protein and Lipid Content and Fatty Acid Composition of Anchovy Meal Produced in Turkey. *The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences,* 31(2), 113-117.

Türk Gıda Kodeksi Yumurta Tebliği (2014, 20 Aralık). TC Resmi Gazete (Sayı: 29211). Retrieved from : https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-5.htm

Türkiye Yem Sanayicileri Birliği (2019). *KarmaYem Sanayi Raporu.* Retrieved from: http://www.yem.org.tr/DosyaMerkezi/karma%20yem%20sanayii%20raporu%202019.pdf

Uslu, A.A., Ornekçi, G.N., Karakaya, G., Demir, T., Kuçukyılmaz, M., Celik, B…. Keleştemur, G.T. (2019). Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) rasyonlarında balık ununa alternatif olarak yumurta unu kullanımının büyüme performansı, bazı kan parametre değerleri, vücut yağ asidi ve aminoasit kompozisyonu üzerine etkilerinin araştırılması. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü (Proje No. TAGEM/HAYSUD/2016/A11/P-01/3)*, Elazığ.

Vendrell, D., Balcázar, J.L., Ruiz-Zarzuela, I., de Blas, I., Gironés, O. & Múzquiz, J.L. (2006). *Lactococcus garvieae* in fish: a review. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases,* 29, 177–198. DOI: 10.1016/j.cimid.2006.06.003

Yem Muayene ve Analiz Metotları (1992, 21 Ocak). TC Resmi Gazete (Sayı: 21118). Retrieved from: https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/21118.pdf

Yeşilayer, N., Buhan, E., Kaymak, N. & Akın, S. (2016). The effects of using *Gammarus spp*. meal added at different ratio to rainbow trout feeds as a source of protein replacement of fish meal on fish growth parameters. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research,* 12, 70-79.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 79-86 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.09

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ

CPUE comparison of traditional crayfish fyke net rigged with knotted net and alternatively knotless net

Düğümlü ağdan donanmış geleneksel kerevit pinteri ile alternatif olarak düğümsüz ağdan donanmış pinterlerin *CPUE* karşılaştırması

Mehmet Cilbiz[1]* ● Rahmi Uysal[2] ● Abdulkadir Yağcı[3] ● S. Oğuz Korkut[4] ● Kadir Çapkın[5] ● Mehmet Cesur[6]

[1] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-7686-7570
[2] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-7342-9380
[3] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-7897-1734
[4] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-6576-3557
[5] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-6822-6896
[6] Fisheries Research Institute, 32500 Eğirdir, Isparta-Turkey https://orcid.org/0000-0002-7482-6353

*Corresponding author: mehmetcilbiz@gmail.com

Received date: 13.03.2020 *Accepted date: 26.11.2020*

How to cite this paper:
Cilbiz, M., Uysal, R., Yağcı, A., Korkut, S.O., Çapkın, K. & Cesur, M. (2021). *CPUE* comparison of traditional crayfish fyke net rigged with knotted net and alternatively knotless net. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 79-86. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.09

Abstract: In this study, it is aimed to compare the yield and strength of the crayfish fyke rigged with knotless net with 210d/12 rope thickness with those of the traditional net material rigged with 210d/6 knotted net which is widely used in Turkey in fishing crayfish (*Pontastacus leptodactylus,* Eschscholtz, 1823). The study was carried out on a monthly basis between June 2017 and May 2018. In the study, a total of 300 fyke nets, equipped with 150 classical and 150 alternative nets, were used. The caught crayfishes were measured and weighted according to the fyke net they were caught in. A total of 3509 crayfish were caught, 1465 of which were caught with alternative fyke net and 2044 with traditional fyke net. Average *CPUE* value ranged from 10.93 (g/fyke net/day) to 281.14 (g/fyke net/day) for per fishing operation. Average *CPUE* value of the traditional gear was found to be 98.34 (g/fyke net/day) , while that of the alternative gear was determined as 79.46 (g/fyke net/day), and no statistically significant difference was found between average *CPUE* values ($p>0.05$). Average strength value of the traditional fyke net was determined as (± SE) 10.43 ± 0.27 kg, while that value in 210d / 12 knotless net was identified as 14.50 ± 0.91 kg ($p<0.05$). Although it has high strength, since the *CPUE* value of the alternative fyke net is lower by 19.20% compared to the traditional gear, it is believed that its use in crayfish fishing will not be profitable.

Keywords: Small scale fisheries, catch-per-unit-effort, Hirfanlı Dam Lake, fyke net

Öz: Bu çalışmada, Türkiye'de kerevit (*Pontastacus leptodactylus,* Eschscholtz, 1823) avcılığında kullanılmakta olan 210d/6 numara düğümlü ağdan donanmış geleneksel ağ materyali yerine, 210d//12 numara ip kalınlığındaki düğümsüz ağdan donanmış olan kerevit pinterinin verim ve mukavemetinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Çalışma Haziran 2017 ile Mayıs 2018 döneminde aylık olarak yürütülmüştür. Çalışmada 150 adet klasik, 150 adette alternatif ağdan donanmış olan toplam 300 adet pinter kullanılmıştır. Avlanan kerevitler, avlandıkları pinterlere göre ayrılmış ağırlık ve boy ölçümleri yapılmıştır. 1465'i alternatif pinter, 2044'ü de geleneksel pinter ile avlanmış toplam 3509 adet kerevit yakalanmıştır. Operasyon başına ortalama *CPUE* değeri 10,93 (g/pinter/gün) ile 281,14 (g/pinter/gün) arasında değişim göstermiştir. Geleneksel takımın ortalama *CPUE* değeri 98,34 (g/pinter/gün) bulunmuş iken alternatif takımınki ise 79,46 (g/pinter/gün) olarak bulunmuş olup; ortalama *CPUE* değerleri arasında istatistiki farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Geleneksel pinter ağının kopma direnci değeri ortalama (±SE) 10,43±0,27 kg; 210d/12 düğümsüz ağın ki ise 14,50±0,91 kg olarak belirlenmiştir ($p<0.05$). Her ne kadar yüksek mukavemete sahip olsa da alternatif pinterin *CPUE*'unun geleneksel takıma göre %19,20 oranında düşük olması nedeniyle, kerevit avcılığında kullanımının daha verimsiz olacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Küçük ölçekli balıkçılık, birim çabada av, Hirfanlı Baraj Gölü, pinter

INTRODUCTION

Hunting and fishing are among the oldest professions in the world and their origins date back to the history of humanity (Tokaç, 2011). Fishing, in the simplest terms, is the catching of aquatic wildlife according to Pauly et al. (2002). Fishing based on collecting at the beginning was begun to be performed with different tools in the following years. The fishing process, which started with simple harpoons made of bone (Tokaç, 2011), has transformed today into industrial fishing vessels supported by advanced technology. Currently, many different fishing gears with different features are used in both commercial and amateur fishing. While until the 1980s, the most important criterion in a good fishing gear was high fishing efficiency, today, research on the development of ecological gears that have high selectivity and cause the least harm to the environment have become more prominent due to the decreasing fish stocks.

One of the most important criteria that affects the development process of fishing gear is the biological features of the target species. Drift nets or pelagic loglines are not

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

expected to yield good results in fishing the aquaculture living at the bottom; therefore, a fishing gear should be designed for fishing the creatures living at the bottom. Different types of traps (USA, Australia, etc.) and fyke nets (Turkey, China, Iran, Armenia, Egypt, etc.) were developed to serve this purpose (Fujimoto et al., 2017; Ulikowski et al., 2017; Green et al., 2018), specifically for crayfish. The main strategy here is (*I*)turning the sheltering needs of crayfish into an advantage and luring them into traps in the form of a shelter, (*II*) guiding them to the trap with the help of the leader net and (*III*) trapping them by using their feeding instincts through traps with added feed.

Fyke nets are used in crayfish fishing in Turkey. In general framework, crayfish fyke net is identified as a small eel fyke net which was explained by Tosunoğlu et al. (2017) as Söke type double fyke net. The fact that it opens and closes like an accordion makes it very easy to carry and stack. This situation provides a great advantage for Turkish inland waters fishermen who have fishing boats with low hull lengths (~ 7-9 m). They are lightweight, so they can be removed from the water with hand power without the need for engine power for harvesting.

In addition to the developing technology, changing biotic and abiotic factors can make it necessary to develop or change existing fishing gear as well. For example, balloon fish, which are an invasive species in the Mediterranean Sea, cause serious damage to fishing gear besides the ecological damage they create. Fishermen, as a response, have started to search for reliable fishing methods. Amateur fishermen have started to use steel shackle instead of the traditional polyethylene (*PE*) based monofilament fishing line shackle. Another example can be given from inland fisheries. In these environments, which have a higher biological load compared to sea water, the rapid contamination of gillnets produced from multifilament material causes very serious reductions in catch productivity. Therefore, fishermen prefer to use nets made of monofilament material, which is more resistant to contamination. Ayaz et al. (2006) reported that accumulation of detritus and biofouling material declined of total fishing area of gillnet. In this context, there are some problems in crayfish fishing in Turkey arising from freshwater crab (*Potamon potamios*, Olivier 1804). This species, shows a widespread distribution in Turkey (Geldiay and Kocataş, 1977; Gülle et al., 2007), cuts the fyke net rope with its powerful claws and causes a decrease in catch yield, which consequently leads to economic losses. This situation forces fishermen who are engaged in crayfish fishing to search for materials that may have higher resistance to freshwater crab. However, the most important feature of the new material to be tested is that the catch efficiency must be better or at least the same as that of the previously used gear. Otherwise, the use of the gear should not be expected to become widespread.

In the studies done on fyke net fishing to date, such issues as determination of selectivity (Bevacqua et al., 2009; Bolat and Uçgun, 2019; Kraft and Johnson, 1992), developing selectivity (Cilbiz, 2019), determination of fishing composition (Fische et al., 2010; Hardie et al., 2005; Tsai et al., 2015), the effect of feed usage on catch yield (Balık et al., 2003), non-target fishing (Königson et al., 2007), structural modifications (Smith et al., 2016; Smith and Simpkins, 2017) have been investigated. However, no studies on the effect of the net material used in the equipment on fishing yield have been found.

In this study, it was aimed to compare the catch efficiency and strength of traditional fyke net rigged with two different materials knotted net and knotless net. Knotted nets have 210d/6 and knotless nets have 210d12 rope thickness nets which is thought to be more resistant to freshwater crab.

MATERIAL AND METHOD

The study was conducted at 3 different points of Hirfanlı Dam Lake ([39° 46' 54.58" N, 33° 46' 54.48" E], [39° 9' 29.52" N, 33° 38' 10.32" E], [39° 12' 0.72" N, 33° 36' 22.32" E]), which is one of the important inland water resources of Turkey (Figure 1). The dam, which was built on the Kızılırmak River, was put into service in 1959. The maximum depth of the dam lake is reported as 69 m with an average lake area of 218.81 km^2 (DSI, 2005; Gençoğlu and Ekmekçi, 2016).

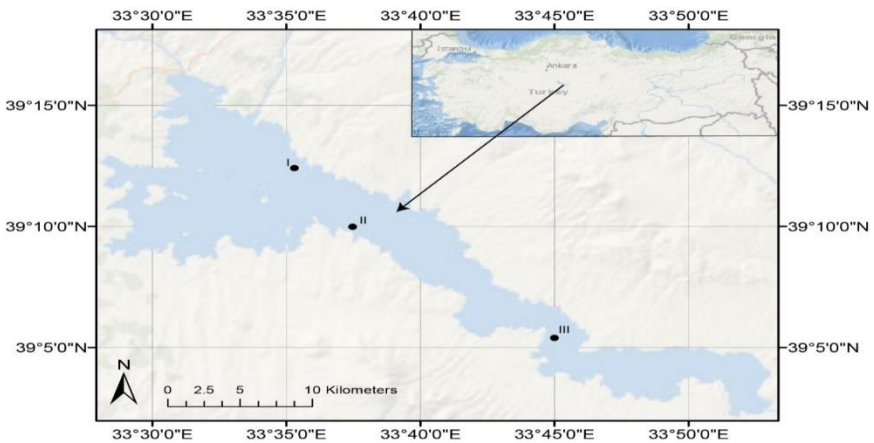


Figure 1. Hirfanlı Dam Lake and sampling stations

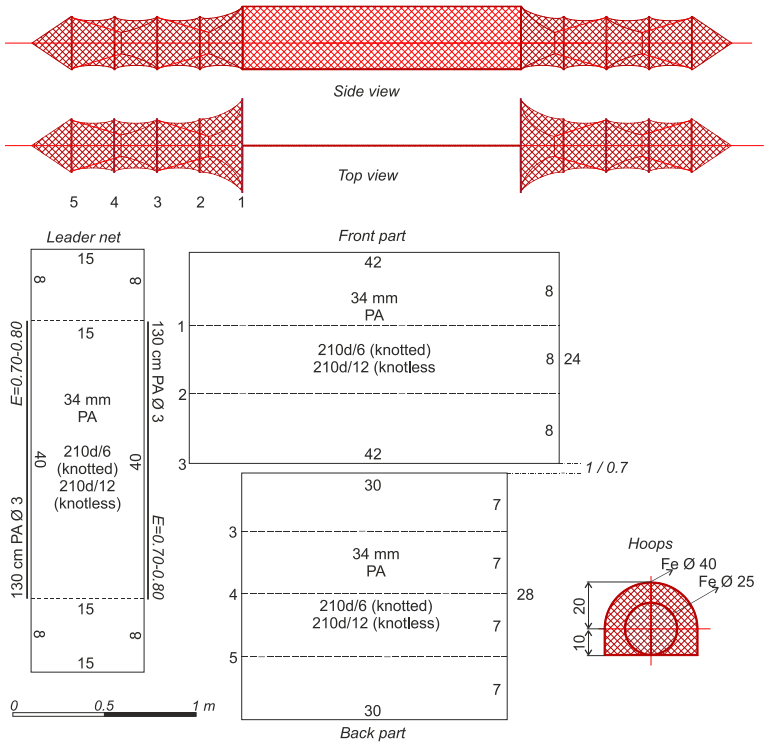


Figure 2. Technical plan of crayfish fyke net

The study was carried out on a monthly basis between June 2017 and May 2018. In fishing trials, 150 traditional crayfish fyke nets (34 mm nominal stretched mesh size) rigged with 150d/6 thread-thick knotted mesh and 150 alternative crayfish fyke nets (34 mm nominal stretched mesh size) rigged with 210d/12 rachel knotless mesh (Figure 2) were used. In each station, 100 fyke nets, 50 of which are traditional and 50 are alternative, were used. The combined fishing gear produced with fykes connected with 1 m long *PA* rope at the last bag ropes as one conventional and one alternative type, was released into water early in the morning and harvested at the same time 2 days later, as long as there were no adverse weather conditions.

The caught crayfish were classified by the fyke nets and biometric measurements (carapace and abdomen length) were performed through *Mititoyo (500-181-30*) brand digital caliper. With *A&D (EJ-610)* brand digital scales, their total weight was determined at a precision of 0.01 g. The crayfish, whose measurements were completed, were returned to the dam lake from the most suitable place while alive.

In order to determine the strength of knotless and knotted nets whose efficiency would be compared; mesh rupture resistances were measured using BURASHI brand *Dyna-300 DP* model Handy dynamometer in 3 replicates.

CPUE values were determined according to FAO (2016) with the help of the following formulas. A fisherman and a station were taken as a basis in determining the nominal effort.

CPUE = total catch / nominal effort

Nominal effort (for Fyke Net) = number of traps / fishing days

In the comparison of catch-per-unit-effort efficiency (*CPUE*) of the fyke nets tested as traditional and alternative with catch compositions and rupture resistance of knotted and knotless net, *t-test* was used, while in comparing the sample number in terms of fishing period and fyke net, the chi-square test was employed. Appropriate regression models were used to explain the relationships between variables. In all statistical calculations, *R* (v3.6.1) based *Rstudio* (v1.2.5001) program was used.

RESULTS

The data obtained from the sampling of June, July and August months were not taken into consideration due to reasons such as lack of suitable stations, difficulties in the classification of the catch, low catch yield etc. As a result of fishing trials, a total of 3509 crayfish were caught, 1465 of which were caught with fyke net rigged with knotless mesh and 2044 of which were caught with fyke net rigged with knotted mesh. The total length distribution of the catch according to the sampling period and fyke net type is given in Table 1. The average length of the catch which were caught with fyke net equipped with knotless mesh was found to be lower than that of the catch caught with fyke net equipped with knotted mesh ($p < 0.05$). March (28.5%) was the most

productive month, while September (3.5%) was the most unproductive month. The distribution of the catch in terms of fishing period and fyke net type was found to be statistically different (X^2: 133.70; p <0.001).

During the research fishing, 19 successful operations were carried out to compare the fishing efficiencies of fyke nets rigged with knotted and knotless mesh. The *CPUE* values obtained ranged from 10.93 (g/fyke net/day) to 281.14 (g/fyke net/day) (Table 2).

Although the mean *CPUE* value calculated for knotless nets as 79.46 (g/fyke net/day) was determined to be lower in comparison to the value of the fyke net rigged with knotted mesh which was calculated as 98.34 (g/fyke net/day) (Figure 3-A), the difference between the *CPUE* values was found to be statistically insignificant (p> 0.05).

Mean *CPUE* values of trial nets according to sampling period are presented in Figure 4. In all other samples except January samples, the fyke net rigged with knotted net was found to be more efficient compared to the alternative one. Although significant fluctuations in monthly *CPUE* values are observed, it is seen that there is an upward trend from autumn to summer (Figure 4).

Correlations between sampling period and *CPUE* of trial nets were found to be weak, Pearson correlation coefficient was computed as 0.558 and 0.587 for knotless and knotted mesh respectively. *CPUE* values were shown increasing by sampling period for trial fyke nets with knotless and knotted mesh (Figure 5).

Among the nets used in the rigging of fyke nets used in the trial, the mean strength value of the 210d / 6 knotted net was determined to be (±*SE*) 10.43 ± 0.27 kg, while it was determined as 14.50 ± 0.91 kg for 210d / 12 knotless net (Figure 3-B). The difference between the mean strength value was statistically significant (p <0.05).

Table 1. Catch total length distribution by trial fyke nets (mm)

Sampling period	Type of fyke net mesh						
	Knotless			Knotted			
	N	***Mean±SE***	***Min.-Max.***	***N***	***Mean±SE***	***Min.-Max***	***p***
Sep-2017	46	99.12±2.45	64.07-142.66	78	100.04±1.35	63.56-126.18	0.723
Oct-2017	50	94.43±2.99	58.54-131.61	82	99.77±2.09	56.29-136.96	0.135
Nov-2017	158	93.15±1.65	54.56-138.98	157	96.62±1.55	52.18-138.08	0.127
Dec-2017	237	92.48±1.10	63.24-148.30	202	96.79±1.06	60.40-135.22	**0.005**
Jan-2018	128	97.66±1.79	48.78-143.92	116	99.22±1.84	42.63-153.39	**0.005**
Feb-2018	68	99.86±1.89	65.78-129.57	74	103.98±1.56	72.18-131.74	**0.092**
Mar-2018	282	94.13±1.14	45.04-133.10	717	92.79±0.70	51.54-142.79	0.312
Apr-2018	310	90.06±1.17	41.50-143.35	418	93.88±1.03	39.34-143.68	**0.015**
May-2018	186	86.09±1.35	44.29-136.47	200	94.58±1.41	56.96-138.44	**0.000**
Total	1465	92.62±0.51	41.50-148.30	2044	95.20±0.42	39.34-153.39	**0.000**

Table 2. *CPUE* of trial fyke nets by sampling period (g/ fyke net/ day)

Sampling period	Type of fyke net mesh					
	Knotless			Knotted		
	Mean±SE	**Minimum**	**Maximum**	**Mean±SE**	**Minimum**	**Maximum**
September-2017	16.55±2.81	10.93	19.60	28.73±6.99	16.88	41.08
October-2017	28.31±1.32	26.98	29.63	51.17±18.08	33.09	69.25
November-2017	89.19±14.50	74.69	103.69	95.94±41.89	54.05	137.82
December-2017	124.23±14.14	110.10	138.37	118.74±5.95	112.80	124.69
January-2018	75.66±58.14	17.52	133.79	71.09±55.94	15.15	127.03
February-2018	41.19±2.04	39.15	43.23	50.22±4.37	45.85	54.59
March-2018	149.43±23.54	125.89	172.97	169.81±40.35	129.45	210.16
April-2018	147.02±12.91	134.11	159.92	227.31±53.83	173.47	281.14
May-2018	75.00±28.83	46.16	103.83	106.82±58.47	48.34	165.29
Total	79.46±12.56	10.93	172.97	98.34±16.78	15.15	281.14

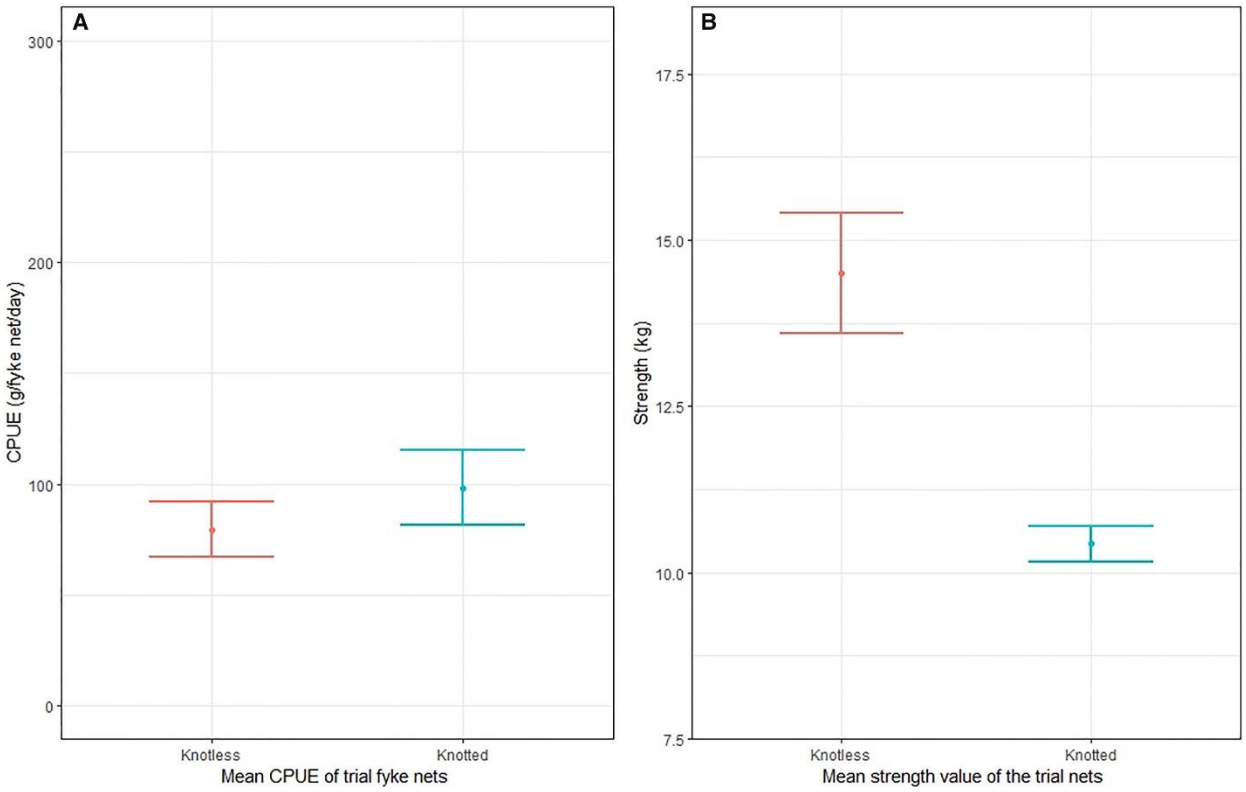


Figure 3. Mean *CPUE* (A) and strength value (B) of the trial nets

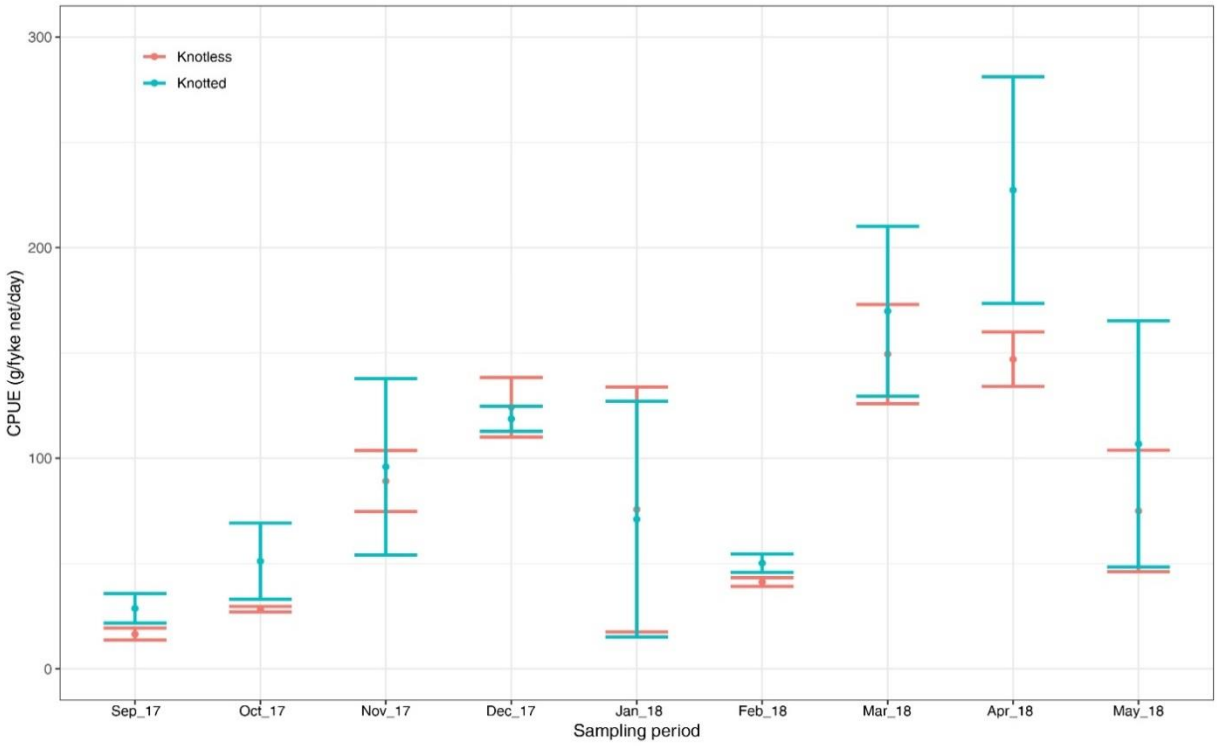


Figure 4. Monthly mean *CPUE* values of trial fyke nets

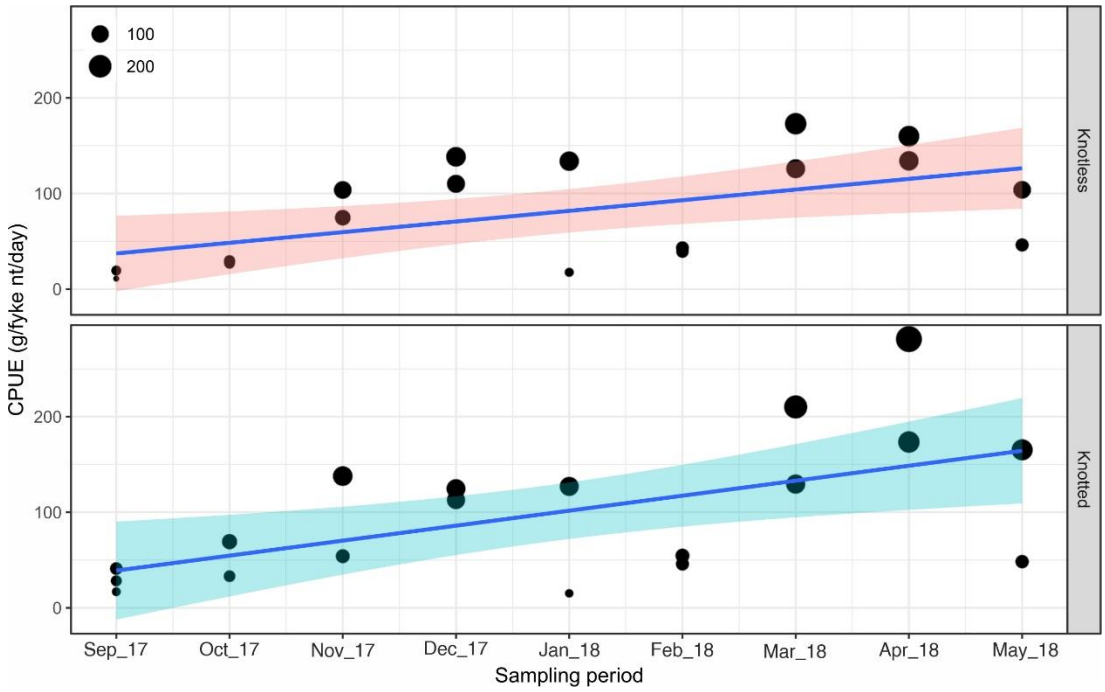


Figure 5. Relationship of sampling period and *CPUE*

DISCUSSION

In our study, which was carried out to investigate the effect of the net material used in rigging on the catch yield, a total of 3509 crayfish were caught, 1465 of which were caught in knotless and 2044 in knotted fyke nets. Although it is not statistically significant, it was determined that catch yield of fyke nets rigged with traditional net material is higher than that of the one rigged with alternative net material. This situation is reflected directly on *CPUE* values, and the *CPUE* value of the fyke net rigged with knotless net was 79.46, while it was found as 98.34 for the one rigged with knotted net ($p > 0.05$). Although it is statistically insignificant, the *CPUE* value of the net used in the experiment as an alternative was found to be lower by approximately 19.20% than the classical net. Another report was issued by Turunen (1996) for pikeperch fish regarding the decrease in the catch yield resulting from the increase in the rope thickness. Among all the gillnets with 30, 35, 40-, 45-, 50- and 55-mm mesh gaps produced from monofilament material with 0.15- and 2.0-mm rope thickness, gillnets with 0.15 mm rope thickness yielded more catch than gillnets with 0.20 mm rope thickness. In another study carried out by Grati et al. (2015) on the common sole fish in the Mediterranean, it was determined that the productivity of the nets produced from 0.18, 0.20, 0.22, 0.25- and 0.30-mm diameter monofilament material decreased due to the increase in the rope thickness. In another research conducted by Kim et al. (2016) in southwestern Sea of Korea on *Larimichthys polyactis* species, similar findings were obtained, and the sample numbers taken from 0.279, 0.321- and 0.360-mm diameter monofilament nets were reported as 1250, 967 and 483, respectively. In a study conducted by Broadhurst et al. (2015) on Australian recreational hoop nets, it was reported that the increase in rope thickness led to a decrease in blue swimmer crabs (*Portunus pelagicus*) fishing in terms of total *CPUE* value.

Generally, nets with thin ropes are considered more productive compared to the ones with thick ropes as they are less visible, easier to stretch and more flexible (Grati et al, 2015; Hamley, 1975, Jensen, 1995; Turunen, 1996); accordingly, the findings of our study are similar to those of other studies. Our study has demonstrated that the same situation applies to the fyke nets used in crayfish fishing.

The average size of the catch obtained from the fyke net rigged with knotless net (92.62 mm) was found to be lower than that of the catch caught with the fyke net rigged with classical net (95.20 mm) ($p<0.05$; Table 2). As the inner area of mesh gap in alternative fyke net with more rope thickness is narrower, it might have allowed less small size fish to exit compared to classical net.

The general opinion among fishermen is that the thickness of rope in the net cause more biofouling material on it over time and will, therefore, decrease catch yield due to its increased visibility in water. The findings we obtained in our study support this idea (Figure 5). While, in traditional fyke net, the *CPUE* value was in an upward trend during the sampling period, in the alternative net fyke we experimented on, following a quick initial rise, *CPUE* value followed a more stable course.

Reducing the depreciation expenses in the fishing sector, as in every sector, contributes to the profitability of the

business. In this context, the longevity of fishing gear, which is one of the most important variable expenses of fishing establishments, will contribute to the reduction of operating costs and thus increase of profitability in fishing activity. In this context, the *CPUE* values of alternative fyke net (210d / 12 knotless), which was thought to be more durable, and the classical fyke net (210d / 6 knotted) were compared in our study. Although it has high strength, the alternative fyke net had lower *CPUE* value than the classical fyke net by 19.20%, which was an important handicap. In this context, it is thought that its use in crayfish fishing will not be profitable. In future studies on the subject, fyke nets rigged with monofilament or multi-monofilament material can be examined.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was supported by Republic of Turkey, Ministry of Agriculture and Forest, General Directorate of Agricultural Research and Policies [grant number: TAGEM/HAYSUD/2017/A11/P-02/1]. Also, authors want to thank *Ege Balık Ağları Ltd.Şti.* for helped of mesh breaking resistance determination.

REFERENCES

Ayaz, A., Acarli, D., Altinagac, U., Ozekinci, U., Kara, A. & Ozen, O. (2006). Ghost fishing by monofilament and multifilament gillnets in Izmir Bay, Turkey. *Fisheries Research*, 79(3), 267-271. DOI:10.1016/j.fishres.2006.03.029

Balık, İ., Çubuk, H. & Uysal, R. (2003). Effect of Bait on Efficiency of Fyke-nets for Catching Crayfish *Astacus leptodactylus* Esch. 1823. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 3*(1), 1-4.

Bevacqua, D., De Leo, G. A., Gatto, M. & Melià, P. (2009). Size selectivity of fyke nets for European eel *Anguilla anguilla. Journal of Fish Biology, 74*(9), 2178-2186. DOI:10.1111/j.1095-8649.2009.02243.x

Bolat, Y., Demirci, A. & Mazlum, Y. (2010). Size Selectivity of Traps (Fyke-Nets) of Different Mesh Size on The Narrow-Clawed Crayfish, *Astacus leptodactylus* (ESCHSCHOLTZ, 1823) (Decapoda, Astacidae) İn Eğirdir Lake, Turkey. *Crustaceana, 8*(11), 1349-1361. DOI:10.1163/001121610X536969

Bolat, Y. & Uçgun, E. (2019). Effects of Hexagonal-and Diamond-shaped Mesh Traps on Size Selectivity of Freshwater Crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Decapoda: Astacidae) in the Eğirdir Lake, Turkey. *Acta Zoologica Bulgarica*, 12(2), 1-11

Broadhurst, M. K., Butcher, P. A., Cullis, B. R. & Tolhurst, D. J. (2015). Influences of twine diameter and mesh area on the efficiency and durability of baited hoop nets targeting portunids. *22*(6), 488-500. DOI:10.1111/fme.12146

Cilbiz, M. (2019). *Improving Crayfish (Astacus leptodactylus Eschscholtz, 1823) Fyke Net Selectivity [in Turkish].* (PhD), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 128p.

DSI (2005). Hirfanlı ve Kesikköprü Baraj Gölleri ve Havzalarında Kirlilik Araştırması. Ankara, Turkey: General Directorate of State Hydraulic Works (in Turkish), 354p.

FAO. (2016). *GFCM Data Collection Reference Framework (DCRF) v.2016.2*. Retrieved from: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoweb/

Fische, J. R., Johnson, N. P., Schultz, R. D. & Quist, M. C. (2010). A Comparison of Modified Fyke Nets for Evaluating Fish Assemblages and Population Structure. *Journal of Freshwater Ecology, 25*(4), 555-563. DOI:10.1080/02705060.2010.9664405

Fujimoto, Y., Hoshi, M. & Jinguji, H. (2017). Examination of an effective trap to control North American invasive freshwater crayfish (*Procambarus clari*)in Japan. *Ecology and Civil Engineering*, 20(1), 1-10. DOI: 10.3825/ece.20.1

Geldiay, R. & Kocataş, A. (1977). An investigation on the local population of the freshwater crabs (Potamon, Saving, 1816) in Turkey and a revision of its taxonomy. *EÜ Fen Fakültesi Dergisi, Seri B, 1*, 2-9

Gençoğlu, L. & Ekmekçi, F.G. (2016). Growth and reproduction of a marine fish, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in a freshwater ecosystem. *Turkish Journal of Zoology, 40*(4), 534-542.

Grati, F., Bolognini, L., Domenichetti, F., Fabi, G., Polidori, P., Santelli, A., Scarcella, G. & Spagnolo, A. (2015). The effect of monofilament thickness on the catches of gillnets for common sole in the Mediterranean small-scale fishery. *Fisheries Research, 164*, 170-177. DOI:10.1016/j.fishres.2014.11.014

Green, N., Bentley, M., Stebbing, P., Andreou, D. & Britton, R. (2018). Trapping for invasive crayfish: comparisons of efficacy and selectivity of baited traps versus novel artificial refuge traps. *Knowledge & Management of Aquatic Ecosystems* (419), 211-220. DOI: 10.1051/kmae/2018007

Gülle, P., Tura, İ. & Gülle, İ. (2007). Egirdir Gölü Tatlısu Yengeci (*Potamon potamios* Olivier. 1804)'nin Bazı Üreme ve Popülasyon Özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11*(2), 134-139.

Hamley, J.M. (1975). Review of gillnet selectivity. *Journal of Fisheries. Board. Canada, 32*, 1943-1969. DOI:10.1139/cjfas-2013-0401

Hardie, S.A., Barmuta, L.A. & White, R.W.G. (2005). Spawning related seasonal variation in fyke net catches of golden galaxias (*Galaxias auratus*): implications for monitoring lacustrine galaxiid populations. *Fisheries Management and Ecology, 12*(6), 407-409. DOI:10.1111/j.1365-2400.2005.00454.x

Jensen, J.W. (1995). A direct estimate of gillnet selectivity for brown trout. *Journal of Fish Biology, 46*(5), 857-861. DOI:10.1111/j.1095-8649.1995.tb01608.x

Kim, S., Lim, J., Lee, K. & Park, S. (2016). Effect of twine thickness on size-selectivity of driftnet for the yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southwestern Sea of Korea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 34*(6), 1199-1208. DOI:10.1007/s00343-016-5107-0

Königson, S., Hemmingsson, M., Lunneryd, S.-G. & Lundström, K. (2007). Seals and fyke nets: An investigation of the problem and its possible solution. *Marine Biology Research, 3*(1), 29-36. DOI:10.1080/17451000601072596

Kraft, C. E. & Johnson, B. L. (1992). Fyke-Net and Gill-Net Size Selectivities for Yellow Perch in Green Bay, Lake Michigan. *North American Journal of Fisheries Management, 12*(1), 230-236. DOI:10.1577/1548-8675(1992)012<0230:FNAGNS>2.3.CO;2

Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T.J., Sumaila, U.R., Walters, C.J.,watson, R. & Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature, 418*(8), 689-695.

RStudio Team (2015). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL http://www.rstudio.com/.

Smith, B.J., Blackwell, B.G., Wuellner, M.R., Graeb, B.D.S. & Willis, D.W. (2016). Escapement of Fishes from Modified Fyke Nets with Differing Throat Configurations. *North American Journal of Fisheries Management, 36*(1), 96-103. DOI:10.1080/02755947.2015.1111278

Smith, B.J. & Simpkins, D.G. (2017). A Comparison of Three Paired Modified Fyke Nets for Characterizing Fish Assemblages in the Nearshore Zone of Lake Michigan. *North American Journal of Fisheries Management, 37*(5), 962-969. DOI:10.1080/02755947.2017.1336134

Tokaç, A. (2011). *Ağ Yapım ve Donam Tekniği (Balıkçılık II), Yayın No:80*: Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova-İzmir, 321 p.

Tosunoğlu, Z., Ünal, V. & Kaykaç, M.H. (2017). *Ege Dalyanları.* SÜR-KOOP Su Ürünleri Kooperatifleri Merkez Birliği Yayınları No: 03, Ankara, 322p.

Tsai, C.H., Wang, Y.K., Tsai, S.T. & Wu, S.H. (2015). Seasonal and diel changes of the fish assemblage employing the fyke nets in a subtropical mangrove estuary of puzih river, Taiwan. *Journal of Marine Science and Technology, 23*(1), 109-116. DOI:10.6119/JMST-014-0110-3

Turunen, T. (1996). The effects of twine thickness on the catchability of gillnets for pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). *Annales Zoologici Fennici, 33*(3/4), 621-625. Retrieved from www.jstor.org/stable/23736107

Ulikowski, D., Chybowski, Ł., Traczuk, P., Ulikowska, E.J.T.J.o.F. & Sciences, A. (2017). A New Design of Crayfish Traps Reduces Escaping and Improves Opportunities for Long-Term Catching. 17(2), 363-369.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 87-93 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.10

RESEARCH ARTICLE ARAŞTIRMA MAKALESİ

An assesment of domoic acid levels as a function of salinity-temperature variations in the Sea of Marmara

Marmara Denizi'ndeki domoik asit seviyelerinin tuzluluk-sıcaklık değişimlerinin bir fonksiyonu olarak değerlendirilmesi

Fuat Dursun

Physical Oceanography and Marine Biology Department, Institute of Marine Sciences and Management, Istanbul University, 34134, Vefa, Fatih, Istanbul, Turkey

https://orcid.org/0000-0002-7729-5893

fuat.dursun@istanbul.edu.tr

Received date: 13.03.2020 *Accepted date: 26.11.2020*

How to cite this paper:
Dursun, F. (2021). An assesment of domoic acid levels as a function of salinity-temperature variations in the Sea of Marmara. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 87-93. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.10

Abstract: This study presents the domoic acid (DA), responsible from Amnesic Shellfish Poisoning (ASP), levels of plankton net samples in the Sea of Marmara during April, July and October 2019. Plankton net samples were collected from 13 stations, which were located close to the Istanbul metropolitan area, and along the east and southwest parts of the Sea of Marmara. DA measurements were done by high-performance liquid chromatography (HPLC), using the diode-array detection (detection limit (LOD): 0.108 µg mL^{-1}). Twenty-two out of the 26 plankton net samples (84.6%) were found to contain DA during the study period and the concentrations varied between 0.22 and 3.45 µg mL^{-1}. Possible relationships between physical parameters (salinity-temperature) and DA concentrations were investigated. DA production was mainly controlled by salinity (r:0.47, p<0.05; n:26) along the study period. These data may be used to consider the probability of finding similar conditions in different parts of the Sea of Marmara in order to determine the potential risks of DA to local mussel aquaculture and fisheries.

Keywords: Domoic acid, *Pseudo-nitzschia*, Sea of Marmara, HPLC

Öz: Bu çalışmada Nisan, Temmuz ve Ekim 2019 dönemlerinde Marmara Denizi'nden alınan plankton kepçe örneklerinde Amnezik Kabuklu Zehirlenmesi'ne (AKZ) neden olan denizel biyotoksin, domoik asit (DA), seviyeleri sunulmaktadır. Plankton kepçe örneklemeleri, Marmara Denizi'nin doğusunda, güneybatısında ve İstanbul metropol bölgesinin yakınında bulunan toplam 13 adet istasyondan yapılmıştır. Domoik asit ölçümleri, diode-array dedeksiyonu kullanılarak Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir (Belirleme limiti: 0,108 µg mL^{-1}). Çalışma dönemi boyunca alınan toplam 26 adet plankton kepçe örneğinden 22'sinin (%84,6) DA içerdiği tespit edilmiş ve bu örneklerdeki konsantrasyon aralığı 0,22 – 3,45 µg mL^{-1} olarak belirlenmiştir. DA konsantrasyonları ile fiziksel parametreler (tuzluluk ve sıcaklık) arasındaki olası ilişkiler incelenmiş ve çalışma dönemi boyunca DA üretiminin genel olarak tuzluluk (r:0,47, p<0,05; n:26) tarafından kontrol edildiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bu veriler, Marmara Denizi'nin farklı bölgelerinde de aynı koşulların bulunma olasılığının değerlendirilmesinde kullanılabileceği gibi, yerel midye yetiştiricilik ve balıkçılık alanlarındaki potansiyel riskleri belirlemek açısından da kullanılabilecektir.

Anahtar kelimeler: Domoik asit, *Pseudo-nitzschia*, Marmara Denizi, HPLC

INTRODUCTION

Domoic acid (DA), a naturally occuring neurotoxin, was first isolated from the red macroalgae *Chondria armata* (Takemoto and Daigo, 1958). This tricarboxylic neurotoxin is a crystalline water-soluble amino acid with a secondary amino group and belongs to the kainoid class of compounds (Saeed et al., 2017). DA can be transferred via the food web and cause amnesic shellfish poisoning (ASP) in humans. ASP, is a kind of intoxication with gastrointestinal symptoms (vomiting and diarrhea) and following neurological disorders (short time memory loss and coma) on humans (Lefebvre and Robertson, 2010). Perl et al., (1990) reported the first ASP case in Prince Edward Island, Canada in 1987, over 100 people were sickened and three died, after the consumption of DA contaminated blue mussels (*Mytilus edulis*). Also, DA accumulated in filter feeders can be harmful to higher trophic levels, such as sea lions, whales and birds (Fire et al., 2010; Scholin et al., 2000). Since the incident in Canada, growing number of cases has been reported and DA widely investigated in many regions of South America (Buck, 1992; Hallegraeff, 2004), Europe (Klein et al., 2010; Vrieling et al., 1996), Australia (Lapworth et al., 2001), North Africa (Sahraoui et al., 2012) and Asia (Likumahua et al., 2019).

Pseudo-nitzschia, a chain forming diatom genus, is among the most widely distribute members of marine phytoplankton communites around the world (Almandoz et al., 2008; Hasle, 2002; Kudela et al., 2004; Ljubešić et al., 2011; Teng et al., 2014; Tenorio et al., 2016). The last reported total number of identified *Pseudo-nitzschia* species is 52 of which 26 are thought to be capable of producing DA (Bates et al., 2018). Moreover, many studies have reported that the toxic species of the genus *Pseudo-nitzschia* are frequent members of the phytoplankton community in the Golden Horn Estuary and Sea of Marmara in recent years (Dursun and Tas, 2019; Tas et al., 2016; Tas and Lundholm,

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

2017; Tas and Yilmaz, 2015). Furthermore, many studies have shown the importance of a variety of factors such as temperature (Lewis et al., 1993), salinity (Thessen et al., 2005), pH (Lundholm et al., 2004) and nutrients (Bates et al., 1991). Thus, it is essential to understand the factors that stimulate *Pseudo-nitzschia* growth and DA production.

The Sea of Marmara, an inland sea, is a transition zone between the Black Sea and the Mediterranean Sea (Figure 1). It is located between Europe and Asia, and together with the Dardanelles and Bosphorus forms the 'Turkish Strait System'(Beşiktepe et al., 1994). The characteristic of the system is the permanent stratification seperating the Black Sea originated less saline upper layer (~18 psu) from the saline Mediterranean waters (~38 psu) of the lower layer (Ünlülata et al., 1990). It is under dense anthropogenic pollution pressure and it has numerous fragile bays where frequent algal blooms have frequently been observed. Furthermore, the industrialized regions of the Gulf of Izmit, and Gemlik, Bandirma, Erdek and Tekirdag Bays are some of the most densely populated coastal regions in Turkey. Thus, these regions constitute a unique and complex experimental site for examining the relation between natural and anthropogenic factors influencing the development of harmful algal blooms in coastal waters. Phytoplankton monitoring is conducted in the region since 1990s revealing potentially toxic genera, such as *Alexandrium*, *Gymnodinium*, *Dinophysis*, and *Pseudo-nitzschia* has been by microscopy (Aktan et al., 2005; Deniz and Tas, 2009). However, the monitoring programs was only focused on the abundance and distribution of phytoplankton with particular attention to harmful and toxic species, nor did it include associated toxin analyses.

Until now, DA production has been reported in Golden Horn Estuary, Turkey (Dursun et al., 2017, 2018; Tas et al., 2016). Only one study has revealed the relationship between DA and environmental factors and it focused on the smaller parts of the Sea of Marmara (Dursun et al., 2016). On the other hand, environmental factors that promote the production of DA are very complex and can be unique to regions (bays, gulfs, coastal zones or open seas) and seasons (Trainer et al., 2012). This complexity and varying environmental factors needs broader areas and further investigations. To our knowledge, no detailed and particular study addressed DA levels in the Sea of Marmara, including the Istanbul metropolitan area, east and southwest part of the region. On the other hand, the coast along the Sea of Marmara has a large human population that consumes fish and other seafood products, making them potentially vulnerable to ASP.

Given the complete lack of information on potential DA levels in the Sea of Marmara, the present study firstly addressed the possible presence and variability of domoic acid in plankton net samples. Secondly, physical parameters that might regulate the production and variability of DA were investigated. For this purposes, seasonal cruises were conducted at 13 stations, which represents spring (April 2019), summer (July 2019) and autumn (October 2019) conditions, water column properties as well as DA concentrations were analysed.

MATERIALS AND METHODS

Field sampling

Seasonal cruises were conducted in the Sea of Marmara during spring (April 2019), summer (July 2019) and autumn (October 2019). Plankton net samples were collected from 13 stations (Table 1) which were located close to the Istanbul metropolitan area (ST1-ST4), and along the east and (ST5-ST9) southwest parts of the Sea of Marmara (ST10-ST13) (Figure 1). The selection of the sampling sites was based on different criteria related to the hydrological regime and the localization of urban and industrial discharges. Plankton net samples were obtained from the 20 m depth to the surface (upper layer) vertically with a Nansen net (57 µm mesh size, 55 cm Ø). A sample volume between 25 and 180 mL was filtered through a Whatman GF/C (0.45 µm, 47 mm Ø) glass fiber filter then kept at - 20°C until extraction and HPLC analysis (Bates et al., 1991). As physical indicators, temperature and salinity measurements were recorded using a SBE 911 plus CTD system and a multi-parameter probe (YSI Professional Pro Plus) to trace changes in physical conditions, which could act as a trigger for domoic acid production (Dursun et al., 2016). All environmental data were used as the average of 0-20 m depths.

Toxin extraction and analysis in plankton samples

Duplicate portions of plankton net samples were filtered through a 47mm Whatman GF/C filter to determine domoic acid concentrations in plankton samples. The filter was rolled, placed in a test tube and kept frozen until analysis. Samples were extracted according to the procedure described by Milley et al. (1990), that is, extracted with 5 mL 50% (v/v) aqueous methanol, vortexed for 2 min and centrifuged at 4000 rpm for 10 min at 20°C. The supernatant was filtered through a Millex-GS 0.22 µm disposable filter (if necessary) into a vial and 20 µL were injected into the column.

Table 1. List of the sampling stations

Sampling date	Station	Region	Depth (m)
April, October 2019	ST1	Kucukcekmece	38
April, October 2019	ST2	Buyukcekmece	50
April, October 2019	ST3	Princes' Islands	96
April, October 2019	ST4	Tuzla	93
April, October 2019	ST5	Yalova coast	57
April, October 2019	ST6	Cinarcik	1267
April, October 2019	ST7	Gemlik Bay	100
April, October 2019	ST8	Imrali Island (Northwest)	200
April, October 2019	ST9	Imrali Island (West)	46
April, July 2019	ST10	Marmara Island (North)	90
April, July 2019	ST11	Marmara Island (West)	70
April, July 2019	ST12	Pasalimani Island (South)	40
April, July 2019	ST13	Avsa Island (Southwest)	60

Chromatographic analysis were performed using a Hewlett-Packard (HP) Model 1100 equipped with an inline degasser, quaternary pump, autosampler and diode-array detector; data collection and results processing were performed using the HP Chemstation software. Toxins were separated on a Macherey-Nagel Nucleodour 100 RP-C18 (250 mm × 4.6 mm, 5 µm) column. Detection wavelength was set at 242 nm with a 10 nm band width; the reference wavelength was 450 nm with a 100 nm bandwidth. The mobile phases were Milli-Q water plus 0.1% (v/v) trifluoroacetic acid (TFA) and acetonitrile (MeCN) plus 0.1% TFA. The flow rate was set at 0.4 mL min^{-1}. Gradient elution was programmed at 25% MeCN, maintained for 15 min and increased to 50% over 15 min, which was maintained for 5 min. Elution was then followed by an increase to 100% MeCN over 5 min before programming back to initial conditions over 5 min. Initial conditions were maintained for a further 5 min, resulting in a total cycle time of 30 min according to Tas et al. (2016). DA has a retention time of 8.8 min. The seven-point calibration curve was linear for the range 0.125 –10 µg mL^{-1} (r^2: 0.99, n: 3). The LOD, based on a signal to noise ratio of 3.3, was 0.108 µg mL^{-1} and limit of quantification (LOQ) was 0.326 µg mL^{-1}. DA concentrations were examined by Pearson Product-Moment Correlation analysis for their relationships with physical parameters. Data analyses were conducted using the Software package STATISTICA 6.0.

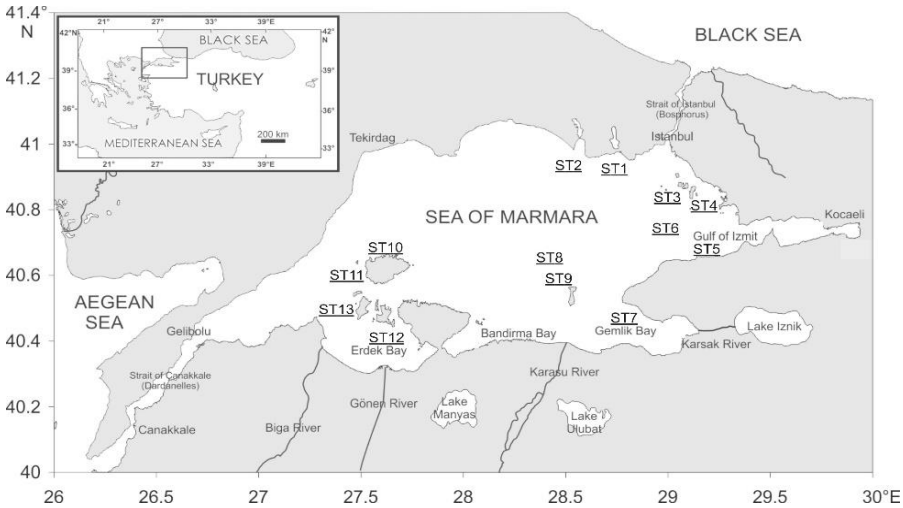


Figure 1. Map of the study area showing the location of the sampling stations in the Sea of Marmara

RESULTS AND DISCUSSION

Average (0-20 m) salinity showed a slightly spatial and remarkably seasonal pattern during the study period, ranging between 16.60 (ST11, July 2019) and 28.10 (ST4, October 2019) (Figure 2a). Average salinity was relatively stable between 24.40 and 26.00 during April 2019, decreased slightly to 22.10 in July 2019 and started to increase 26.90 at the end of the sampling period (October 2019).

Average (0-20 m) water temperatures showed a seasonal pattern during the study period, ranging between 10.7°C (ST13, April 2019) and 23.4°C (ST12, July 2019) (Figure 2b). During April 2019, the average temperature was 11.9°C, increased remarkably to 21.2°C in July 2019 and started to decrease 19.4°C at the end of the sampling period (October 2019). The highest difference between the stations were recorded at stations ST10, ST11, ST12 and ST13, which were located at southwest part of the Sea of Marmara.

HPLC chromatograms clearly demonstrated the presence of DA in plankton net samples (Figure 3). Twenty-two out of the 26 plankton net samples (84.6%) were found to contain DA during April and October 2019, but no DA was detected during July 2019 at the southwest part of the Sea of Marmara.

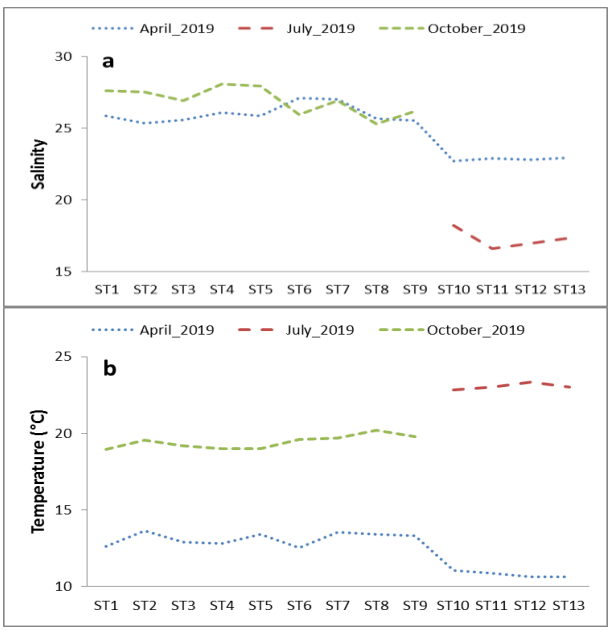


Figure 2. Changes in salinity (a) and temperature (b) during the study period

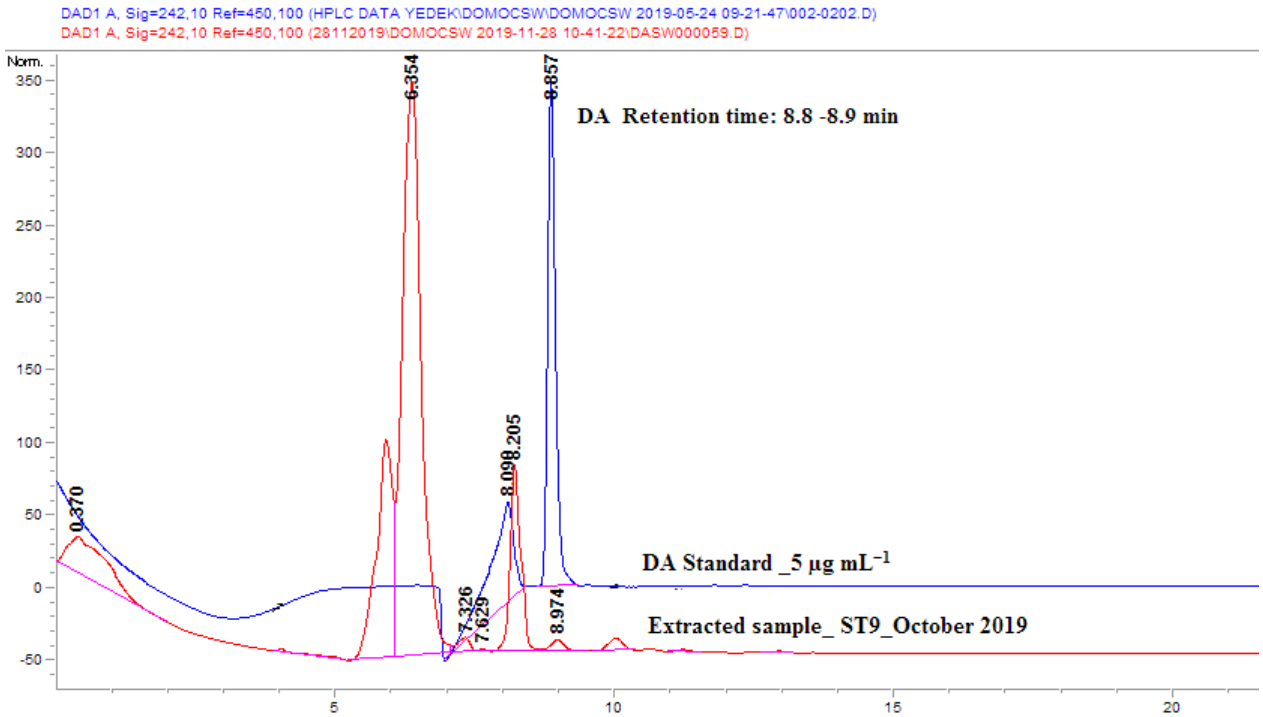


Figure 3. The HPLC-DAD chromatograms of DA standard (blue line) and plankton net sample extract (red line)

DA levels showed significant seasonal variation, and the concentrations varied between 0.22 and 1.27 µg mL^{-1} in April 2019 and 0.89-3.45 µg mL^{-1} in October 2019 (Figure 4). DA levels were generally higher during October 2019 and the highest concentrations (2.66 and 3.45 µg mL^{-1}) were observed at stations ST8 and ST9, which were located along the east part of the Sea of Marmara (Figure 4). Lower range of DA concentrations were measured in April 2019, with a mean of 0.89 µg mL^{-1} at the stations ST10, ST11, ST12 and ST13, which were located southwest part of the Sea of Marmara. When compared with other stations, ST8 (Imrali Island, Northwest) and ST9 (Imrali Island, West) are not close to the Istanbul metropolitan area and under the effect of inputs via industry and/or rivers. Also these results agree with the Bates et al. (1991) which reported the higher DA concentrations at offshore stations. DA distribution is not associated with highly elevated nutrient concentrations and chlorophyll-*a* peaks characteristics of the coastal waters immediately affected by the river inputs (Bates et al., 1991). Thus, these differences may stimulate the production of DA at these stations in the Sea of Marmara.

In recent years, some studies have reported DA concentrations, collected samples by plankton net, from different regions of the world. Toxic species of *Pseudo-nitzschia* have been reported from Lisbon Bay, Portugal (Vale and Sampayo, 2001), Queensland, Australia (Takahashi et al., 2007), Nha Phu Bay, Vietnam (Dao et al., 2009) and Sea of Marmara (Dursun et al., 2016) with highest values of 700, 120, 12 and 5.25 µg mL^{-1}, respectively. Sampling depth and region, sample volume and collection methods can affect DA levels. In this study, plankton sampling was conducted with 55 µm mesh size of plankton net instead of commonly used 20 µm mesh size and maximum value was measured as 3.45 µg mL^{-1}. Our results are expected to be more similar to the results of Takahashi et al. (2007) and Dursun et al. (2016), which may be due to the fact that phytoplankton samples were collected in both studies with similar mesh-sized plankton nets. However, in this study, DA concentrations were detected as high as in different regions (Schnetzer et al., 2007; Trainer et al., 2000) faced with DA toxicity events, with maximum values of <1.5 µg mL^{-1}.

It has previously been reported that *Pseudo-nitzschia* genus is the regular and frequent member of phytoplankton assemblages in the Sea of Marmara and, abundances varied between 1×10^3 and 186×10^3 cells L^{-1} (Deniz and Tas, 2009; Taş et al., 2011). Some species of the genus have the ability to produce DA (Dursun et al., 2016). On the other hand, no ASP case has ever documented in the Sea of Marmara, in spite of the presence of toxic *Pseudo-nitzschia* species. Despite the current conditions appearing to be unfavourable for the formation of dense and highly toxic blooms of *Pseudo-nitzschia* in the Sea of Marmara, it is known that physical factors can stimulate DA production in different ways, as Granéli and Flynn (2006) and Macintyre et al. (2011) stated. It can be said that differences in DA levels between the regions due to the changes in environmental conditions including temperature and salinity. Pearson correlation analysis showed that DA production was mainly controlled by salinity (r:0.47, $p<0.05$; n:26) along the study period. But no correlation was found between temperature and DA. This

relationship is similar to study which is reported by Busse et al. (2006) for San Diego, California and Dursun et al. (2016), for the Sea of Marmara during February 2011; but also it differs from the data given for the Golden Horn Estuary between August 2011 and July 2012 by Dursun et al. (2018).

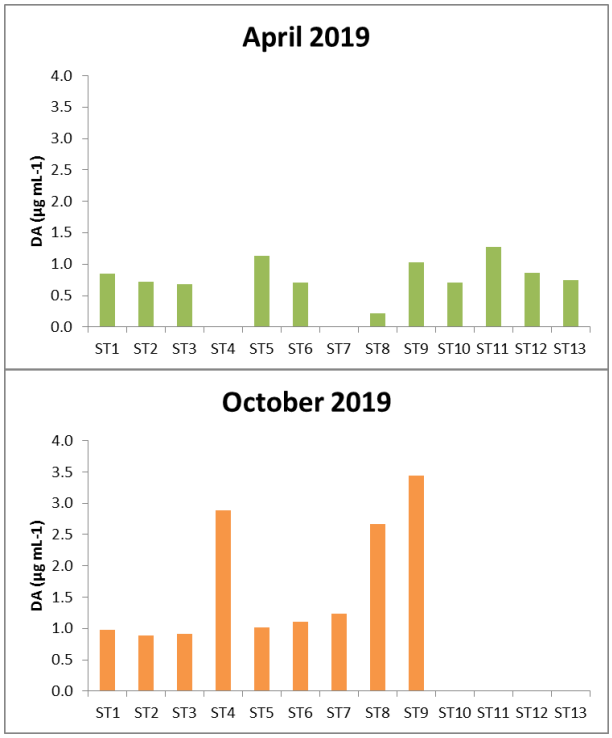


Figure 4. The spatio-temporal distributions of domoic acid levels in plankton net samples

Here, the results of preliminary research related to the DA production in the Sea of Marmara were presented. Even when the sampling was not exhaustive, domoic acid was found to be present in plankton samples collected during April and October 2019. This means that the human population and the shellfish resources could be affected by amnesic shellfish poisoning. This study shows the importance of understanding the DA production process in relation to the physical conditions in plankton net samples. However, more investigation containing all environmental variables is needed to get a clear understanding of DA production.

This work did not include the detection of DA accumulation in shellfish and fish species, but that would be a logical step for further studies on DA production in the Sea of Marmara. There have not yet been any reports of illness in humans or marine life due to DA poisoning in the region. Even if the DA concentrations are generally low, there is a potential for toxin production to occur in this region. Thus, more research is needed to confirm the capacity of the genus *Pseudo-nitzschia* in coastal waters of Turkey to produce DA, since this species exists in phytoplankton blooms. It is very important to understand better and manage the impact of potential harmful algal blooms, and in order to prevent human intoxication and losses to aquaculture.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was partially supported by the Institute of Marine Sciences and Management, Istanbul University (IMSM-IU) and Scientific Research Projects Coordination Unit of Istanbul University (Grant number: FBA-2018-30845). I am very grateful to Dr. Hüsne Altıok for CTD measurements in the field. Also, I would like to thank R/V ALEMDAR II staff, other colleagues and students, who was on the board during April and October 2019 cruises, for their assistance with the field work. I would like to thank Dr. Nazlı Demirel for giving me the opportunity to attend field surveys with the vessel "Şükriye Ana-II", during April and July 2019.

REFERENCES

Aktan, Y., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H. & Aykulu, G. (2005). Distribution patterns, biomass estimates and diversity of phytoplankton in Izmit Bay (Turkey). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *64*(2–3), 372–384. DOI:10.1016/j.ecss.2005.03.003

Almandoz, G. O., Ferreyra, G.A., Schloss, I.R., Dogliotti, A.I., Rupolo, V., Paparazzo, F.E., & Ferrario, M.E. (2008). Distribution and ecology of Pseudo-nitzschia species (Bacillariophyceae) in surface waters of the Weddell Sea (Antarctica). Polar Biology, 31(4), 429–442. DOI:10.1007/s00300-007-0369-9

Bates, S., Freitas, A.S.W. de, Milley, J.E., Pocklington, R., Quilliam, M.A., Smith, J.C. & Worms, J. (1991). Controls on Domoic Acid Production by the Diatom *Nitzschia pungens* f. multiseries in Culture: Nutrients and Irradiance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *48*(7), 1136–1144. DOI:10.1139/f91-137

Bates, S., Hubbard, K.A., Lundholm, N., Montresor, M. & Leaw, C.P. (2018). *Pseudo-nitzschia*, Nitzschia, and domoic acid: New research since 2011. *Harmful Algae*, *79*, 3–43. DOI:10.1016/j.hal.2018.06.001

Beşiktepe, Ş., Sur, H.I., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T. & Ünlüata, Ü. (1994). The circulation and hydrography of the Marmara Sea. *Progress in Oceanography*, 34(4), 285-334. DOI:10.1016/0079-6611(94)90018-3

Buck, K.R. (1992). Autecology of the diatom Pseudonitzschia australis, a domoic acid producer, from Monterey Bay, California. *Marine Ecology Progress Series*, *84*(3), 293–302. DOI:10.3354/meps084293

Busse, L.B., Venrick, E.L., Antrobus, R., Miller, P.E., Vigilant, V., Silver, M.W., & Prezelin, B.B. (2006). Domoic acid in phytoplankton and fish in San Diego, CA, USA. *Harmful Algae*, *5*(1), 91–101. DOI:10.1016/j.hal.2005.06.005

Dao, H.V., Takata, Y., Omura, T., Sato, S., Fukuyo, Y. & Kodama, M. (2009). Seasonal variation of domoic acid in a bivalve Spondylus versicolor in association with that in plankton samples in Nha Phu Bay, Khanh Hoa, Vietnam. *Fisheries Science*, *75*(2), 507–512. DOI:10.1007/s12562-009-0057-5

Deniz, N. & Tas, S. (2009). Seasonal variations in the phytoplankton community in the north-eastern sea of marmara and a species list. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *89*(2), 269–276. DOI:10.1017/S0025315409003117

Dursun, F., Yurdun, T. & Ünlü, S. (2016). The First Observation of Domoic Acid in Plankton Net Samples from the Sea of Marmara, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *96*(1), 70–75. DOI:10.1007/s00128-015-1704-4

Dursun, F., Ünlü, S., Tas, S. & Yurdun, T. (2017). Domoic acid variations in response to environmental conditions in an eutrophic estuary, Golden Horn (Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *17*(4), 653–662. DOI:10.4194/1303-2712-v17_4_01

Dursun, F., Ünlü, S. & Yurdun, T. (2018). Determination of Domoic Acid in Plankton Net Samples from Golden Horn Estuary, Turkey, Using HPLC with Fluorescence Detection. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *100*(3), 457–462. DOI:10.1007/s00128-018-2275-y

Dursun, F. & Tas, S. (2019). Variations in abundance and diversity of phytoplankton in the surface waters of the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *99*(2), 279–290. DOI:10.1017/S0025315418000073

Fire, S.E., Wang, Z., Berman, M., Langlois, G.W., Morton, S.L., Sekula-Wood, E. & Benitez-Nelson, C. R. (2010). Trophic transfer of the harmful algal toxin domoic acid as a cause of death in a minke whale (Balaenoptera acutorostrata) stranding in southern California. *Aquatic Mammals*, *36*(4), 342–350. DOI:10.1578/AM.36.4.2010.342

Granéli, E. & Flynn, K. (2006). Chemical and Physical Factors Influencing Toxin Content. In *Ecology of Harmful Algae* (pp. 229–241). DOI:10.1007/978-3-540-32210-8_18

Hallegraeff, G.M. (2004). *Harmful algal blooms: a global overview*. *Manual on Harmful Marine Microalgae, 33, 1-22*.

Hasle, G.R. (2002). Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? *Harmful Algae*, *1*(2), 137–146. DOI:10.1016/S1568-9883(02)00014-8

Klein, C., Claquin, P., Bouchart, V., Le Roy, B. & Véron, B. (2010). Dynamics of *Pseudo-nitzschia spp*. and domoic acid production in a macrotidal ecosystem of the Eastern English Channel (Normandy, France). *Harmful Algae*, *9*(2), 218–226. DOI:10.1016/j.hal.2009.10.004

Kudela, R., Roberts, a, & Armstrong, M. (2004). Laboratory analyses of nutrient stress and toxin accumulation in *Pseudo-nitzschia* species from Monterey Bay, California. *Harmful Algae 2002*, 136–138.

Lapworth, C., Hallegraeff, G.M.J., & Ajani, P.A. (2001). Identification of domoic-acid-producing *Pseudo-nitzschia* species in Australian waters. In *Harmful Algal Blooms 2000 Proceedings of the Ninth International Conference on Harmful Algal Blooms* (pp. 38–41).

Lefebvre, K.A. & Robertson, A. (2010). Domoic acid and human exposure risks: A review. *Toxicon*, 56(2), 218-230 DOI:10.1016/j.toxicon.2009.05.034

Lewis, N., Bates, S., Mclachlan, J. & Smith, J. (1993). Temperature effects on growth, domoic acid production, and morphology of the diatom Nitzschia pungens f. multiseries. In: Toxic phytoplankton blooms in the sea (Ed. by T.J. Smayda & Y. Shimizu). In *Elsevier Science Publishers B.V* (pp. 601–606).

Likumahua, S., de Boer, M.K., Krock, B., Nieuwenhuizen, T., Tatipatta, W.M., Hehakaya, S., & Buma, A.G.J. (2019). First record of the dynamics of domoic acid producing *Pseudo-nitzschia spp*. in Indonesian waters as a function of environmental variability. *Harmful Algae*, *90*. DOI:10.1016/j.hal.2019.101708

Ljubešić, Z., Bosak, S., Viličić, D., Borojević, K.K., Marić, D., Godrijan, J., & Dakovac, T. (2011). Ecology and taxonomy of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* species in Lim Bay (north-eastern Adriatic Sea). *Harmful Algae*, *10*(6), 713–722. DOI:10.1016/j.hal.2011.06.002

Lundholm, N., Hansen, P.J., & Kotaki, Y. (2004). Effect of pH on growth and domoic acid production by potentially toxic diatoms of the genera Pseudo-nitzschia and Nitzschia. *Marine Ecology Progress Series*, *273*, 1–15. DOI:10.3354/meps273001

Macintyre, H.L., Stutes, A.L., Smith, W.L., Dorsey, C.P., Annabraham, & Dickey, R.W. (2011). Environmental correlates of community composition and toxicity during a bloom of Pseudo-nitzschia spp. in the northern Gulf of Mexico. *Journal of Plankton Research*, *33*(2), 273–295. DOI:10.1093/plankt/fbq146

Milley, J.E., Bates, S., Bird, C.J., De Freitas, A.S.W. & Quilliamt, M.A. (1990). Trace determination of domoic acid in seawater and phytoplankton by high-performance liquid chromatography of the fluorenylmethoxycarbonyl (fmoc) derivative. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, *38*(3), 351–368. DOI:10.1080/03067319008026940

Perl, T.M., Bédard, L., Kosatsky, T., Hockin, J.C., Todd, E.C.D. & Remis, R.S. (1990). An Outbreak of Toxic Encephalopathy Caused by Eating Mussels Contaminated with Domoic Acid. *New England Journal of Medicine*, *322*(25), 1775–1780. DOI:10.1056/nejm199006213222504

Saeed, A.F., Awan, S.A., Ling, S., Wang, R. & Wang, S. (2017). Domoic acid: Attributes, exposure risks, innovative detection techniques and therapeutics. *Algal Research, 24, 97-110*. DOI:10.1016/j.algal.2017.02.007

Sahraoui, I., Grami, B., Bates, S., Bouchouicha, D., Chikhaoui, M.A., Mabrouk, H.H. & Hlaili, A. S. (2012). Response of potentially toxic *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) populations and domoic acid to environmental conditions in a eutrophied, SW Mediterranean coastal lagoon (Tunisia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *102–103*, 95–104. DOI:10.1016/j.ecss.2012.03.018

Schnetzer, A., Miller, P.E., Schaffner, R.A., Stauffer, B.A., Jones, B.H., Weisberg, S.B., … Caron, D.A. (2007). Blooms of *Pseudo-nitzschia* and domoic acid in the San Pedro Channel and Los Angeles harbor areas of the Southern California Bight, 2003-2004. *Harmful Algae*, *6*(3), 372–387. DOI:10.1016/j.hal.2006.11.004

Scholin, C.A., Gulland, F., Doucette, G.J., Benson, S., Busman, M., Chavez, F.P., & Van Dolah, F.M. (2000). Mortality of sea lions along the central California coast linked to a toxic diatom bloom. *Nature*, *403*(6765), 80–84. DOI:10.1038/47481

Takahashi, E., Yu, Q., Eaglesham, G., Connell, D.W., McBroom, J., Costanzo, S., & Shaw, G. R. (2007). Occurrence and seasonal variations of algal toxins in water, phytoplankton and shellfish from North Stradbroke Island, Queensland, Australia. *Marine Environmental Research*, *64*(4), 429–442. DOI:10.1016/j.marenvres.2007.03.005

Takemoto, T. & Daigo, K. (1958). Constituents of Chondria armata. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, *6*(5), 578–580. DOI:10.1248/cpb.6.578b

Taş, S., Okuş, E., Ünlü, S. & Altiok, H. (2011). A study on phytoplankton following Volgoneft-248 oil spill on the north-eastern coast of the Sea of Marmara. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *91*(3), 715–725. DOI:10.1017/S0025315410000330

Tas, S. & Yilmaz, I.N. (2015). Potentially harmful microalgae and algal blooms in a eutrophic estuary in the Sea of Marmara (Turkey). *Mediterranean Marine Science*, *16*(2), 432–443. DOI:10.12681/mms.1042

Tas, S., Dursun, F., Aksu, A. & Balkis, N. (2016). Presence of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* and particulate domoic acid in the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara, Turkey). *Diatom Research*, *31*(4), 339–349. DOI:10.1080/0269249X.2016.1247020

Tas, S. & Lundholm, N. (2017). Temporal and spatial variability of the potentially toxic *Pseudo-nitzschia spp*. in a eutrophic estuary (Sea of Marmara). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *97*(7), 1483–1494. DOI:10.1017/S0025315416000837

Teng, S.T., Lim, H.C., Lim, P.T., Dao, V.H., Bates, S. & Leaw, C. P. (2014). *Pseudo-nitzschia kodamae* sp. nov. (Bacillariophyceae), a toxigenic species from the strait of Malacca, Malaysia. *Harmful Algae*, *34*, 17–28. DOI:10.1016/j.hal.2014.02.005

Tenorio, C., Uribe, E., Gil-Kodaka, P., Blanco, J. & Álvarez, G. (2016). Morphological and toxicological studies of *Pseudo-nitzschia* species from the central coast of Peru. *Diatom Research*, *31*(4), 331–338. DOI:10.1080/0269249X.2016.1247018

Thessen, A.E., Dortch, Q., Parsons, M.L. & Morrison, W. (2005). Effect of salinity on *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) growth and distribution. *Journal of Phycology*, *41*(1), 21–29. DOI:10.1111/j.1529-8817.2005.04077.x

Trainer, V.L., Adams, N.G., Bill, B.D., Stehr, C.M., Wekell, J.C., Moeller, P., & Woodruff, D. (2000). Domoic acid production near California coastal upwelling zones, June 1998. *Limnology and Oceanography*, *45*(8), 1818–1833. DOI:10.4319/lo.2000.45.8.1818

Trainer, V.L., Bates, S., Lundholm, N., Thessen, A.E., Cochlan, W.P., Adams, N.G. & Trick, C. G. (2012). *Pseudo-nitzschia* physiological

ecology, phylogeny, toxicity, monitoring and impacts on ecosystem health. *Harmful Algae*, *14*, 271–300. DOI:10.1016/j.hal.2011.10.025

Ünlülata, Ü., Oğuz, T., Latif, M.A. & Özsoy, E. (1990). On the Physical Oceanography of the Turkish Straits. In *The Physical Oceanography of Sea Straits* (pp. 25–60). DOI:10.1007/978-94-009-0677-8_2

Vale, P. & Sampayo, M.A.M. (2001). Domoic acid in Portuguese shellfish and fish. *Toxicon*, *39*(6), 893–904. DOI:10.1016/S0041-0101(00)00229-4

Vrieling, E.G., Gieskes, W.W.C., Vrieling, E.G., Veenhuis, M., Koeman, R.P.T., Scholin, C. A., & Peperzak, L. (1996). Identification of a domoic acid-producing *pseudo-nitzschia* species (bacillariophyceae) in the dutch wadden sea with electron microscopy and molecular probes. *European Journal of Phycology*, *31*(4), 333–340. DOI:10.1080/09670269600651561

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 95-99 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.11

SHORT COMMUNICATION KISA ARAŞTIRMA

Length-weight relationships of fishes caught by stationary uncovered pound nets in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea (Turkey)

Saros Körfezi'nin (Kuzey Ege Denizi) kıyısal sularında ağ dalyan ile yakalanan balıkların boy-ağırlık ilişkileri

Serhat Çolakoğlu

Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale Vocational of Technical Sciences, 17020, Çanakkale, Turkey https://orcid.org/0000-0003-3526-6477

serhat_colakoglu@comu.edu.tr

Received date: 14.01.2020 *Accepted date: 18.05.2020*

How to cite this paper:
Çolakoğlu, S. (2021). *CPUE* comparison of traditional crayfish fyke net rigged with knotted net and alternatively knotless net. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 95-99. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.11

Abstract: Stationary uncovered pound nets are passively fishing gears used for fish catching according to traditional methods in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea. The purpose of this study was to determine length-weight relations (LWRs) for a wide range of fish species collected from the traps in the coastal waters of Saros Bay. We are studied in the fish species caught by four traps between April and August (fishing season) in 2010 - 2012. A total of 23 fish species belonging to 12 families were caught individual 2.096. The mean value of the growth pattern (*b*) was 3.141±0.042, ranging from 2.711 to 3.577. Whereas they were negative allometric only for two species (*Pomatomus saltatrix* and *Mugil cephalus*), from other fish species were observed to be 13 positive allometric and 8 isometrics. The LWR parameters for the positive allometric and isometric fish species were significant (P<0.05). This study provides some general information about the status of the LWR parameters of the fish species caught from the traps.

***Keywords*:** Length- weight relationship, fish species, stationary uncovered pound net, Saros Bay

Öz: Ağ dalyanlar, Kuzey Ege Denizi'nin Saros Körfezi kıyılarında geleneksel yöntemlere göre balık avlamada kullanılan pasif av araçlarıdır. Bu çalışmanın amacı, Saros Körfezi kıyılarındaki ağ dalyanlardan toplanan çeşitli balık türleri için boy-ağırlık ilişkilerini (LWRs) belirlemektir. 2010 - 2012 yıllarında Nisan ve Ağustos ayları arasında (balık avlama sezonu) dört ağ dalyandan yakalanan balık türlerinde çalışılmıştır. 12 aileye ait toplam 23 balık türünde toplam 2.096 adet birey yakalandı. Büyüme ilişkilerinin (*b*) ortalama değeri 3,141 ± 0,042 iken, 2,711 – 3,577 arasında değişmiştir. Sadece iki tür (*Pomatomus saltatrix* ve *Mugil cephalus*) negatif allometrik iken, diğer balık türlerinden 13 pozitif allometrik ve 8 izometrik olduğu tespit edilmiştir. LWR parametreleri pozitif allometrik ve izometrik balık türleri için anlamlıydı (P <0,05). Bu çalışma, ağ dalyanlardan yakalanan balık türlerinin LWR parametreleri ile ilgili bazı genel bilgiler sunmaktadır.

***Anahtar kelimeler**:* Boy-ağırlık ilişkileri, balık türleri, ağ dalyan, Saros Körfezi

INTRODUCTION

The stationary uncovered pound net fishery is well known to be one of the oldest methods used in different regions of the world. These fishing systems are established in different types and sizes in shallow waters with sandy–muddy substrates at certain periods of the year (Deveciyan, 2011). These traps are used in the coastal areas of the Mediterranean Sea, the Aegean Sea, and the Marmara Sea in Turkey (Çolakoğlu et al., 2015; Biçer et al., 2020). The stationary uncovered pound net fishery on the coast of Saros Bay is used extensively due to the high commercial value of the fish species (Çolakoğlu et al., 2015; Biçer et al., 2020). There are 15 traps in this region and they are limited to this number by the competent authority. This study is important in terms of determination of species diversity, length, and weight distributions of fishes caught by stationary uncovered pound net in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea.

The length-weight relationship (LWR) is of great importance in fisheries biology and population dynamics (Silva et al., 2013). This information is useful for the prediction of indications of condition, level of breeding, feeding, and stock assessment of the fish (Yıldız et al., 2018). Also, LWR is used in morphological comparisons of fish species (Gonçalves et al., 1997).

In other studies conducted in Turkey have been made assessment on LWR for fish species caught in the coastal areas of the Black Sea, the Marmara Sea, the Aegean Sea and the Mediterranean Sea (Taskavak & Bilecenoglu, 2001; Filiz & Bilge, 2004; Karakulak et al., 2006; Ozaydin & Taskavak, 2006; Akyol et al., 2007; Demirhan & Can, 2007; Ismen et al., 2007; Ozaydin et al., 2007; Ilkyaz et al., 2008; Ceyhan et al., 2009; Erguden et al., 2009; Keskin & Gaygusuz, 2010, Kasapoglu & Düzgünes, 2014; Yıldız et al., 2018). There is not enough information about species diversity, length and weight distributions of fishes caught by stationary uncovered pound nets in Saros Bay. The present study aimed to characterize the relationship between the length and weight of fish species caught along the sampling period from the stationary uncovered pound net. In addition,

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

the results will provide information on the sustainability of the fish caught by traps in the region.

MATERIAL AND METHOD

Surveys were regularly recorded the fish caught in one day, twice a week for each trap between April and August (stationary uncovered pound net fishing season) in the years 2010-2012 in four locations along the coastal waters of Saros Bay in the North Aegean Sea, Turkey (Figure 1).

Each fisheries system was constructed over a surface area of approximately 0.5 hectares (70 m width and 70–80 m length) at depths of up to 20–30 m, perpendicular to the shore in Saros Bay (Figure 2). The stationary uncovered pound net was located just above the average low tide line and consisted of a leader net, an entrance, a slope, a bag net, and a final trap, and all of them supported by galvanized pipe poles (Çolakoğlu et al., 2015). At each location, the mesh size of all parts of the traps was usually constructed of a 10.5 mm mesh. Four fishermen recovered the fish caught in the traps by removing the net in both final traps (168 m^2). Stationary uncovered pound nets were checked twice daily (at sunrise and sunset) and usually cleared only during low tide.

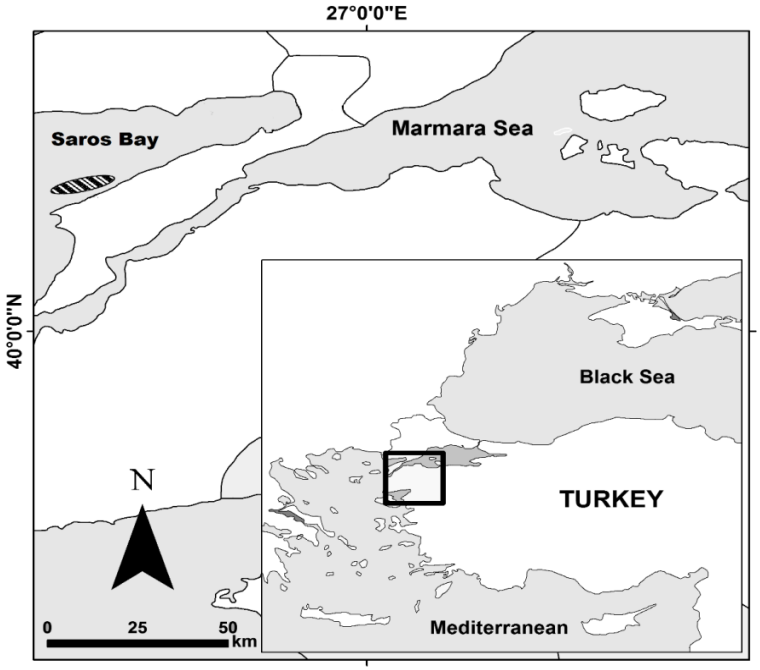


Figure 1. Sampling locations

Figure 2. A typically stationary uncovered pound net in Saros Bay

Samples were packaged in styrofoam boxes and transported with high humidity to the laboratory in 2 hours via an ice-cooled box. All fish species were identified according to Mater et al. (2003), and the scientific name for each species was checked according to the FishBase® (Froese & Pauly, 2013). The fresh samples total length (TL) was recorded to the nearest 0.1 cm.

The total weight (W) of each fish was measured using an electronic balance (0.01 mg accuracy). The fish length and weight relationship were calculated using the exponential relationship: $W = a \times L^b$, where W is total weight (g), L is the total length (all data standardized to cm), *a* is the intercept, and *b* is the slope. Parameters *a* and *b* were estimated by least-squares linear regression on log–log transformed data: ($\ln W = \ln a + b \times \ln L$). The coefficient of determination (R^2) was used as an indicator of the quality of linear regression. To confirm whether the values of *b* obtained in the linear regressions were significantly different from the isometric value (*b*=3) and negative (*b* < 3) or positive (*b* > 3) allometric relationships, t-tests were used. In addition, the functional regression *b* value represents the body shape as related to the weight (Ricker, 1973). A Student's t-test (α=0.05) was employed to test whether the *b* value was significantly different from the isometric (*b*=3) point (Zar, 1999). Student t-tests and ANCOVA were performed using the Statistica® 8.0 software package (StatSoft, 2007). Descriptive statistics were derived using Microsoft Office Excel 2016 software (Seattle, WA, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Stationary uncovered pound nets are one of the most important fishing gears used in fishing in Turkey. The trap fishing in different regions of the country is carried out using artisanal methods along the coast of the Aegean and Marmara Seas (Çolakoğlu et al., 2015). Although the LWRs studies in the fishes caught with different fishing gears were made, there are no studies on the fishes caught with traps. In this study, LWRs were determined for the fishes caught with stationary uncovered pound nets in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea.

During the research period, a total of 23 species belonging to 12 families were caught 2.096 individuals in total by the traps. The dominant within the caught fish species were components of *Trachurus mediterraneus* (19.08%), *Sardinella aurita* (15.08%), *Boops boops* (8.54%), *Oblada melanura* (6.92%), and *Sardina pilchardus* (6.54%) and which represented approximately 56.15%. Minimum and maximum lengths, weights, parameters of the LWRs and standard errors of *b* values for 23 species were summarized in Table 1. According to the results of the present study, the slope *b* values ranged between 2.711±0.017 (*Mugil cephalus*) and 3.577±0.008 (*Scomber japonicus*), and *a* values ranged from 0.0004 (*Belone belone*) to 0.0216 (*M. cephalus*) ($P<0.05$). Whereas they were negative allometric only for two species (*Pomatomus saltatrix* and *M. cephalus*), from other fish species were observed to be 13 positive allometric and 8 isometrics. The LWR parameters for the positive allometric and isometric fish species were significant ($P<0.05$). The highest *b* value was over the upper limit for only two species *S. japonicus* (3.577) and *Diplodus annularis* (3.417). The LWRs were significant for all species, with R^2 values ranging from 0.823 (*Scomber scombrus*) to 0.993 (*Sarpa salpa*) ($P<0.05$) (Table 1).

A comparison of the *b* values between the present study and other studies is shown in Table 2.

Table 1. The results of length-weight relationships of fish species caught from the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea

Family	Species	n	Length		Weight		Relationship parameters				Range of *b*
			Mean (±SD)	Range (cm)	Mean (±SD)	Range (g)	*a*	*b*	SE (b)	R^2	Fishbase
Carangidae	*Trachurus mediterraneus*	400	17.22±1.97	11.0-24.6	45.56±16.26	10.1-121.1	0.0090	2.982	0.004	0.949	2.964-3.573
Clupeidae	*Sardinella aurita*	316	20.65±1.84	15.8-26.2	66.03±18.78	24.0-134.0	0.0069	3.020	0.004	0.907	3.183-3.660
	Sardina pilchardus	137	15.18±1.54	11.5-17.5	28.42±8.36	10.0-43.0	0.0036	3.280	0.007	0.945	3.257-3.621
	Spondyliosoma cantharus	120	17.95±3.07	12.0-30.8	102.96±73.50	21.9-563.0	0.0080	3.238	0.013	0.943	3.123-4.159
Sparidae	*Boops boops*	179	17.42±3.24	12.1-25.5	55.95±31.31	15.0-154.0	0.0115	2.936	0.010	0.973	2.961-3.593
	Oblada melanura	145	23.59±3.62	14.7-30.0	179.65±85.73	19.10-360.0	0.0056	3.263	0.015	0.984	2.904-4.081
	Sarpa salpa	52	17.44±4.31	13.7-29.4	80.58±73.89	31.0-310.0	0.0105	3.059	0.025	0.993	3.232-3.839
	Pagellus bogaraveo	51	14.97±2.28	12.5-21.5	47.96±26.18	26.1-137.5	0.0108	3.076	0.015	0.976	3.222-3.638
	Diplodus annularis	23	15.27±1.69	11.4-19.8	67.76±27.66	23.0-154.0	0.0058	3.417	0.020	0.969	3.478-3.912
	Pagellus acarne	21	18.14±2.89	13.5-24.6	82.56±44.40	29.7-194.0	0.0084	3.142	0.028	0.972	3.309-3.780
	Lithognathus mormyrus	20	23.38±2.92	19.3-28.5	175.50±77.16	86.0-350.0	0.0040	3.373	0.033	0.981	3.800-4.912
Scombridae	*Scomber japonicus*	121	23.03±2.16	17.5-30.0	113.72±40.37	38.0-274.0	0.0015	3.577	0.008	0.953	3.852-4.350
	Scomber scombrus	54	28.01±1.09	23.3-30.0	184.24±24.96	103.0-252.0	0.0041	3.209	0.006	0.823	3.759-4.024
	Sarda sarda	15	47.31±11.61	39.2-67.0	1358.5±1163.51	671.4-3250.2	0.0072	3.102	0.082	0.986	4.164-4.692
Centracanthidae	*Spicara smaris*	86	14.31±1.99	10.7-19.0	28.22±11.28	11.0-55.1	0.0106	2.942	0.010	0.974	2.952-3.285
	Spicara maena	48	16.91±1.46	13.5-19.8	65.90±17.20	31.0-99.0	0.0086	3.154	0.011	0.953	3.319-3.619
Pomatomidae	*Pomatomus saltatrix*	73	26.22±3.85	19.5-33.3	150.8±63.8	61.0-322.0	0.0148	2.807	0.014	0.979	3.204-3.710
Sphyraenidae	*Sphyraena chrysotaenia*	65	30.49±3.27	24.8-38.9	100.66±40.71	51.0-210.0	0.0012	3.308	0.012	0.951	3.781-4.178
Belonidae	*Belone belone*	58	42.69±6.44	29.1-55.0	81.18±42.38	25.0-175.0	0.0004	3.263	0.018	0.945	3.719-4.214
Engraulidae	*Engraulis encrasicholus*	36	14.33±0.91	11.7-15.6	20.47±3.87	11.0-28.0	0.0053	3.096	0.008	0.924	3.162-3.359
Mugilidae	*Mugil cephalus*	25	28.75±2.06	27.0-34.2	197.33±47.42	155.0-350.0	0.0216	2.711	0.017	0.882	3.349-3.630
Atherinidae	*Atherina boyeri*	22	12.28±0.84	11.2-14.0	12.93±3.02	9.0-20.0	0.0066	3.014	0.014	0.839	3.032-3.203
Scorpaenidae	*Scorpaena scrofa*	19	24.81±4.78	18.3-34.0	381.89±244.93	121.0-896.0	0.0094	3.266	0.063	0.972	3.688-4.276

Table 2. Comparison of length-weight relationship parameters for fish species obtained by several researchers

Species	This study (7)			The Dardanelles				Saros Bay and Gökçeada Island				Marmara Sea				Black Sea			
	N	a	b	N	a	*b*	Ref.	N	a	*b*	Ref.	N	a	*b*	Ref.	N	a	*b*	Ref.
Atherina boyeri	22	0.007	3.01	-	-	-	-	-	-	-	-	14	0.002	3.49	4	-	-	-	-
Belone belone	58	0.003	3.26					30	0.001	3.19	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Boops boops	179	0.012	2.94	-	-	-	-	189	0.005	3.24	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Diplodus annularis	23	0.006	3.42	282	0.015	3.05	1	108	0.016	3.02	2	15	0.022	2.96	4	-	-	-	-
Engraulis encrasicholus	36	0.005	3.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1588	0.013	2.71	6
Lithognathus mormyrus	20	0.004	3.37	45	0.019	2.86	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mugil cephalus	25	0.022	2.71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oblada melanura	145	0.006	3.26	97	0.018	2.89	1	316	0.003	3.46	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Pagellus acarne	21	0.008	3.14	228	0.012	3.03	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pagellus bogaraveo	51	0.011	3.08	92	0.024	2.78	1	2355	0.007	3.19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Pomatomus saltatrix	73	0.015	2.81	-	-	-	-	-	-	-	-	290	0.033	2.53	4	25	0.009	3.01	6
Sarda sarda	15	0.007	3.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	0.050	2.56	6
Sardinella aurita	316	0.007	3.02	26	0.001	3.28	1	50	0.006	3.07	3	24	0.003	3.44	5	-	-	-	-
Sardina pilchardus	137	0.004	3.28	146	0.006	3.12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sarpa salpa	52	0.011	3.06	99	0.013	3.02	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Scomber japonicus	121	0.002	3.58	69	0.004	3.23	1	45	0.002	3.52	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Scomber scombrus	54	0.004	3.21	58	0.006	3.08	1	100	0.003	3.29	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Scorpaena scrofa	19	0.009	3.27	134	0.022	2.96	1	15	0.018	3.00	3	-	-	-	-	-	-	-	-
Spicara maena	48	0.009	3.15	-	-	-	-	353	0.0098	3.01	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Spicara smaris	86	0.011	2.94	114	0.011	3.01	1	1449	0.012	2.91	2	403	0.009	3.08	4	103	0.022	2.72	6
Sphyraena chrysotaenia	65	0.001	3.31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Spondyliosoma cantharus	120	0.008	3.24	156	0.008	3.26	1	45	0.009	3.17	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Trachurus mediterraneus	400	0.009	2.98	489	0.006	3,13	1	446	0.0032	3.37	2	307	0.006	3.13	4	624	0.005	3.14	6

Ref. is the reference of different researchers: 1: Cengiz, (2013); 2: Ismen, A. et al., (2007); 3: Karakulak et al., (2006); 4: Bok et al., (2011); 5: Keskin and Gaygusuz, (2010); 6: Kasapoglu and Duzgunes, (2014); 7: Present study.

Parameter *b* (2.98) for *T. mediterraneus* in this study was lower than the one obtained from the Aegean Sea 3.37 (Ceyhan et al., 2009) and the Black Sea (3.14) (Kasapoglu & Duzgunes, 2014) and (3.17) (Yankova et al., 2011), the Dardanelles (3.13) (Cengiz, 2013), the Saros Bay (3.37) (İşmen et al., 2007), but higher than from the Mediterranean Sea (2.81) (Sangun et al., 2007). The *b* coefficient (3.02) value obtained for *S. aurita* was found to be similar to the values of the same species studied for the North Aegean Sea (3.07) (Karakulak et al., 2006) and smaller than for the Dardanelles (3.28) (Cengiz, 2013). *b* (3.26) for *Oblada melanura* was found to be lower than the findings obtained in the North Aegean Sea (3.46) (Karakulak et al., 2006), but higher than in the Dardanelles (2.89) (Cengiz, 2013). *b* (3.58) for *S. japonicus* was found to be similar to the findings obtained in the Saros Bay (3.52) (İşmen et al., 2007), but higher than in the Dardanelles (3.23) (Cengiz, 2013) and the North Aegean Sea (3.10) (Karakulak et al., 2006). *b* (3.24) for *Spondyliosoma cantharus* was found to be similar to the findings obtained in the Dardanelles (3.26) (Cengiz, 2013) and the Saros Bay (3.17) (İşmen et al., 2007), but higher than in the North Aegean Sea (2.87) (Karakulak et al., 2006). *b* value (2.94) for *B. boops* was found to be lower than the findings obtained in the Saros Bay (3.24) (İşmen et al., 2007). *b* values for *Spicara maena* (3.15) and *D. annularis* (3.42) in the present study were found to be higher than the findings obtained (3.01 and 3.02) in the Saros Bay, respectively (İşmen et al., 2007). The study conducted by İşmen et al. (2007) with this study was observed that of differences in *b* values in some fish species. The reason for this is thought to be due to the low number of samples and the difference of the fishing gear. In addition, the low number of samples in 7 different fish species in the study can decrease the reliability of the results.

The differences in LWR parameters of the fishes investigated in studies could be caused by factors such as lack or abundance of food, specimens age, reproductive stage and sex characteristics (Wootton, 1990), number of specimens analyzed, ecological differences of the sampling areas, sampling duration (Moutopoulos & Stergiou, 2002), fishing gear used and selectivity (İşmen et al., 2007; Cengiz, 2013). The relationship between *a* and *b* is an important factor influencing the body shape of fishes (Froese, 2006) and these factors can be used to assess the 'well-being' of individual fish (Jobling, 2002).

In conclusion, the results of this study could be used as a reference for comparing the findings of other studies. Additionally, results from this study also provide basic information that may facilitate conservation and stock management policies of the impact on fish species of stationary uncovered pound nets fishing conducted in the coastal waters of Saros Bay.

REFERENCES

Akyol, O., Kinacigil, H.T. & Sevik, R. (2007). Longline fishery and length-weight relationships for selected fish species in Gokova Bay (Aegean Sea, Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1, 1-4.

Biçer, D., Yıldız, T., Uzer, U., Karakulak, F.S. (2020). Last dalians (stationary uncovered pound nets) deployed in the İstanbul Strait: Catch composition, catch per unit effort, and ecological indexes. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37(2), 125-133.

Bok, T.D., Gokturk, D., Kahraman, A.E., Alıclı, T.Z., Acun, T. & Ateş, C. (2011). Length-weight relationships of 34 fish species from the Sea of Marmara, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10 (23): 3037-3042. DOI: 10.3923/javaa.2011.3037.3042

Cengiz, Ö. (2013). Length–weight relationships of 22 fish species from the Gallipoli Peninsula and Dardanelles (northeastern Mediterranean, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 37: 419-422. DOİ:10.3906/zoo-1209-30

Ceyhan, T., Akyol, O. & Erdem, M. (2009). Length-weight relationships of fishes from Gokova Bay, Turkey (Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 33: 69-72.

Çolakoğlu, S., Tokaç, A., İşmen, A. & Yurdusev, H. (2015). Catch composition of set net (fixed stake trap) fisheries in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries Aquatic Science* 32(2): 53-58. DOI: 10.12714/egejfas.2015.32.2.02

Demirhan, S.A. & Can, M.F. (2007). Length-weight relationships for seven fish species from the southeastern Black Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 282-283. DOI:10.1111/j.14390426.2007.00835.x

Deveciyan, K. (2011). Türkiye'de Balık ve Balıkçılık. Aras Yayıncılık, İstanbul, 2011.

Erguden, D., Turan, C. & Gurlek, M. (2009). Weight-length relationships for 20 lessepsian fish species caught by bottom trawl on the coast of Iskenderun Bay (NE Mediterranean Sea, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 25: 133-135. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01198.x

Filiz, H. & Bilge, B. (2004). Length–weight relationships of 24 fish species from the North Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 20: 431-432. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2004.00582.x

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22: 241-253. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Froese, R. & Pauly, D. (2013). FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org (10/2013).

Gonçalves, J.M.S., Bentes, L., Lino, P.G., Ribeiro, J., Canário, A.V.M. & Erzini, K. (1997). Weight–length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the South and southwest coast of Portugal. *Fisheries Research*, 30, 253–256.

Ilkyaz, T., Metin, G., Soykan, O. & Kinacigil, H.T. (2008). Length–weight relationship of 62 fish species from the Central Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology,* 24, 699-702. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01167.x

Ismen, A., Ozen, O., Altinagac, U., Ozekinci, U. & Ayaz, A. (2007). Weight–length relationships of 63 fish species in Saros Bay, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 707-708. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00872.x

Jobling, M. (2002). Environmental factors and rates of development and growth. In: Handbook of fish biology and fisheries (P.J.B. Hart & J.D. Reynolds eds). Pp. 97-122. Blackwell Science Ltd: Oxford, USA.

Karakulak, F.S., Erk, H. & Bilgin, B. (2006). Length–weight relationships for 47 coastal fish species from the northern Aegean Sea, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 274-278. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00736.x

Kasapoglu, N. & Duzgunes, E. (2014). Length-weight relationships of marine species caught by five gears from the Black Sea. *Mediterranean Marine Science*, 15, 95-100. DOI:10.12681/mms.463

Keskin, C. & Gaygusuz, O. (2010). Length-weight relationships of fishes in shallow waters of Erdek Bay (Sea of Marmara, Turkey). *IUFS Journal of Biology*, 69 (1), 25-32.

Mater, S., Kaya, M. & Bilecenoğlu, M. (2003). Türkiye Deniz Balıkları Atlası (III. Baskı), Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No. 68, İzmir (In Turkish),169p.

Moutopoulos, D.K. & Stergiou, K.I. (2002). Length–weight and length–length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). *Journal of Applied Ichthyology,* 18, 200–203. DOI: 10.1046/j.1439-0426.2002.00281.x

Ozaydin, O. & Taskavak, E. (2006). Length-weight relationships for 47 fish species from Izmir Bay (eastern Aegean Sea, Turkey). *Acta Adriatica*, 47, 211-216.

Ozaydin, O., Uckun, D., Akalin, S., Leblebici, S. & Tosunoglu, Z. (2007). Length–weight relationships of fishes captured from Izmir Bay, Central Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 23, 695-696. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2007.00853.x

Ricker, W.E. (1973). Linear regressions in fishery research. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30, 409-434.

Sangun, L., Akamca, E. & Akar, M. (2007). Weight-length relationships for 39 fish species from the north-eastern Mediterranean coast of Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 7, 37-40.

Silva, J.F., Ellis, J.R. & Ayers, R.A. (2013). Length-weight relationships of marine fish collected from around the British Isles. Science Series Technical Report n°150. Cefas: Lowestoft. 109 pp.

StatSoft, Inc. (2007). STATISTICA (data analysis software system), version 8.0.

Taskavak, E. & Bilecenoglu, M. (2001). Length-weight relationships for 18 lessepsian (Red Sea) immigrant fish species from the eastern Mediterranean coast of Turkey. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 81, 895-896. DOI: 10.1017/S0025315401004805

Wootton, R.J. (1990). Ecology of Teleost Fish. Chapman and Hall, London. 404p.

Yankova, M., Pavlov, D., Raykov, V., Michneva, V. & Radu, G. (2011). Length-Weight Relationships of Ten Fish Species from the Bulgarian Black Sea waters. *Turkish Journal of Zoology*, 35, 265-270.

Yıldız, T., Zengin, M., Uzer, U., Akpınar, İ.Ö. & Karakulak, F.S. (2018). Length-weight relationships for 24 fish species collected from the western Black Sea (Turkey). *Cahiers de Biologie Marine*, 59,159-165. DOI: 10.21411/CBM.A.39436D05

Zar, J.H. (1999). Biostatistical Analysis. 4thedition. Prentice Hall: Englewood Cliffs, New Jersey. 929 pp.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 101-106 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.12

SHORT COMMUNICATION KISA ARAŞTIRMA

Anticancer secondary metabolites from marine sponges

Deniz süngerlerinden antikanser metabolitler

İbrahim Seyda Uras[1] ● **Belma Konuklugil**[2*]

[1] Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Ağrı İbrahim Çeçen University, Ağrı, Turkey https://orcid.org/0000-0001-5945-8743
[2] Department of Pharmacognosy, Faculty of Pharmacy, Ankara University, Ankara, Turkey https://orcid.org/0000-0002-4753-0450

*Corresponding author: belma.konuklugil@gmail.com
Received date: 25.01.2020 *Accepted date: 31.05.2020*

How to cite this paper:
Uras, İ.S. & Konuklugil, B. (2021). Anticancer secondary metabolites from marine sponges. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 101-106. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.12

Abstract: The oceans cover 70% of the Earth's surface. The marine environment is an important source of secondary metabolites with high biodiversity. Besides other marine species, sponges with a wide range of secondary metabolites are an important potential for drug discovery. Cancer is one of the leading causes of death with high morbidity and mortality. It is very important to discover new therapeutic agents in the treatment of cancer. In recent years, studies on exploring new anticancer compounds are focused on the marine source. In this review, our target is collecting the studies about marine sponges secondary metabolites which have an anticancer effect. Among most of the isolated compounds from sponges and their semisynthetic derivatives, there are three FDA (US Food and Drug Administration) approved compounds and three compounds in clinical phase. Moreover, more than 40 compounds isolated from marine sponges have been tested for anticancer activity in recent 10 years. In conclusion marine sponges secondary metabolites are a promising and important source of the anticancer compounds.

Keywords: Natural products, marine sponges, secondary metabolites, cancer treatment

Öz: Okyanuslar dünya yüzeyinin 70%'ini kaplamaktadır. Deniz ortamı, yüksek biyolojik çeşitlilik sunan, önemli bir sekonder metabolit kaynağıdır. Diğer deniz türlerinin yanı sıra, çok çeşitli sekonder metabolitlere sahip olan süngerler, ilaç keşfi için önemli bir potansiyel taşımaktadır. Kanser, yüksek morbidite ve mortalite ile önde gelen ölüm nedenlerinden biridir. Kanser tedavisinde yeni terapötik ajanların bulunması çok önemlidir. Son yıllarda, yeni antikanser bileşiklerini keşfetmeye yönelik çalışmalar deniz kaynaklarına odaklanmıştır. Bu derlemede hedefimiz antikanser etkisi olan, deniz süngerinden izole edilen sekonder metabolitler ile ilgili çalışmaları toplamaktır. Süngerlerden elde edilen bileşikler ve bu bileşiklerin yarısentetik türevleri arasından 3 adet bileşik FDA (Amerika Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından onaylanmış ve 3 bileşik klinik faz çalışmalarındadır. Ayrıca, deniz süngerlerinden izole edilmiş 40'tan fazla bileşik, son 10 yılda antikanser aktivitesi açısından test edilmiştir. Sonuç olarak deniz süngerlerinden elde edilen sekonder metabolitler önemli ve gelecek vaat eden bir antikanser bileşik kaynağıdır.

Anahtar kelimeler: Doğal ürünler, deniz süngerleri, sekonder metabolitler, kanser tedavisi

INTRODUCTION

Cancer is a major global health problem responsible for 13 million deaths worldwide, and death rate is expected to rise to 13.1 million by 2030. Despite the progress in the field of cancer research, there is still a need to discover and develop anticancer therapeutic agents (Torre et al., 2015).

Natural products from plants, animals, and marine sources have been used for the treatment of different diseases and are becoming an important research area for drug discovery. Generally, they are used by the producing organisms to compete for vital resources, defend against predators and communicate interspecies (Dias et al., 2012; Mann, 1994). These products have been extensively studied and have shown some bio-activities such as antimicrobial, anti-inflammatory, antiprotozoal activity and anticancer activity. The natural source based drug discovery resulted mainly in the development of anticancer agents from plants (vincristine, vinblastine, etoposide, paclitaxel, camptothecin, topotecan and irinotecan), marine organisms (citarabine, aplidine and dolastatin) and micro-organisms (dactinomycin, bleomycin and doxorubicin (Thomas et al., 2010; L. Wang et al., 2012).

In the last decades, marine organisms are accepted as a new source of novel molecules for new drug discovery and drug development. The large diversity of the marine habitats led the marine invertebrates to produce wide range of bioactive compounds such as acids, alkaloids, esters, fatty acids, glycosides, lipids, peptides, terpenes, terpenoids, with therapeutic effect (Malve, 2016). Besides, the marine ecological environment has unique characteristics like, low level oxygen and light, high salt, extreme temperatures and high pressure. Due to these difficulties, enzyme reaction system and metabolic pathways of marine organisms are remarkably different from terrestrial counterparts (Schumacher et al., 2011).

Marine natural products provide a rich source of chemically diverse compounds which have significant potential to develop novel types of anticancer agents. The biodiversity of marine life and the accompanying chemical diversity enable the marine environment to possess infinite

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

bioactive secondary metabolites (Pihlanto-Leppälä, 2000). Bioactive secondary metabolites are isolated from such sources as corals, sponges, marine plants, animals and microorganisms (Rasmussen and Morrissey, 2007). These isolated bioactive secondary metabolites have been found to be effective as antifungal, neuroprotective, anti-tumor, photoprotective, antibiotic, and anti-infective bioactivities (Bérdy, 2005; Mishra and Tiwari, 2011; Molinski et al., 2009; Pettit et al., 1982; Sudek et al., 2007).

Owing to their various and significant bioactivities, marine natural products have become important for pharmaceutical and cosmetic industries. There are eight drugs from marine source on the market with FDA or EMEA (European Medicines Agency) approval (Figure 1) (Martins et al., 2014). Among these drugs, Halaven was obtained from sponges.

Number of new terpenoids from invertebrates is increasing, contrasting with the decreasing trend in the discovery of new alkaloids and aliphatic molecules (Leal et al., 2012). These secondary metabolites are important in the development of compounds to treat cancer. There are three compounds already approved by FDA for cancer treatment isolated from sponges (Table 1) and two secondary metabolites are in clinical trials at various stages (Table 2).

Besides the other marine organisms, sponges have ability to produce important quantity of secondary metabolites possessing unique structures with certain activities. Due to the lack of a protective shell, immune system and mobility, sponges have developed an ability to synthesize different compounds to survive. For this reason, sponges are considered as the focus of natural product studies for a long time (Livett et al., 2004). Up to date approximately, 8000 sponge species were identified, and almost two times not identified. Due to the fact that many natural resources have been investigated, attention moved to marine environment and specifically to marine microorganisms like cyanobacteria, sponge, fungi and several other groups of marine bacteria because of their wide diversity (Bhatnagar and Kim, 2010).

Figure 1. Eight drugs with FDA or EMEA approval from marine source on the market for different diseases (Martins et al., 2014)

Table 1. FDA Approved anticancer aompounds isolated from sponges

Compound	Source of Metabolite	Chemical Class	Clinical Status	Reference
Eribulin Mesylate (Halaven)	*Lissodendoryx* sp.	Macrolide	FDA Approved	(Menis and Twelves, 2011)
Cytarabine (Ara-C)	*Cryptotheca crypta*	Nucleoside	FDA Approved	(Krauss et al., 2018)
Gemcitabine	*Tectitethya crypta*	Nucleoside	FDA Approved	(Gesto et al., 2012)

Table 2. Currently in Clinical Pipeline Anticancer Compounds Isolated from Sponges

Compound	Source of Metabolite	Chemical Class	Clinical Status	Reference
Plocabulin (PM060184)	*Lithoplocamia lithistoides*	Polyketide	Phase II	(Pantazopoulou et al., 2018)
MORAb-202 (antibody–drug conjugate)	*Halichondria okadai*	Macrolide	Phase I	(Cheng et al., 2018)

RESULTS AND DISCUSSION

Marine sponges are still a virgin area. Studies should be concentrated in this area, especially since living organisms in the marine environment are important for the discovery of new metabolites. In the light of the given data it can be seen that many secondary metabolites are obtained from marine sponges. When these compounds are tested for cancer treatment, some of the compounds showed significant activity. Potential of these compounds are evaluating by clinical stages to product new drugs (Table 3).

It is hoped that the secondary metabolites, which have shown considerable success in preclinical experiments, can be used in the treatment of cancer by feeding the clinical experiment process.

Table 3. List of secondary metabolites which tested for anti cancer activity in last 10 years

Secondary Metabolite	Source of Metabolite	Cell Line	Concentration Range	Reference
Isoaaptamine	*Aaptos* sp.	THP-1	10-25 µM	(Dyshlovoy et al., 2014)
Aaptamine	*Aaptos aaptos*	THP-1	50-200 µM	(Dyshlovoy et al., 2014)
Microsclerodermin A	*Amphibleptula* sp.	AsPC-1	2.4 µM	(Guzman et al., 2015)
		BxPC-3	2.4 µM	
Isofistularin-3	*Aplysina aerophoba*	U937	50 µM	(Florean et al., 2016)
		Raji	50 µM	
Crambescidin 800	*Crambe crambe*	HepG2	0.5–2.5 µM	(Roel et al., 2016)
Salarin C	*Fascaplysinopsis* sp.	K562	0.01–0.2 µM	(Ben-Califa et al., 2012)
Fascaplysin	*Fascaplysinopsis Bergquist* sp.	A549	0.63 µM	(Rath et al., 2018)
		OVCAR3	0.52 µM	
		S457	0.2 µM	
Ilimaquinone	*Hippospongia metachromia*	HCT116	2.5–10 µM	(Lee et al., 2015)
Heteronemin	*Hyrtios* sp.	K562	1.4–5.6 µM	(Schumacher et al., 2010)
		DU145	0.01–1 µg/mL	
		PC-3	0.01–1 µg/mL	(Wu et al., 2016)
		LNCaP	0.01 µg/mL	
		T24	0.1–0.8 µg/mL	(Huang et al., 2016)
		A498	0.5–3 µM	
Stellettin B	*Jaspis stellifera*	K562	0.012–0.054 µM	(Chen et al., 2017)
		A549	0.02-1 µM	(Wang et al., 2016)
		SF295	0.04-1 µM	(Tang et al., 2014)
Leiodermatolide	*Leiodermatium* sp.	AsPC-1	0.01 µM	(Guzman et al., 2016)
Monanchocidin A	*Monanchora pulchra*	HeLa	1.39 µM	(Dyshlovoy et al., 2016a)
Monanchocidin B	*Monanchora pulchra*	HeLa	0.58 µM	
Rhizocalinin	*Rhizochalina incrustata*	HL-60	10-25 µM	(Jin et al., 2009)
		HT-29	1-6 µM	(Khanal et al., 2011)
		THP-1	1-10 µM	(Fedorov et al., 2009)
		PC-3	0.5-4 µM	(Dyshlovoy et al., 2016b)
		DU-145	0.5-4 µM	
		22Rv1	0.5-4 µM	
		VCaP	0.5-4 µM	
Sipholenol A	*Siphonochalina* sp.	HepG2	17.18 µM	(Abdel-Lateff et al., 2016)
		HCT-116	14.8 µM	(Sobahi et al., 2017)
Sipholenol L	*Siphonochalina* sp.	HepG2	24 µM	
		HCT-116	19.8 µM	
Spongiatriol	*Australian spongia* sp.	AsPC-1	6.8 µM	(Guzman et al., 2013)
		PANC-1	6.8 µM	
		MIA PaCa-2	6.8 µM	
		BxPC-3	6.8 µM	
Scalaradial	*Cacospongia scalaris*	HeLa	10 µg/mL	(De Stefano et al., 2012)
		T47D	10 µg/mL	
Callyspongidiol	*Callyspongia* sp.	HL-60	31.0–77.5 µM	(Umeyama et al., 2010)
Lasonolide A	*Forcepia* sp.	CA46	0.1 µM	(Zhang et al., 2012)
		MCF-7	0.1 µM	
		HCT-116	0.1 µM	
Geoditin A	*Geodia japonica*	HL-60	1.6 to 25 µg/mL	(Liu et al., 2005)
		HT-29	5-30 µM	(Cheung et al., 2010)
Spongistatin 1	*Hyrtios erecta*	MCF-7	0.0002–0.0005 µM	(Schneiders et al., 2009)
		L3.6pl	0.00001–0.01 µM	(Rothmeier et al., 2010)
Irciniastatin A	*Ircinia ramose*	Jurkat	0.01 µM	(Chinen et al., 2010)
	Psammocinia sp.			
Jaspine B	*Jaspis* sp.	B16	5 µM	(Salma et al., 2009)
		HaCaT	5 µg/mL	(Yoo et al., 2012)
Petrosterol-3,6-dione	*Lanthella* sp.	HL-60	19.9 µM	(Nguyen et al., 2009)
5,6-epoxy-petrosterol	*Lanthella* sp.	HL-60	21.3 µM	
Petrosterol	*Lanthella* sp.	HL-60	21.5 µM	
Latrunculin A	*Negombata magnifica*	NUGC-4	0.01–10 µM	(Konishi et al., 2009)
Psammaplysene A	*Psammaplysilla* sp.	ECC1	1 µM	(Berry et al., 2009)
		Ishikawa	1 µM	
Smenamides A and B	*Smenospongia aurea*	Calu-1	0.05–0.1 µM	(Teta et al., 2013)
Renieramycin M	*Xestospongia* sp.	H460	5-40 µM	(Halim et al., 2011)
Isobatzelline E	*Batzella* sp.	AsPC-1	5 or 25 µg/mL	(Guzman et al., 2009)
Calyculin A	*Discodermia calyx*	MDA-MB-468	0.01 µM	(Edelson and Brautigan, 2011)
		MCF-7	0.01 µM	
		MDA-MB-231	0.01 µM	
(19Z)-Halichondramide	*Chondrosia corticata*	A549	0.025–0.1 µM	(Bae et al., 2013)
Leiodermatolide	*Leiodermatium* sp.	A549	0.01–1 µM	(Paterson et al., 2011)
		U2OS	0.018–0.23 µM	(Mailhol et al., 2014)
Peloruside A	*Mycale hentscheli*	MCF-7	0.025–0.1 µM	(Chan et al., 2011)
FBA-TPQ	*Zyzzya* sp.	MCF-7	2.297 mumol/L	(W. Wang et al., 2009)
Manzamine A	*Haliclona* sp.	AsPC-1		(Radwan et al., 2012)
10-Acetylirciformonin B	*Ircinia* sp.	HL-60	2.5 g/mL	(Su et al., 2012)
Smenospongine	*Spongia pertusa Esper*	MCF-7-Nanog	6.06 µM	(Kong et al., 2008)
Candidaspongiolide A/B	*Candidaspongia* sp.	MCF-7	2.0 nM	(Whitson et al., 2011)
Jaspamide	*Jaspis johnstoni*	L5178Y	0.1 µg/mL	(Ebada et al., 2009)

CONCLUSION

Sponges are one of the most interesting taxa of marine organisms with respect to the discovery of active compounds for the pharmaceutical application. In conclusion, it has been seen that marine sponge secondary metabolites are important as the source of useful anticancer compounds. Among most of the isolated compounds from sponges and their semisynthetic derivatives, there are six compounds either approved or in clinical phase. Moreover, more than 40 compounds have been tested for anticancer activity in the last 10 years.

The future contribution of marine natural products to cancer treatment seems promising, with a significant improvement of more products from marine sponge secondary metaboites in the clinical and preclinical stages.

REFERENCES

Abdel-Lateff, A., Al-Abd, A. M., Alahdal, A. M., Alarif, W. M., Ayyad, S. E., Al-Lihaibi, S.S. & Azhar, A. S. (2016). Antiproliferative effects of triterpenoidal derivatives, obtained from the marine sponge Siphonochalina sp., on human hepatic and colorectal cancer cells. *Zeitschrift für Naturforschung C, 71*(1-2), 29-35. DOI: 10.1515/znc-2015-0160

Bae, S.Y., Kim, G.D., Jeon, J.E., Shin, J. & Lee, S.K. (2013). Anti-proliferative effect of (19Z)-halichondramide, a novel marine macrolide isolated from the sponge Chondrosia corticata, is associated with G2/M cell cycle arrest and suppression of mTOR signaling in human lung cancer cells. *Toxicology In Vitro, 27*(2), 694-699. DOI: 10.1016/j.tiv.2012.11.001

Ben-Califa, N., Bishara, A., Kashman, Y. & Neumann, D. (2012). Salarin C, a member of the salarin superfamily of marine compounds, is a potent inducer of apoptosis. *Investigational New Drugs, 30*(1), 98-104. DOI: 10.1007/s10637-010-9521-4

Bérdy, J. (2005). Bioactive Microbial Metabolites. *The Journal of Antibiotics, 58*(1), 1-26. doi:10.1038/ja.2005.1

Berry, E., Hardt, J.L., Clardy, J., Lurain, J.R. & Kim, J.J. (2009). Induction of apoptosis in endometrial cancer cells by psammaplysene A involves FOXO1. *Gynecologic Oncology, 112*(2), 331-336. DOI: 10.1016/j.ygyno.2008.10.017

Bhatnagar, I. & Kim, S.K. (2010). Immense essence of excellence: marine microbial bioactive compounds. *Marine Drugs, 8*(10), 2673-2701. DOI: 10.3390/md8102673

Chan, A., Andreae, P.M., Northcote, P.T. & Miller, J.H. (2011). Peloruside A inhibits microtubule dynamics in a breast cancer cell line MCF7. *Investigational New Drugs, 29*(4), 615-626. DOI: 10.1007/s10637-010-9398-2

Chen, Y., Zhou, Q., Zhang, L., Zhong, Y., Fan, G., Zhang, Z. & Kong, D. (2017). Stellettin B induces apoptosis in human chronic myeloid leukemia cells via targeting PI3K and Stat5. *Oncotarget, 8*(17), 28906-28921. DOI: 10.18632/oncotarget.15957

Cheng, X., Li, J., Tanaka, K., Majumder, U., Milinichik, A.Z., Verdi, A.C. & Albone, E. F. (2018). MORAb-202, an Antibody-Drug Conjugate Utilizing Humanized Anti-human FRalpha Farletuzumab and the Microtubule-targeting Agent Eribulin, has Potent Antitumor Activity. *Molecular Cancer Therapeutics, 17*(12), 2665-2675. DOI: 10.1158/1535-7163.MCT-17-1215

Cheung, F. W., Li, C., Che, C. T., Liu, B. P., Wang, L., & Liu, W. K. (2010). Geoditin A induces oxidative stress and apoptosis on human colon HT29 cells. *Marine Drugs, 8*(1), 80-90. DOI: 10.3390/md8010080

Chinen, T., Nagumo, Y., Watanabe, T., Imaizumi, T., Shibuya, M., Kataoka, T. & Usui, T. (2010). Irciniastatin A induces JNK activation that is involved in caspase-8-dependent apoptosis via the mitochondrial pathway. *Toxicology Letters, 199*(3), 341-346. DOI: 10.1016/j.toxlet.2010.09.017

De Stefano, D., Tommonaro, G., Malik, S.A., Iodice, C., De Rosa, S., Maiuri, M.C. & Carnuccio, R. (2012). Cacospongionolide and scalaradial, two marine sesterterpenoids as potent apoptosis-inducing factors in human carcinoma cell lines. *PLoS One, 7*(4), e33031. DOI: 10.1371/journal.pone.0033031

Dias, D.A., Urban, S. & Roessner, U. (2012). A historical overview of natural products in drug discovery. *Metabolites, 2*(2), 303-336. DOI: 10.3390/metabo2020303

Dyshlovoy, S.A., Fedorov, S.N., Shubina, L.K., Kuzmich, A.S., Bokemeyer, C., Keller-von Amsberg, G. & Honecker, F. (2014). Aaptamines from the marine sponge Aaptos sp. display anticancer activities in human cancer cell lines and modulate AP-1-, NF-kappaB-, and p53-dependent transcriptional activity in mouse JB6 Cl41 cells. *BioMed Research International, 2014*, 469309. DOI: 10.1155/2014/469309

Dyshlovoy, S.A., Tabakmakher, K.M., Hauschild, J., Shchekaleva, R.K., Otte, K., Guzii, A.G. & von Amsberg, G. (2016a). Guanidine Alkaloids from the Marine Sponge Monanchora pulchra Show Cytotoxic Properties and Prevent EGF-Induced Neoplastic Transformation in Vitro. *Marine Drugs, 14*(7). DOI: 10.3390/md14070133

Dyshlovoy, S.A., Otte, K., Alsdorf, W.H., Hauschild, J., Lange, T., Venz, S. & von Amsberg, G. (2016b). Marine compound rhizochalinin shows high in vitro and in vivo efficacy in castration resistant prostate cancer. *Oncotarget, 7*(43), 69703-69717. DOI: 10.18632/oncotarget.11941

Ebada, S.S., Wray, V., De Voogd, N.J., Deng, Z., Lin, W. & Proksch, P. (2009). Two New Jaspamide Derivatives from the Marine Sponge Jaspis splendens. *Marine Drugs, 7*(3), 435-444. DOI: 10.3390/md7030435

Edelson, J.R., & Brautigan, D.L. (2011). The Discodermia calyx toxin calyculin a enhances cyclin D1 phosphorylation and degradation, and arrests cell cycle progression in human breast cancer cells. *Toxins (Basel), 3*(1), 105-119. DOI: 10.3390/toxins3010105

Fedorov, S.N., Makarieva, T.N., Guzii, A.G., Shubina, L.K., Kwak, J.Y. & Stonik, V.A. (2009). Marine two-headed sphingolipid-like compound rhizochalin inhibits EGF-induced transformation of JB6 P+ Cl41 cells. *Lipids, 44*(9), 777-785. DOI: 10.1007/s11745-009-3322-6

Florean, C., Schnekenburger, M., Lee, J.Y., Kim, K.R., Mazumder, A., Song, S. & Diederich, M. (2016). Discovery and characterization of Isofistularin-3, a marine brominated alkaloid, as a new DNA demethylating agent inducing cell cycle arrest and sensitization to TRAIL in cancer cells. *Oncotarget, 7*(17), 24027-24049. DOI: 10.18632/oncotarget.8210

Gesto, D.S., Cerqueira, M.F.S.A., Fernandes, P.A. & Ramos, M. J. (2012). Gemcitabine: A Critical Nucleoside for Cancer Therapy. *Current Medicinal Chemistry, 19*(7), 1076-1087. DOI: 10.2174/092986712799320682

Guzman, E.A., Johnson, J.D., Carrier, M.K., Meyer, C.I., Pitts, T. P., Gunasekera, S.P. & Wright, A. E. (2009). Selective cytotoxic activity of the marine-derived batzelline compounds against pancreatic cancer cell lines. *Anticancer Drugs, 20*(2), 149-155. DOI: 10.1097/CAD.0b013e32831fa39e

Guzman, E., Maher, M., Temkin, A., Pitts, T. & Wright, A. (2013). Spongiatriol inhibits nuclear factor kappa B activation and induces apoptosis in pancreatic cancer cells. *Marine Drugs, 11*(4), 1140-1151. DOI: 10.3390/md11041140

Guzman, E.A., Maers, K., Roberts, J., Kemami-Wangun, H.V., Harmody, D. & Wright, A.E. (2015). The marine natural product microsclerodermin A is a novel inhibitor of the nuclear factor kappa B and induces apoptosis in pancreatic cancer cells. *Investigational New Drugs, 33*(1), 86-94. DOI: 10.1007/s10637-014-0185-3

Guzman, E.A., Xu, Q., Pitts, T.P., Mitsuhashi, K.O., Baker, C., Linley, P.A. & Wright, A.E. (2016). Leiodermatolide, a novel marine natural product, has potent cytotoxic and antimitotic activity against cancer cells, appears

to affect microtubule dynamics, and exhibits antitumor activity. *International Journal of Cancer, 139*(9), 2116-2126. DOI: 10.1002/ijc.30253

Halim, H., Chunhacha, P., Suwanborirux, K. & Chanvorachote, P. (2011). Anticancer and antimetastatic activities of Renieramycin M, a marine tetrahydroisoquinoline alkaloid, in human non-small cell lung cancer cells. *Anticancer Research, 31*(1), 193-201.

Huang, H.H., Kuo, S.M., Wu, Y.J. & Su, J.H. (2016). Improvement and enhancement of antibladder carcinoma cell effects of heteronemin by the nanosized hyaluronan aggregation. *International Journal of Nanomedicine, 11*, 1237-1251. DOI: 10.2147/ijn.S99911

Jin, J.O., Shastina, V., Park, J.I., Han, J.Y., Makarieva, T., Fedorov, S. & Kwak, J.Y. (2009). Differential induction of apoptosis of leukemic cells by rhizochalin, two headed sphingolipids from sponge and its derivatives. *Biological and Pharmaceutical Bulletin, 32*(6), 955-962.

Khanal, P., Kang, B.S., Yun, H.J., Cho, H.G., Makarieva, T.N. & Choi, H.S. (2011). Aglycon of rhizochalin from the Rhizochalina incrustata induces apoptosis via activation of AMP-activated protein kinase in HT-29 colon cancer cells. *Biological and Pharmaceutical Bulletin, 34*(10), 1553-1558.

Kong, D., Aoki, S., Sowa, Y., Sakai, T. & Kobayashi, M. (2008). Smenospongine, a sesquiterpene aminoquinone from a marine sponge, induces G1 arrest or apoptosis in different leukemia cells. *Marine Drugs, 6*(3), 480-488. DOI: 10.3390/md20080023

Konishi, H., Kikuchi, S., Ochiai, T., Ikoma, H., Kubota, T., Ichikawa, D. & Otsuji, E. (2009). Latrunculin a has a strong anticancer effect in a peritoneal dissemination model of human gastric cancer in mice. *Anticancer Research, 29*(6), 2091-2097.

Krauss, A.C., Gao, X., Li, L., Manning, M.L., Patel, P., Fu, W. & Pazdur, R. (2018). FDA Approval Summary: (Daunorubicin and Cytarabine) Liposome for Injection for the Treatment of Adults with High-Risk Acute Myeloid Leukemia. *Clinical Cancer Research*., 25(9), 2685-2690 DOI: 10.1158/1078-0432.Ccr-18-2990

Leal, M.C., Madeira, C., Brandao, C. A., Puga, J. & Calado, R. (2012). Bioprospecting of marine invertebrates for new natural products - a chemical and zoogeographical perspective. *Molecules, 17*(8), 9842-9854. DOI:10.3390/molecules17089842

Lee, H.Y., Chung, K.J., Hwang, I. H., Gwak, J., Park, S., Ju, B.G. & Oh, S. (2015). Activation of p53 with ilimaquinone and ethylsmenoquinone, marine sponge metabolites, induces apoptosis and autophagy in colon cancer cells. *Marine Drugs, 13*(1), 543-557. DOI: 10.3390/md13010543

Liu, W.K., Ho, J.C. & Che, C.T. (2005). Apoptotic activity of isomalabaricane triterpenes on human promyelocytic leukemia HL60 cells. *Cancer Letters, 230*(1), 102-110. DOI: 10.1016/j.canlet.2004.12.034

Livett, B.G., Gayler, K.R. & Khalil, Z. (2004). Drugs from the Sea: Conopeptides as Potential Therapeutics. *Current Medicinal Chemistry, 11*(13), 1715-1723. DOI: 10.2174/0929867043364928

Mailhol, D., Willwacher, J., Kausch-Busies, N., Rubitski, E.E., Sobol, Z., Schuler, M., Lam, M.-H., Musto, S., Loganzo,F., Maderna, A. & Furstner, A. (2014). Synthesis, molecular editing, and biological assessment of the potent cytotoxin leiodermatolide. *Journal of the American Chemical Society, 136*(44), 15719-15729. DOI: 10.1021/ja508846g

Malve, H. (2016). Exploring the ocean for new drug developments: Marine pharmacology. *Journal of Pharmacy And Bioallied Sciences, 8*(2), 83-91. DOI: 10.4103/0975-7406.171700

Mann, J. (1994). *Natural products: their chemistry and biological significance*. Harlow, Essex, England; New York: Longman Scientific & Technical ; Wiley.

Martins, A., Vieira, H., Gaspar, H. & Santos, S. (2014). Marketed marine natural products in the pharmaceutical and cosmeceutical industries: tips for success. *Marine Drugs, 12*(2), 1066-1101. DOI: 10.3390/md12021066

Menis, J. & Twelves, C. (2011). Eribulin (Halaven): a new, effective treatment for women with heavily pretreated metastatic breast cancer. *Breast Cancer (Dove Med Press), 3*, 101-111. DOI: 10.2147/BCTT.S21741

Mishra, B.B., & Tiwari, V.K. (2011). Natural products: an evolving role in future drug discovery. *European Journal of Medicinal Chemistry, 46*(10), 4769-4807. DOI: 10.1016/j.ejmech.2011.07.057

Molinski, T.F., Dalisay, D.S., Lievens, S.L. & Saludes, J.P. (2009). Drug development from marine natural products. *Nature Reviews Drug Discovery, 8*(1), 69-85. DOI: 10.1038/nrd2487

Nguyen, H.T., Minh, C.V., Ha, T.T., Kiem, P., V., Huong, T.H., Dat, N.T., Nhiem, N.X., Tai, B.H., Hyun, J.-H.,Kang, H.-K. & Kim, Y.H. (2009). C29 sterols with a cyclopropane ring at C-25 and 26 from the Vietnamese marine sponge Ianthella sp. and their anticancer properties. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 19*(16), 4584-4588. DOI: 10.1016/j.bmcl.2009.06.097

Pantazopoulou, A., Galmarini, C.M. & Peñalva, M.A. (2018). Molecular basis of resistance to the microtubule-depolymerizing antitumor compound plocabulin. *Scientific Reports, 8*(1), 8616. DOI: 10.1038/s41598-018-26736-3

Paterson, I., Dalby, S.M., Roberts, J.C., Naylor, G.J., Guzman, E.A., Isbrucker, R., Pitts, T.P., Linley, P., Divlianska, D., Reed, J.K. & Wright, A.E. (2011). Leiodermatolide, a potent antimitotic macrolide from the marine sponge Leiodermatium sp. *Angewandte Chemie International Edition, 50*(14), 3219-3223. DOI: 10.1002/anie.201007719

Pettit, G.R., Fujii, Y., Hasler, J.A., & Schmidt, J.M. (1982). Isolation and Characterization of Palystatins A-D. *Journal of Natural Products, 45*(3), 272-276. DOI:10.1021/np50021a007

Pihlanto-Leppälä, A. (2000). Bioactive peptides derived from bovine whey proteins: opioid and ace-inhibitory peptides. *Trends in Food Science & Technology, 11*(9), 347-356. DOI: 10.1016/S0924-2244(01)00003-6

Radwan, M., Hanora, A., Khalifa, S. & Abou-El-Ela, S.H. (2012). Manzamines: a potential for novel cures. *Cell Cycle, 11*(9), 1765-1772. DOI: 10.4161/cc.20135

Rasmussen, R.S., & Morrissey, M.T. (2007). Marine Biotechnology for Production of Food Ingredients. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 52, pp. 237-292): Academic Press.

Rath, B., Hochmair, M., Plangger, A. & Hamilton, G. (2018). Anticancer Activity of Fascaplysin against Lung Cancer Cell and Small Cell Lung Cancer Circulating Tumor Cell Lines. *Marine Drugs, 16*(10), 383. DOI: 10.3390/md16100383

Roel, M., Rubiolo, J.A., Guerra-Varela, J., Silva, S.B., Thomas, O.P., Cabezas-Sainz, P.,Sánchez, L., López, R. & Botana, L.M. (2016). Marine guanidine alkaloids crambescidins inhibit tumor growth and activate intrinsic apoptotic signaling inducing tumor regression in a colorectal carcinoma zebrafish xenograft model. *Oncotarget, 7*(50), 83071-83087. DOI: 10.18632/oncotarget.13068

Rothmeier, A. S., Schneiders, U.M., Wiedmann, R.M., Ischenko, I., Bruns, C. J., Rudy, A., Zahler, S. & Vollmar, A.M. (2010). The marine compound spongistatin 1 targets Vollmar, A.M. (2010). The marine compound spongistatin 1 targets pancreatic tumor progression and metastasis. *International Journal of Cancer, 127*(5), 1096-1105. DOI: 10.1002/ijc.25241

Salma, Y., Lafont, E., Therville, N., Carpentier, S., Bonnafe, M.J., Levade, T., Génisson, Y. & Andrieu-Abadie, N. (2009). The natural marine anhydrophytosphingosine, Jaspine B, induces apoptosis in melanoma cells by interfering with ceramide metabolism. *Biochemical Pharmacology, 78*(5), 477-485. DOI: 10.1016/j.bcp.2009.05.002

Schneiders, U.M., Schyschka, L., Rudy, A. & Vollmar, A.M. (2009). BH3-only proteins Mcl-1 and Bim as well as endonuclease G are targeted in spongistatin 1-induced apoptosis in breast cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics, 8*(10), 2914-2925. DOI: 10.1158/1535-7163.Mct-08-1179

Schumacher, M., Cerella, C., Eifes, S., Chateauvieux, S., Morceau, F., Jaspars, M., Dicato, M. & Diederich, M. (2010). Heteronemin, a spongean sesterterpene, inhibits TNF alpha-induced NF-kappa B activation through proteasome inhibition and induces apoptotic cell death. *Biochemical Pharmacology, 79*(4), 610-622. DOI: 10.1016/j.bcp.2009.09.027

Schumacher, M., Kelkel, M., Dicato, M. & Diederich, M. (2011). Gold from the sea: marine compounds as inhibitors of the hallmarks of cancer. *Biotechnology Advances, 29*(5), 531-547. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2011.02.002

Sobahi, T.R.A., Ayyad, S.N., Abdel-Lateff, A., Algandaby, M.M., Alorfi, H.S. & Abdel-Naim, A.B. (2017). Cytotoxic Metabolites from Callyspongia siphonella Display Antiproliferative Activity by Inducing Apoptosis in HCT-116 Cells. *Pharmacognosy Magazine, 13*(Suppl 1), S37-s40. DOI: 10.4103/0973-1296.203970

Su, J.-H., Chang, W.-B., Chen, H.-M., El-Shazly, M., Du, Y.-C., Kung, T.-H., Chen, Y._C., Sung, P.-J., Ho, Y.-S., Kuo, F.-W. & Lu, M.-C. (2012). 10-Acetylirciformonin B, A Sponge Furanoterpenoid, Induces DNA Damage and Apoptosis in Leukemia Cells. *Molecules, 17*(10), 11839-11848.

DOI:10.3390/molecules171011839

Sudek, S., Lopanik, N.B., Waggoner, L.E., Hildebrand, M., Anderson, C., Liu, H. & Haygood, M.G. (2007). Identification of the Putative Bryostatin Polyketide Synthase Gene Cluster from "Candidatus Endobugula sertula", the Uncultivated Microbial Symbiont of the Marine Bryozoan Bugula neritina. *Journal of Natural Products, 70*(1), 67-74. DOI:10.1021/np060361d

Tang, S.A., Zhou, Q., Guo, W.Z., Qiu, Y., Wang, R., Jin, M. & Kong, D. (2014). In vitro antitumor activity of stellettin B, a triterpene from marine sponge Jaspis stellifera, on human glioblastoma cancer SF295 cells. *Marine Drugs, 12*(7), 4200-4213. DOI: 10.3390/md12074200

Teta, R., Irollo, E., Della Sala, G., Pirozzi, G., Mangoni, A. & Costantino, V. (2013). Smenamides A and B, chlorinated peptide/polyketide hybrids containing a dolapyrrolidinone unit from the Caribbean sponge Smenospongia aurea. Evaluation of their role as leads in antitumor drug research. *Marine Drugs, 11*(11), 4451-4463. DOI: 10.3390/md11114451

Thomas, T.R., Kavlekar, D.P. & LokaBharathi, P.A. (2010). Marine drugs from sponge-microbe association--a review. *Marine Drugs, 8*(4), 1417-1468. DOI:10.3390/md8041417

Torre, L.A., Bray, F., Siegel, R.L., Ferlay, J., Lortet-Tieulent, J. & Jemal, A. (2015). Global cancer statistics, 2012. *A Cancer Journal for Clinicians, 65*(2), 87-108. DOI:10.3322/caac.21262

Umeyama, A., Matsuoka, N., Mine, R., Nakata, A., Arimoto, E., Matsui, M. &. Hashimoto, T. (2010). Polyacetylene diols with antiproliferative and driving Th1 polarization effects from the marine sponge Callyspongia sp. *Journal of Natural Medicines, 64*(1), 93-97. DOI: 10.1007/s11418-009-0363-3

Wang, W., Rayburn, E.R., Velu, S.E., Nadkarni, D.H., Murugesan, S. & Zhang, R. (2009). In vitro and in vivo anticancer activity of novel synthetic makaluvamine analogues. *Clinical Cancer Research, 15*(10), 3511-3518. DOI: 10.1158/1078-0432.Ccr-08-2689

Wang, L., Li, D., Xu, S., Cai, H., Yao, H., Zhang, Y., Jiang, J. & Xu, J. (2012). The conversion of oridonin to spirolactone-type or enmein-type diterpenoid: synthesis and biological evaluation of ent-6,7-seco-oridonin derivatives as novel potential anticancer agents. *European Journal of Medicinal Chemistry, 52*, 242-250. DOI: 10.1016/j.ejmech.2012.03.024

Wang, R., Zhang, Q., Peng, X., Zhou, C., Zhong, Y., Chen, X., Qiu, Y., Jin, M., Gong, M. & Kong, D. (2016). Stellettin B Induces G1 Arrest, Apoptosis and Autophagy in Human Non-small Cell Lung Cancer A549 Cells via Blocking PI3K/Akt/mTOR Pathway. *Scientific Reports, 6*, 27071. DOI: 10.1038/srep27071

Whitson, E.L., Pluchino, K.M., Hall, M.D., McMahon, J.B. & McKee, T.C. (2011). New candidaspongiolides, tedanolide analogues that selectively inhibit melanoma cell growth. *Organic Letters, 13*(13), 3518-3521. DOI: 10.1021/ol201329p

Wu, J.C., Wang, C.T., Hung, H.C., Wu, W.J., Wu, D.C., Chang, M.C. & Tai, M. H. (2016). Heteronemin Is a Novel c-Met/STAT3 Inhibitor Against Advanced Prostate Cancer Cells. *The Prostate, 76*(16), 1469-1483. DOI: 10.1002/pros.23230

Yoo, H., Lee, Y.S., Lee, S., Kim, S. & Kim, T.Y. (2012). Pachastrissamine from Pachastrissa sp. inhibits melanoma cell growth by dual inhibition of Cdk2 and ERK-mediated FOXO3 downregulation. *Phytotherapy Research, 26*(12), 1927-1933. DOI: 10.1002/ptr.4673

Zhang, Y.W., Ghosh, A.K. & Pommier, Y. (2012). Lasonolide A, a potent and reversible inducer of chromosome condensation. *Cell Cycle, 11*(23), 4424-4435. DOI: 10.4161/cc.22768

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 107-109 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.13

CASE REPORT VAKA TAKDİMİ

An appendage abnormality in the first left pereiopod of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) reared in the laboratory conditions

Laboratuvar koşullarında yetiştirilen kırmızı bataklık kerevitinin (*Procambarus clarkii*) ilk sol yürüme bacağında bir uzantı anormalliği

Onur Karadal

Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University, 35620, Çiğli, İzmir, Turkey https://orcid.org/0000-0002-6241-5039

onur.karadal@ikcu.edu.tr

Received date: 28.05.2020 *Accepted date: 05.11.2020*

How to cite this paper:
Karadal, O. (2021). An appendage abnormality in the first left pereiopod of red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) reared in the laboratory conditions. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 107-109. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.13

Abstract: Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) is the most cultivated crayfish species in the world that has commercial importance for both aquaculture and aquarium industries. In this study, a case report of an appendage abnormality observed in the left cheliped of a female specimen (6.92 g) reared under laboratory conditions is presented. It has been determined that the specimen has two appendages in the left cheliped root. Of these appendages, the right one (1.27 cm) ends in a blunt. On the left (1.06 cm), a spiny structure similar to that of the fourth and fifth walking legs was observed.

Keywords: Cambaridae, external outgrowths, walking legs, cheliped, dactyl

Öz: Kırmızı bataklık kereviti (*Procambarus clarkii*), hem su ürünleri yetiştiriciliği hem de akvaryum sektörleri için ticari öneme sahip olan ve dünyada en fazla üretimi yapılan kerevit türüdür. Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında yetiştirilen bir dişi bireyin (6,92 g) sol kıskacında gözlemlenen ekstremite anormalliği hakkında vaka takdimi sunulmuştur. Bireyin sol kıskaç kökünde iki uzantı oluştuğu tespit edilmiştir. Bu uzantılardan sağdaki (1,27 cm) küt bir şekilde sonlanmıştır. Soldakinde (1,06 cm) ise, dördüncü ve beşinci yürüme bacaklarındakine benzer dikenli bir yapı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Cambaridae, dış çıkıntılar, yürüme bacakları, kıskaç, daktil

INTRODUCTION

Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) is a highly resistant and tolerant freshwater species that may dwell a widespread of wetlands, marsh areas, stagnant rivers, and lakes. The crayfish is originated from the north-eastern region of Mexico and the Louisiana, United States. This species is the most cultured crayfish in the world (FAO, 2018) and it is valuable for both aquaculture and aquarium industries. The crayfish can tolerant extreme conditions, such as oxygen and temperature alterations, water pollution, and drought (Barbaresi and Gherardi, 2000; Cruz and Rebelo, 2007). This factor lead an importance in selectivity of this species in aquaculture. Negatively, invasiveness has been informed from North and South America, Europe, Asia, and Africa (GISD, 2015). In Turkey, the species introduced to aquarium sector in the last quarter of 2000's. Currently, there is no qualified red swamp crayfish cultivation in Turkey, but this crayfish exposed as one of the most common and popular species in the aquarium sector of Turkey.

The species has a dominant body colour as typically red, reddish brown or orange (Gherardi, 2011). It grows rapidly and adults can reach up to 15 cm in length, though optimum body length is 12 cm (Henttonen and Huner, 1999; Loureiro et al., 2015). Body of this species is mainly separated as cephalothorax and abdomen (Hobbs, 1974). As all the crustacean decapods, red swamp crayfish have five pairs of walking legs (pereiopods) beneath their cephalothorax. The first pairs of pereiopods are specialized as big claws called cheliped. The second and third pairs of pereiopods have small pincers which act as hold and handle. The fourth and fifth pairs have no structure like claw or pincer, whilst these pereiopods have spines for walking and stabilizing. Different types of appendage abnormalities have been reported in previous studies (Nakatani et al., 1992, 1997, 1998; Murayama et al., 1994; Nakatani, 1996; Nakatani and Kitahara, 1999) on this species. In these studies, generally extra and lateral outgrowths on the chelipeds or other appendages have been reported.

In this case, an abnormality was observed in the left cheliped, which has branched structure of a specimen of red swamp crayfish and this situation was reported.

MATERIALS AND METHODS

Laboratory conditions and rearing system

The case was observed in Invertebrates Culture Laboratory, Faculty of Fisheries, İzmir Kâtip Çelebi University,

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Çiğli, İzmir, Turkey. Red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) were obtained from a commercial facility and reared in the laboratory conditions. The crayfish were stocked into two recirculating freshwater sump systems (270 L in each) and fed twice daily with commercial bottom feed (Artakua®, Tire, İzmir, Turkey), routinely. The temperature in the systems was held at 25-26 °C with external heaters (Hydor ETH 300). Dissolved oxygen and pH were measured daily with AZ 84051 Combo Water Meter and their range were recorded as 8.70-9.50 ppm and 7.30-7.80, respectively.

General features of the crayfish specimen

Among the crayfish in the sump systems, a female specimen (Figure 1) was attentional. An appendage abnormality in the left cheliped was observed, whilst no anomaly was found in its other pereiopods (walking legs) and pleopods (swimming legs). Then, the female was examined closely and recorded some body measurements (Table 1).

Specimen was weighed with an electronic balance (Kern PCB 2500-2, precision of ±0.01) and total length (TL), carapace length (CL), and carapace width (CW) were measured with a digimatic caliper.

Table 1. Some body measurements of the female specimen

	Measurement
Weight (g)	6.92
Total length (cm)	6.50
Carapace length (cm)	2.42
Carapace width (cm)	1.44

RESULTS

Details and measurements of abnormal appendage were shown in Figure 2. It has been observed that the base of the appendage (0.65 cm) emerged from the root of left cheliped and it branched elongated. The appendage has two branches: a taller in the right (1.27 cm) and a shorter-spiny in the left (1.06 cm). Taller branch has a one joint and two parts (0.70 and 0.57 cm). Shorter branch has a spine at its end (0.19 cm).

Figure 1. General view of the female red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) specimen

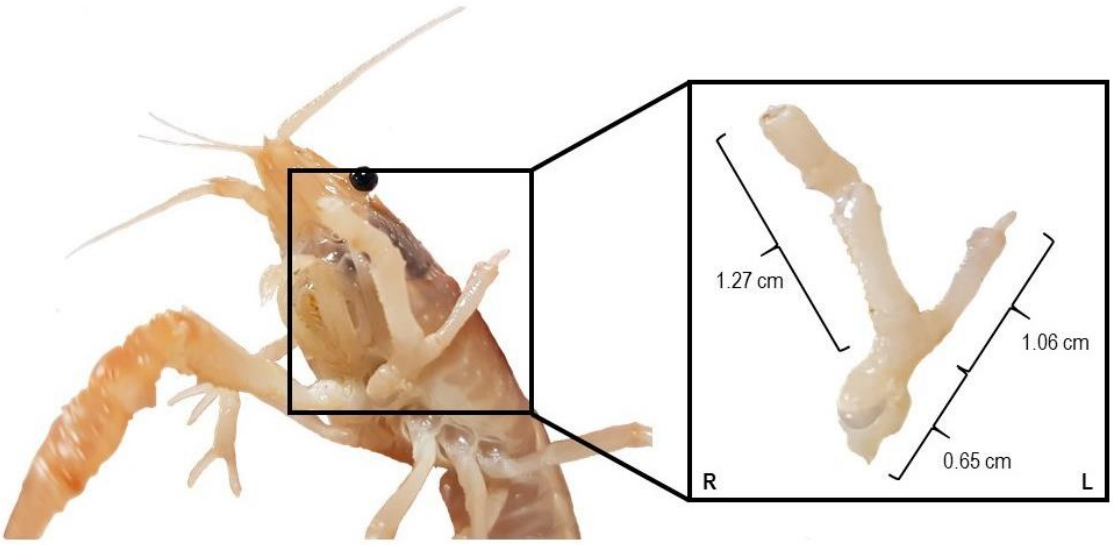


Figure 2. Detailed view and length measurements of the abnormal appendage onto the female red swamp crayfish (from dorsal view R: right, L: left)

DISCUSSION

The pereiopods are five in number in the infraorder Astacidea and the first three pairs have claws (Crandall and Buhay, 2008). Though, in this case, the left cheliped of female specimen has an abnormality and no claw was existing. In previous studies, the authors reported lateral outgrowths from the chelipeds in naturally captured red swamp crayfish (Nakatani et al., 1992, 1997) and laboratory studies have resulted that this type of occurrence could be induced in this crayfish species by wounded healing (Murayama et al., 1994; Nakatani, 1996; Nakatani et al., 1998; Nakatani and Kitahara, 1999). In contrast, in this case, no claw has appeared, while two branched structures were recorded. Also, Nakatani et al. (1997) found an outcrop at the propodus of the left third pereiopod and they stated that a dactylus was appeared at the next moult. Abnormal branched appendage existed from the basis of the left cheliped and no propodus and dactylus were formed in the current case. Rasheed et al. (2014) reported an existing propodus and dactylus in the fifth pereiopod (shaped like paddle) of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) and the authors declared that the cause of abnormality is an accident during moulting or regenerating.

In previous research, it has been stated that these abnormalities are the results of failing in healing of the wounds (Shelton et al., 1981; Nakatani et al., 1992; Nakatani, 1996; Mariappan et al., 2000). Nakatani et al. (1998) declared that various mechanisms led to cause of these kinds of outgrowths, extra claws or dactyls. The outgrowth may be related to the shape of the wound or to the period of the moulting during the moment of wounding. Failure in healing of wounds in some cases could explain with occurring of lateral outgrowths (Shelton et al., 1981; Murayama et al., 1994). Additionally, these abnormalities would result some disadvantages, such as to reduce the feeding efficiency, mating failure, and more vulnerable to external attacks (Juanes and Smith, 1995). Further studies are needed to research the causes and results of these abnormalities in detail.

REFERENCES

Barbaresi, S. & Gherardi, F. (2000). The invasion of the alien crayfish *Procambarus clarkii* in Europe, with particular reference to Italy. *Biological Invasions*, 2(3), 259-264. DOI: 10.1023/A:1010009701606

Crandall, K.A. & Buhay, J.E. (2008). Global diversity of crayfish (Astacidae, Cambaridae, and Parastacidae-Decapoda) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595, 295-301. DOI: 10.1007/978-1-4020-8259-7_32

Cruz, M.J. & Rebelo, R. (2007). Colonization of freshwater habitats by an introduced crayfish, *Procambarus clarkii*, in Southwest Iberian Peninsula. *Hydrobiologia*, 575(1), 191-201. DOI: 10.1007/s10750-006-0376-9

FAO. (2018). Food and Agriculture Organization. AQUASTAT database. Retrieved from http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm (27.05.2020).

Gherardi, F. (2011). Crayfish. In: D. Simberloffand & M. Rejmánek (Eds.), *Encyclopedia of Biological Invasions* (pp. 129-135). Berkeley, University of California Press.

GISD. (2015). Global Invasive Species Database. Species profile *Procambarus clarkii*. Retrieved from http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=608 (03.06.2020)

Henttonen, P. & Huner, J.V. (1999). The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: F. Gherardi, & D.M. Holdich (Eds.), *Crustacean Issues 11: Crayfish in Europe as Alien Species (How to Make the Best of a Bad Situation?)* (pp. 13-22). A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands.

Hobbs, H.H. (1974). Synopsis of the families and genera of crayfishes (Crustacea, Decapoda). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 164, 1-32. DOI: 10.5479/si.00810282.164

Juanes, F. & Smith, L.D. (1995). The ecological consequences of limb damage and loss in decapod crustaceans: A review and prospectus. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 193(1-2), 197-223. DOI: 10.1016/0022-0981(95)00118-2

Loureiro, T.G., Anastácio, P.M.S.G., Araujo, P.B., Souty-Grosset, C. & Almerão, M.P. (2015). Red swamp crayfish: biology, ecology and invasion-an overview. *Nauplius*, 23(1), 1-19. DOI: 10.1590/S0104-64972014002214

Mariappan, P., Balasundaram, C. & Schmitz, B. (2000). Decapod crustacean chelipeds: An overview. *Journal of Biosciences*, 25(3), 301-313. DOI: 10.1007/BF02703939

Murayama, O., Nakatani, I. & Nishita, M. (1994). Induction of lateral outgrowths on the chela of the crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Crustacean Research*, 23, 69-73. DOI: 10.18353/crustacea.23.0_69

Nakatani, I., Yamauchi, K. & Murayama, O. (1992). Abnormalities found in the chela of the crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard). *Researches on Crustacea*, 21, 207-209. DOI: 10.18353/rcustacea.21.0_207

Nakatani, I. (1996). Morphology of lateral outgrowths induced on chelipeds of the crayfish *Procambarus clarkii* (Girard). *Crustacean Research*, 25, 142-150. DOI: 10.18353/crustacea.25.0_142

Nakatani, I., Okada, Y. & Yamaguchi, T. (1997). An extra claw on the first and on the third cheliped of the crayfish, *Procambarus clarkii* (Decapoda, Cambaridae). *Crustaceana*, 70(7), 788-798. DOI: 10.1163/156854097X00230

Nakatani, I., Okada, Y. & Kitahara, T. (1998). Induction of extra claws on the chelipeds of a crayfish, *Procambarus clarkii*. *Biological Bulletin*, 195(1), 52-59. DOI: 10.2307/1542775

Nakatani, I. & Kitahara, T. (1999). Induction of outgrowths at wounds on the cheliped of *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*, 19(1), 1-7. DOI: 10.2307/1549540

Rasheed, S., Mustaquim, J. & Khanam, S. (2014). Some external abnormalities found in edible crabs, *Portunus pelagicus* and *P. sanguinolentus*, of Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(2), 541-548.

Shelton, P.M.J., Truby, P.R. & Shelton, R.G.J. (1981). Naturally occurring abnormalities (Bruchdreifachbildungen) in the chelae of three species of Crustacea (Decapoda) and a possible explanation. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, 63, 285-304.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 111-116 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.14

DERLEME REVIEW

Türkiye'deki egzotik tilapya türlerinin mevcut durumu

Recent status of exotic tilapia species in Turkey

Erdoğan Çiçek

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Universitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü 50300, Nevşehir, Türkiye https://orcid.org/0000-0002-5334-5737

erdogancicek@nevsehir.edu.tr

Received date: 08.01.2020 *Accepted date: 15.06.2020*

How to cite this paper:
Çiçek, E. (2021). Recent status of exotic tilapia species in Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 111-116.
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.14

Öz: Türkiye'de egzotik balıklarla ilgili en tartışmalı konuların başında Cichlidae familyasına mensup tilapya türlerinin durumları gelmektedir. Yetiştiricilik amaçlı olarak kullanılmak üzere 1970'li yıllardan başlayarak *Coptodon rendalli*, *C. zillii*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *Sarotherodon galilaeus* ve *Tristramella simonis* olmak üzere yedi farklı tilapya türünün getirildiği rapor edilmektedir. Bu türler, araştırma merkezlerinden ve yetiştirme çiftliklerinden kaçan ve/veya kasıtlı olarak bırakılan bireyler vasıtasıyla Türkiye balık faunasına dahil olmuşlardır. Ancak güncel olarak kaç türün doğada varlıklarını sürdürdükleri konusunda bir karmaşa söz konusudur. *Oreochromis mossambicus*, *S. galilaeus* ve *T. simonis* türlerinin doğal ortamlarda bulunduğuna dair doğrulanmış kayıtlar bulunmamaktadır. Türkiye'nin doğal su sistemlerinde *C. rendalli, C. zillii*, *O. aureus* ve *O. niloticus* türleri veya bunların melezlerinin bulunduğu belirlenmiştir. Tilapya türleri arasında verimli melez bireyler oluşturulması nedeniyle doğada rastlanan bireylerin tür tayinlerinin yapılamadığı görülmüştür. Bu nedenle Türkiye'de dağılım gösteren Cichlidae familyasına mensup tilapya türlerinin mevcut durumlarının belirlenebilmesi için detaylı genetik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: İstilacı tür, Cichlidae, *Coptodon*, *Oreochromis*, *Sarotherodon*, *Tristramella*

Abstract: One of the most controversial issues in Turkey about the occurrence of the exotic fish species belonging to the family Cichlidae. Up to date, starting the 1970's a total of seven species including *Coptodon rendalli, C. zillii*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus, Sarotherodon galilaeus* and *Tristramella simonis* introduced to Turkey for aquaculture purposes or accidently. Then these species have deliberately released or escaped from research and aquaculture facilities establishing themselves into natural environment of Turkey. In other cases, tilapia have been introduced into new aquatic habitats via aquarists or ornamental fish farmers. There was not any reliable record about establishment of *O. mossambicus*, *S. galilaeus* and *T. simonis* in Turkey. It is observed that now *C. rendalli, C. zillii*, *O. aureus*, and *O. niloticus* and/or hybrids of them exist in the wild water system of Turkey. Another problematic issue is that species identification of specimens found in nature is impossible due to the fact that hybridization of different species of Cichlidae. By the way, the range of the species belonging to the family Cichlidae in Turkey is determined that a need for detailed genetic studies to assess the current status.

Keywords: Invasive species, Cichlidae, *Coptodon*, *Oreochromis*, *Sarotherodon*, *Tristramella*

GİRİŞ

Dünyada son 30 yıldır doğal stoklardan avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri miktarında bir artış söz konusu değilken, yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürün miktarı yıldan yıla artış göstererek 2018 yılı itibariyle toplam ürün içerisindeki payı %46,5'e ulaşmıştır (FAO, 2020). Hızlı büyüme özelliğine sahip balık türlerinin yetiştiricilik amaçlı uzak mesafelere taşınması sonucu bazı türler tüm kıtalara ve pek çok ülkeye taşınmışlardır (William vd., 2006).

Tilapyalar insanlık için besin yetersizliğinin ve hayvansal protein açığının kapatılmasında çok büyük bir umut ışığı olarak düşünülmüş ve dünyanın pek çok ülkesinde yetiştirilmesi teşvik edilerek yaygınlaştırılmıştır (Gupta ve Acosta, 2004). Bu türün en önemli özelliği hızlı üreme ve büyüme yeteneğinin yanı sıra, yüksek çevresel toleransa sahip olması ve en önemlisi omnivor beslenme özellikleri nedeniyle ekosistemdeki her türlü besini kullanabilmeleridir (Doupé vd., 2010). Gerek yetiştiricilik gerekse doğal ekosisteme dahil olmuş tilapya türleri için en önemli tek kısıtlama su sıcaklığı olup tropikal iklimin doğal türü olan bireyler genellikle 13-14 ˚C su sıcaklığının altındaki ortamlarda birkaç gün içinde telef olmaktadırlar (Altun vd., 2006; Emiroğlu, 2013).

Tilapya türleri Afrika ve Akdeniz çanağının güneyinde doğal olarak dağılım göstermektedir. Bazı türler su bitkileri ile mücadele, ötrofikasyonun önlenmesi, akvaryum balığı ve yetiştiricilik gibi amaçlarla dünyanın tüm kıtalarına ve 100'den fazla ülkeye taşınmışlardır. Taşındıkları ülkelerde araştırma ve yetiştirme tesislerinden kaçan bireyler çevresel koşullara karşı geniş toleransları, omnivor beslenme özellikleri, çok çeşitli sucul ekosistemlere (deniz ortamlarında bile) tahammül edebilmeleri, hızlı büyüme ve üreme yetenekleri nedeniyle, yeni habitatlara hızlı ve başarılı bir şekilde yerleştikleri rapor edilmiştir (Vicente ve Fonseca-Alves, 2013; Attayde vd., 2011; Dikel, 2006).

Tilapya türleri, egzotik olarak girdikleri sucul ortamlarda ekosistemin işleyişini bozarak yerli türlerin popülasyon yoğunluklarının düşmesine ve hatta biyoçeşitliliğin azalmasına sebep olmaktadırlar (Attayde vd., 2011). Tilapyaların yerleştikleri yeni habitatlarında birçok çevre sorununa sebep oldukları gözlemlenmiş olmasına karşın bu etkilerin açık ve net bir şekilde belirlenebildiği ya da

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

anlaşılabildiği çalışmalar bulunmamaktadır (Canonico vd., 2005; Ahmad vd., 2010; Vicente ve Fonseca-Alves, 2013). Bu egzotik türlerin demersal bölgedeki besin arayışları nedeniyle bulanıklık yaratmaları ve su bitkileri için mevcut güneş ışığının azalmasına sebep olmaları nedeniyle ekosistemde olumsuz etkilere sebebiyet verdikleri rapor edilmiştir (Ahmad vd., 2010; Vicente ve Fonseca-Alves, 2013).

Türkiye'de egzotik balıklarla ilgili en tartışmalı konuların başında Cichlidae familyasına mensup türlerin durumları gelmektedir. 1970'li yıllardan itibaren yetiştiricilik amaçlı olarak (*Coptodon rendalli*, *C. zillii*, *Oreochromis aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus* ve *Sarotherodon galilaeus*) ve kazara (*Tristramella simonis*) yedi farklı türün giriş yaptığı rapor edilmektedir (Kuru, 2004; Innal ve Erkakan, 2006; Çetinkaya, 2006; Innal, 2012; Kuru vd., 2014; Tarkan vd., 2015). Bu türler araştırma merkezlerinden ve yetiştirme çiftliklerinden kaçan ve/veya kasıtlı olarak bırakılan bireyler vasıtasıyla Türkiye balık faunasına dahil olmuşlardır. Ancak şu anda kaç türün başarılı şekilde yerleşerek doğada varlıklarını sürdürdükleri konusu net değildir (Çiçek vd., 2015). Bu nedenle Türkiye'de dağılım gösteren türlerin belirlenebilmesi için detaylı sistematik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye'ye araştırma ve/veya yetiştiricilik amaçlı olarak getirilmiş türlerin durumlarının belirlenmesi ve bu türlerin doğal ekosistemlerdeki yerleşme başarıları ve bulunurluklarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla Türkiye'ye araştırma ve/veya yetiştiricilik amacıyla getirilmiş olan türlerle ilgili çalışmalar incelenmiş ve ayrıca doğal su sistemlerinde bulunan tilapya türlerle ilgili bildirimlere ilişkin veriler toplanmıştır. Bunun yanı sıra 1992-2006 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Tatlı Su Balıkları Araştırma ve Uygulama İşletmesi'ndeki ve ayrıca arazi çalışmaları sırasındaki gözlemlerime yer verilmiştir. Arazi çalışmalarında örnekler akarsularda elektroşoker göllerde ise uzatma ağları kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen örnekler bayıltıldıktan sonra %4'lük formaldehit çözeltisi içerisinde laboratuvara getirilmiş ve tür teşhisleri yapılmıştır.

BULGULAR

Araştırma ve/veya yetiştiricilik faaliyetleri

Tilapya türleri ilk olarak 1970'li yıllarda Burdur Gölüne balıklandırma amacıyla bırakılmış olup bırakılan bu bireyler uyum sağlayamayarak tamamı ölmüştür (Altun vd., 2006). Daha sonraki yıllarda yetiştiricilik amaçlı olarak üniversitelerin ve devlet kurumlarının (Devlet Su İşleri-DSİ ile Tarım ve Orman Bakanlığı) araştırma merkezlerine ve ticari balık üretim tesislerine farklı tilapya türleri getirilmiştir (Çetinkaya, 2006; Geldiay ve Balık, 2007).

Başta Çukurova Üniversitesi olmak üzere üniversite araştırma merkezlerinde büyüme performansları, beslenmeleri, et verimleri vb. gibi konular üzerine çalışmalar yürütülmüştür (Mohammed Yaqoup, 1983; Sarıhan vd., 1990; Başusta vd., 1996; Altun vd., 2006). Bunun yanı sıra farklı türlerin döllenmeleri sonucunda oluşan melez bireylerde tek cinsiyet oranının yüksek olması nedeniyle üreme ile ilgili çalışmalar yapılmıştır (Puriginin vd., 1975; Dikel, 2001). Aynı zamanda hormon uygulaması ve sıcaklık faktörü ile de tek cinsiyetli bireyler elde edilmesi üzerine çalışmalar da söz konusudur (Altun vd., 2007; Kingueleoua Koyakomanda vd., 2019).

Çukurova Üniversitesine ait araştırma merkezinde *C. rendalli, C. zilli*, *O. aureus*, *O. niloticus* ve *S. galilaeus* türleri üzerinde araştırma çalışmaları yapıldığı gibi, beton havuzlarda ticari amaçlı üretimleri de yapılmıştır. Pekin ördeği ile polikültür, yüzen ağ kafeslerde (Gökçe vd., 2003) ve hatta deniz suyunda üretim denemeleri yapılmıştır (Dikel, 2006). Araştırma merkezinde bulunan yetiştirme havuzlarının su ihtiyacı Seyhan Barajından karşılanmakta olup kullanılan su tekrar doğal ortama (Seyhan Nehrine) deşarj edilmektedir. Benzer durum DSİ 6. Bölge Müdürlüğü, Su Ürünleri Şube Müdürlüğü yetiştirme tesisi için de söz konusudur. Her iki tesisten de doğal ortama devamlı olarak yavru birey katılımı söz konusu olmuştur. Bu nedenle bu türlerin Seyhan Havzasında başarılı şekilde yerleştikleri, Ceyhan ve Asi havzaları ile Akdeniz kıyıları boyunca dağıldıkları bilinmektedir.

Doğal ekosistemlerdeki bulunurlukları

Türkiye'deki egzotik balıklar ile ilgili münferit kayıtlar mevcuttur (Akbulut vd., 1998; Akın vd., 2005; Altınok, 2003; Barlas vd., 2001; Candan, 1994; Celayir, 2003; Erkakan, 1984; Okumuş vd., 1999; Rad vd., 2003; Sağat, 2019; Sarıhan vd., 1990; Şaşı ve Balık, 2003). Bu çalışmalarda Türkiye'de 30 civarında egzotik balık türü içerisinde yedi tilapya türünün varlığından bahsedilmektedir (Tablo 1). Bunlar; *C. rendalli*, *C. zilli*, *O. aureus*, *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *S. galilaeus* ve *T. simonis* türleridir (Çetinkaya, 2006; İnnal, 2012; İnnal ve Erkakan, 2006: Geldiay ve Balık, 2007; Kuru, 2004; Fricke vd., 2007; Kuru vd., 2014; Tarkan vd., 2015).

Tablo 1. Türkiye'de dağılım gösteren tilapya türlerine ait kayıtlar
Table 1. Records of tilapia species in Turkey

Tür	Çetinkaya (2006)	İnnal ve Erkakan (2006)	Geldiay ve Balık (2007)	İnnal (2012)	Tarkan vd. (2015)
Coptodon rendalli (Boulenger, 1897)	X	X	X	X	-
Coptodon zillii (Gervais, 1848)	X	X	X	X	X
Oreochromis aureus (Steindachner, 1864)	X	X	X	X	-
Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)	-	X	X	X	-
Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X
Sarotherodon galilaeus (Linnaeus, 1758)	X	-	-	X	-
Tristramella simonis Trewavas, 1942	-	-	-	-	-

Türkiye'ye getirilen tilapya türleri araştırma merkezlerinden ve yetiştirme çiftliklerinden kaçan ve/veya kasıtlı olarak bırakılan bireyler vasıtasıyla balık faunasına dahil olmuşlardır. Bugün tilapya türleri doğaya kaçan bireylerin doğal suyolları ile dağılımları, devlet kurumları tarafından yapılan balıklandırma faaliyetleri esnasında ve yerel halk tarafından yeni su sistemlerine taşınma nedeniyle tüm Akdeniz kıyıları boyunca geniş bir alana dağılmışlardır. Bugün Seyhan, Ceyhan, Asi, Doğu Akdeniz, Antalya ve Batı Akdeniz havzalarında pek çok akarsu ve göl ekosisteminde dağılım göstermektedirler (Balık vd., 2005; Gürlek ve Turan, 2006; Alagöz Ergüden, 2013; İnnal ve Sungur, 2019).

Doğal ekosistemlerde rapor edilmiş tilapya türleri ve bulunduğu bölgelere ilişkin bazı kayıtlardan örnekler Tablo 2'de sunulmuştur. Ancak *T. simonis* türünün nerede ve ne zaman kayıt edildiğine dair hiçbir bilgiye rastlanmamıştır (Kuru, 2004; Kuru vd., 2014). Bunun yanı sıra, Seyhan nehrinde (Dikel ve Çelik, 1998; Çelik ve Gökçe, 2003) ve Köyceğiz Lagününde doğadan avlanan tilapya türlerinin tür düzeyinde tayinleri yapılamadığı bildirilerek *Tilapia* spp. düzeyinde bırakıldığı görülmektedir (Akın vd., 2005; Buhan vd., 2017).

Yazarın 2001 yılından bu yana yürütmekte olduğu arazi çalışmaları sırasında, Hatay, Osmaniye, Adana, Mersin ve Antalya illerinde, acı su özelliğine sahip lagüner alanlarda ve drenaj kanallarında tilapya türlerine rastlanmıştır. Bu bölge genellikle tilapya türlerinin havzaların kıyıya yakın kesimlerinden örneklendiği; ancak havzaların iç kısımlarında bulunmadıkları gözlemlenmiştir. Bu durum, Akdeniz'e dökülen akarsuların mansab bölgelerinin tilapya türlerinin hayatta kalan popülasyonlar oluşturabilmesi açısından daha uygun olduğunu göstermektedir.

Akdeniz kıyıları dışında Türkiye'nin farklı bölgelerinden de tilapya türlerinin kayıtları söz konusudur (Başusta vd., 1996; Mert ve Çiçek, 2010; Emiroğlu, 2013; Emiroğlu vd., 2018; İnnal ve Sungur, 2019). Mert ve Çiçek (2010) Damsa Baraj Gölünde (Nevşehir) *O. niloticus* türüne rastlandığını bildirerek ekosisteme tesadüfen girmiş olabileceğini ve hayatta kalarak üremesinin karasal iklim koşullarında mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Nitekim daha sonraki yıllarda Damsa Baraj Gölünde bu türe hiç rastlanılmamış olması bu değerlendirmeyi desteklemektedir. Emiroğlu (2013) Sakarya Nehrinin kaynaklarından birisi olan Sakaryabaşında (Eskişehir) Ankara Üniversitesi Sakaryabaşı Balık Üretim ve Araştırma İstasyonunda araştırma amaçlı tutulan tilapyaların kaçması sonucu ekosisteme yerleşmiş *O. niloticus* türünün bulunduğunu rapor etmiştir. Bu bireylerin nispeten ılık su özelliğine sahip Sakaryabaşı kaynak bölgesi ile Eminekin Göleti arasındaki bölgede yayılışının sınırlı kalarak diğer bölgelere dağılımın söz konusu olmadığı rapor edilmiştir.

Tablo 2. Türkiye'de doğal ekosistemlerde rapor edilmiş tilapya türlerinin dağılımları
Table 2. Distribution of tilapia species in natural ecosystems of Turkey

Tür	Bulunduğu ekosistem	İl	Havza	Yazar
Oreochromis niloticus	Hırla Gölü	Kırşehir	Kızılırmak	Balık vd. (2005)
Coptodon zillii	Yuvarlakçay	Muğla	Batı Akdeniz	Gürlek ve Turan (2006)
Oreochromis aureus	Gölbaşı Gölü	Hatay	Asi	Gürlek ve Turan (2006)
Oreochromis niloticus	Gölbaşı Gölü	Hatay	Asi	Gürlek ve Turan (2006)
Coptodon zillii	Gölbaşı Gölü	Hatay	Asi	Mert ve Çiçek (2010)
Oreochromis niloticus	Damsa Barajı	Nevşehir	Kızılırmak	Alagöz Ergüden (2013)
Oreochromis niloticus	Seyhan Barajı	Adana	Seyhan	Emiroğlu (2013)
Oreochromis niloticus	Sakarbaşı	Eskişehir	Sakarya	Emiroğlu vd. (2018)
Oreochromis niloticus	Sakarbaşı	Eskişehir	Sakarya	İnnal ve Sungur (2019)
Coptodon zillii	Pınarbaşı Deresi	Burdur	Burdur	İnnal ve Sungur (2019)
Oreochromis niloticus	Pınarbaşı Deresi	Burdur	Burdur	Akın vd. (2005)
Tilapia spp.	Köyceğiz Lagünü	Muğla	Batı Akdeniz	Buhan vd. (2017)
Tilapia spp.	Köyceğiz Lagünü	Muğla	Batı Akdeniz	Dikel ve Çelik (1998)
Tilapia spp.	Seyhan Nehri	Adana	Seyhan	Çelik ve Gökçe (2003)
Tilapia spp.	Seyhan Nehri	Adana	Seyhan	Gürlek ve Turan (2005)
Tilapia spp.	Seyhan Nehri	Adana	Seyhan	Kuru (2004); Fricke vd. (2007);
Tristramella simonis	-	-	-	Kuru vd. (2014)

Türkiye'de tilapya yetiştiriciliğinin mevcut durumu

İç sularda alternatif ürün olarak sunulan tilapya türlerinin alabalık yetiştiriciliğine bile rakip olacağı iddia edilmiştir. Ancak büyük beklentilerle Türkiye'ye getirilmiş olan tilapya türlerinin ticari amaçlı olarak yetiştirilerek pazarlanması istenen amaca ulaşmamıştır. Bunun sebepleri ise kısaca aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

1) Türkiye'nin birçok bölgesinde iklim koşullarının tilapya üretimi için uygun olmaması (Altun vd., 2006)
2) Tilapya türlerinin pazarlama boyunun altında cinsi olgunluğa ulaşmaları.
3) Tek cinsiyetli üretim tekniklerinde başarı sağlanamaması.
4) Yetiştiricilik için kış döneminde sera donanımı, ısıtma ve hastalıklardan korunmaya yönelik ek maliyetlere gereksinim duyulması.
5) Tüketiciler tarafından lezzetsiz bulunmaları, fazla kılçıklı ve az miktarda ete sahip olmaları nedeniyle pazarda talep görmemesi.

Günümüzde Türkiye'de tilapya yetiştiriciliği yapılmakta olan tek işletme Konya Şeker Fabrikalarına ait olup, soğutma suyunun deşarj edildiği ılık su havuzlarından faydalanmak amacıyla 200 ton/yıl kapasiteli olarak kurulmuştur. Ancak 2014 yılında 32 ton ile başlayan üretim, 2015 yılında 12, 2016 yılında 58, 2017 yılında 8 ve 2018 yılında ise 12 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2019). Ayrıca Bitlis (Güroymak) Budaklı Kaplıcasında tilapya yetiştiriciliği için proje hazırlanmış ancak hayata geçirilmemiştir (Vira Haber, 2014).

Şu anda ağır metaller ve pestisitler olmak üzere bazı zararlı kimyasal maddelerin canlılar üzerine etkilerinin araştırıldığı pek çok çalışmada tilapya türlerinin test organizması olarak kullanılması yaygınlaşmıştır (Oruç ve Üner, 2000; Alak vd., 2011; Yılmaz vd., 2013; Çoğun ve Reyhan, 2016).

Melezleşme

Farklı tilapya türleri arasında döllenme söz konusu olup kısır olmayan yeni melez bireyler oluşmaktadır. Gürlek ve Turan (2005) Hatay ve Adana'daki doğal ortamlardan yakaladıkları bireyler ile Çukurova Üniversitesi araştırma istasyonundan elde ettikleri bireyleri genetik olarak karşılaştırmış ve yapmış oldukları çalışmalarında elde edilen genetik mesafelerin melez bireylerin varlığına işaret ettiğini belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada uygulanan genetik yöntem sistematik çalışmalar için uygun bir yöntem değildir. Bu nedenle tür tayininin yapılmasına olanak sağlayan teknikler kullanılarak doğadaki melezlik durumunun açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Nitekim tilapya türlerinin melezleri arasında da dayanıklı hatlar oluşabileceği, düşük sıcaklıklara dayanıklı bireylerin ortaya çıkabileceği bunun sonucu olarak hem bulundukları habitatlarda istilacı etkilerini arttırabileceği ve hem de dağılım alanını genişletebileceği ileri sürülebilir.

SONUÇ

Türkiye getirilen altı tilapya tür içinde *C. rendalli, C. zillii*, *O. aureus* ve *O. niloticus* türleri doğal ekosistemlere ulaşarak üreyen sağlıklı popluasyonlar oluşturmuşlardır. Buna karşın *S. galilaeus* ve *O. mossambicus* türlerinin doğada bulunurluklarına ilişkin herhangi bir kayda rastlanmamıştır. Ayrıca *T. simonis* türünün ise doğrulanmış bir kaydı söz konusu değildir.

Türkiye'nin tilapya yetiştiriciliği serüveninden geriye doğal hayata karışmış ve yüksek istilacılık potansiyeline sahip egzotik tilapya türleri kalmıştır. Ancak Su Ürünleri İstatistiklerinde tilapya türlerinin avcılığına dair bir veri olmadığından doğal kaynaklar balık üretimine de herhangi bir katkısının olmadığı açıktır. Hangi tilapya türlerinin Türkiye'de bulunduğu ise net bir şekilde belirlenemediği gibi yerli türler, biyoçeşitlilik ve dolayısıyla ekosistem üzerine olan olumsuz etkileri de araştırılıp ortaya konmuş değildir. Bu nedenle tilapya türlerinin dağılım gösterdikleri ekosistemler üzerine etkilerinin ortaya konmasına yönelik çalışmalara ivedilikle başlanması büyük önem taşımaktadır.

Tüm bu veriler ışığında Türkiye'nin tilapya serüveninden ders çıkartılarak egzotik türlere dayalı olarak yapılacak yetiştiricilik, biyokontrol, balıklandırma vb. gibi faaliyetlere geniş kapsamlı bilimsel çalışmalar ve değerlendirmeler sonunda karar verilmesi yerinde olacaktır. Ayrıca doğal ihtiyofaunaya dahil olabileceği ve ekosistem üzerine olumsuz etkilerinin de ortaya çıkabileceği düşünülerek bu faaliyetlerin planlanması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesindeki lisans ve lisansüstü öğrenimim boyunca tilapya yetiştiriciliği ile ilgili geniş bir bilgi birikimi kazanmamda büyük emekleri geçmiş olan hocalarım Dr. Dursun Avşar, Dr. Ünal Erdem, Dr. Nuri Başusta, Dr. M. Z. Lügal Göksu ve Dr. İbrahim Cengizler'e, makalenin hazırlanması sırasında değerli görüşlerini aldığım Dr. Ali Serhan Tarkan'a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca 2011 yılında zamansızca kaybettiğimiz Dr. Tülay Altun hocamı saygıyla anmak isterim.

KAYNAKÇA

Ahmad, S.A.S., Bart, A.N., Yi, Y., Rakocy, J.E. & Diana, J.S. (2010). The effect of the introduction of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) on small indigenous fish species (mola, *Amblypharyngodon mola*, Hamilton; chela, *Chela cachius*, Hamilton; punti, *Puntius sophore*, Hamilton). *Aquaculture Research*, *41*(6), 904-912. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2009.02372.x

Akbulut, B., Okumuş, I., Başçınar, N., Kurtoğlu, I.Z. & Şahin, T. (1998). Fecundity, Egg Size and Correlation of Body Weight in a Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*) Broodstock in Northeastern Turkey. In: Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E., Okumuş, I., Mutlu, C. (Eds), Proceedings of First International Symposium on Fisheries and Ecology, 2-4 September 1998, Trabzon, Turkey, 162-166.

Akın, S., Buhan, E., Winemiller, K.O. & Yılmaz, H. (2005). Fish assemblage Structure of Köyceğiz Lagoon- Estuary, Turkey: Spatial and Temporal Distribution patterns in relation to Environmental Variation. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, *64*, 671-684. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.03.019

Alagöz Ergüden, S. (2013). Seyhan Baraj Gölü'ndeki Egzotik Balık Türleri ve Olası Etkileri. Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, 22-23 Mayıs 2013, Muğla-Marmaris, 45-48.

Alak, G., Sönmez, A.Y. & Hisar, O. (2011). Bazı Pestisitlerin Balıkların Antioksidan Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *42*(1), 91-93.

Altınok, M. (2003). Hibrit Çizgili Levrek (*Morone saxatilis* X *Morone chyrsops*) Balığının Büyüme ve Üreme Özelliklerinin Araştırılması. Ege Ün. FBE Doktora Tezi 114 s. Bornova İzmir.

Altun, T., Tekelioğlu, N. & Danabaş, D. (2006). Tilapia Culture and Its Problems in Turkey. *Ege University, Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *23*(3-4), 473-478.

Altun, T., Çelik, F. & Danabaş, D. (2007). Testosteronandekonatın Tilapia (*Oreochromis niloticus* L., 1758)'nın Gelişimi ile Karaciğer ve Böbrek Dokularına Etkisi. *Ege University, Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *24*(1-2), 65-69.

Attayde, J.L. Brasil, J. & Menescal, R.A. (2011). Impacts of introducing Nile tilapia on the fisheries of a tropical reservoir in North-Eastern Brazil. *Fisheries Management and Ecology*, *18*, 437-443. DOI: 10.1111/j.1365-2400.2011.00796.x

Balık, B., Ustaoğlu, M.R., Sarı, H.M., İlhan, A. & Topkara, E.T. (2005). Yuvarlakçay (Köyceğiz, Muğla)'ın Balık Faunası. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *22*(1-2), 221-223.

Barlas, M., Yılmaz, F. & Dirican S. (2001). Sarıçay (Milas) ve Dipsiz (Çine) Çaylarında Yaşayan Yeni Bir Egzotik Tür: *Lepomis gibbosus* (Perciformes: Centrarchidae) IV. Çevre ve Ekoloji Kongresi 5-8 Ekim 2001, Bodrum, s. 307-312.

Başusta, N., Yanar, M., Cengizler, İ. & Göksu, M.Z.L. (1996). Yarı Termal Su Kaynağı Özeliklerindeki Hırla Gölünde (Kırşehir) Tatlı Su Çipurası (*Oreochromis niloticus*) Adaptasyon Denemesi. XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İstanbul, Türkiye, 17-20 Eylül 1996, Cilt. 1, 364.

Buhan, E., Dogan, H.M., Kılıç, O.M., Yılmaz, D.S. & Buhan, S.D. (2017). Monitoring Tilapia (*Tilapia* spp.) Population in Köyceğiz Lake of Turkey by Thermal Bands of LANDSAT-5 TM and LANDSAT-7 ETM+ Satellite Images. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University*, *34* (3), 237-244.

Candan, A. (1994). Türkiye'de Üretilen Atlantik salmonu (*Salmo salar* L.) nda saptanan ilk vibriosis olgusu. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, *24*, 107-108.

Canonico, G.C., Mccrary, J.K., Arthington, A. & Thieme, M.L. (2005). The effects of introduced tilapias on native biodiversity. *Aquatic Conserv: Marine and Freshwater Ecosystems*, *15*, 463-483. DOI:10.1002/aqc.699

Celayir, Y., Akbay, N., Pala, M. & Yüksel, F. (2003). DSİ Keban Barajı Su Ürünleri Şube Müdürlüğü Üretim tesislerinde Gümüş Sazanı (*Hypophthalmichhys molitrix*, Valenciennes, 1844) Üretim denemesi. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 2-5 Eylül 2003 Elazığ, Bildiri Kitabı 463-466.

Çelik, M. & Gökçe, M. A. (2003). Çukurova (Adana) Bölgesi'nden Beş Ayrı Tilapya Türünün Yağ Asidi İçeriklerinin Tespiti. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 27, 75-79.

Çetinkaya, O. (2006). Türkiye sularına aşılanan veya stoklanan egzotik ve yerli balık türleri, bunların yetiştiricilik, balıkçılık, doğal populasyonlar ve sucul ekosistemler üzerindeki etkileri veri tabanı için bir ön çalışma. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 07-09 Şubat 2006, *T.K.B Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Yayınları*, 205-235.

Çiçek, E., Birecikligil, S.S. & Fricke, R. (2015). Freshwater fishes of Turkey; a revised and updated annotated checklist. *Biharean Biologists*, *9*(2), 141-157.

Çoğun, H.Y. & Reyhan, İ.Ç. (2016). The effects of calcium and zeolite on cadmium accumulation in tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fish tissues (*in Turkish with English abstract*). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *33*(1), 41-46. DOI:10.12714/egejfas.2016.33.1.07

Dikel, S. & Çelik, M. (1998). Aşağı Seyhan Havzası'nda Yakalanan Tatlı su Çipurası'nın (*Tilapia* ssp.) Yenilebilir ve Yenilemez Bölümlerinin Ağırlık Oranları ile Bazı Besin Öğelerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sicences*, *22*, 517-520.

Dikel, S. (2001). Tilapya Türü Olan *Oreochromis aureus* ve *Oreochromis niloticus* ile Bunların Melezlerinin Çukurova'da Havuz Koşullarında Yetiştirilmesi ve Büyüme Performansları ile Karkas ve Besin Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *18*(3-4), 445-457.

Dikel, S. (2006). Tuzlusu Ortamlarında Tilapya Yetiştiriciliği. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *23*(1/2), 199-204.

Doupé, R.G., Burrows, D.W., Knott, M.J., Lymbery, A.J. & Schaffer, J. (2010). Experimental herbivory of native Australian macrophytes by the introduced Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Austral Ecology*, *35*, 24-30. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2009.02008.x

Emiroğlu, Ö. (2013). Sakarbaşında Yapılan Yabani Türleri Kültüre Alma Çalışmalarına 2 Olumsuz Örnek: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) ve *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). Biyolojik Çeşitlilik Sempozyumu, 22-23 Mayıs 2013, Muğla-Marmaris, 49-54.

Emiroğlu, Ö., Başkurt, S., Aksu, S, Giannetto, D. & Tarkan, A.S. (2018). Standard weight equations of two sub/tropic Nonnative freshwater fish, *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*, in the Sakarya River Basin (NW Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, *42*, 694-699. DOI:10.3906/zoo-1802-36

Erkakan, F. (1984). Trakya Bölgesinden Türkiye için Yeni Kayıt Olan Bir Balık *Pseudorasbora parva (*Pisces, Cyprinidae). *Doğa Bilim Dergisi A2*, 350-351.

FAO. (2020). FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. http://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2017_USBcard/index.htm. 02.09.2020

Fricke, R., Bilecenoglu M. & Sari H.M. (2007). Annotated checklist of fish and lamprey species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, including a Red List of threatened and declining species. Stuttgarter Beitr. Naturk. Ser. A 706, 1-172.

Geldiay, R. & Balık, S. (2007). Türkiye tatlısu balıkları (V. Baskı). Ege Üniv. Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 46, İzmir, 644 s.

Gökçe, M.A, Dikel, S., Çelik, M. & Taşbozan, O. (2003). Seyhan Baraj Gölünde Kafes Koşullarında Yetiştirilen Üç Tilapya (*Tilapia rendalli* (Boulenger, 1896), *Tilapia zillii* (Gervais, 1848), *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864)) Türünün Besinsel Kompozisyonlarının Belirlenmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquaculture*, *20*, 9-14.

Gupta, M.V. & Acosta, B.O. (2004). A review of global tilapia farming practices. *Aquaculture Asia*, *9*(1), 7-16.

Gürlek, M. & Turan, C. (2005). Genetic identification of *Tilapia* species living in Cukurova and Hatay regions. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 575-578.

Gürlek, M. & Turan, C. (2006). Çukurova ve Hatay Bölgelerinde Bulunan Tilapia (Chiclidae) Türlerinin Morfolojik Farklılıkları. *Ege Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, *23*(1/2), 227-231.

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.

Innal, D. (2012). Alien fish species in reservoir systems in Turkey: a review. *Management of Biological Invasions*, *3*, 115-119. DOI:10.3391/mbi.2012.3.2.06

Innal, D. & Sungur, S. (2019). First Record of Non-Indigenous Fish *Hemichromis letourneuxi* (Cichlidae) from Pınarbaşı Creek (Burdur, Turkey). *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *10*(1), 90-94. DOI: 10.29048/makufebed.562523

Kingueleoua Koyakomanda, K.C., Fırat, M.K., Süzer, C., Engin, S., Hekimoğlu, M., Sayğı, H. Özden, O., Güleç, F. & Saka, Ş. (2019). Effects of 17ß-estradiol hormone on growth and sex differentiation in the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*, Peters, 1852). *Aquatic Sciences and Engineering*, *34*(1), 14-21. DOI: 10.26650/ASE2018500686

Kuru, M. (2004). Türkiye İçsu Balıklarının Son Sistematik Durumu. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 24*(3), 1-21.

Kuru, M., Yerli, S.V., Mangıt, F., Ünlü, E. & Alp, A. (2014). Fish biodiversity in Inland Waters of Turkey. *Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture*, *3*, 93-120.

Mert, R. & Çiçek, E. (2010). Range Expansion of Introduced Tilapia Species (*Oreochromis niloticus*, L. 1758, Cichlidae) in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *9*, 1753-1756.

Mohammed Yaqoup, M.A. (1983). Batı Anadoluda Tilapya (*Tilapia galilea*) Yetiştirme Olanakları. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Doktora Tezi, İzmir.

Okumuş, İ., Çelikkale, M.S., Kurtoğlu, İ.Z. & Başçınara, N. (1999). Saf ve Karışık Olarak Yetiştirilen Gökkuşağı (*Oncorhynchus mykiss*) ve Kaynak Alabalıklarının (*Salvelinus fontinalis*) Büyüme Performansları, Yem Tüketimi ve Yem Değerlendirme Oranları. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sicences*, *23*, 123-130.

Oruç, E.Ö. & Üner, N. (2000). Combined effects of 2,4-D and azinphosmethyl on antioxidant enzymes and lipid peroxidation in liver of *Oreochromis niloticus*. *Comperative Biochemistry and Physiology Part C*, *127*, 291-296.

Puriginin, Y., Rothbard, S., Wolfarth, G.W., Halevy, A., Moau, R. & Hulata, G. (1975). All-male broods of *T. nilotica* X *T. aurea* Hybrids. *Aquaculture*, 6,11-21.

Rad, F., Köksal, G. & Kındır, M. (2003). Growth performance and food conversion ratio of Siberian sturgeon (*Acipencer baeri* Brandt) at different daily feeding rates. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences,* 27, 1085-1090.

Sağat, Y. (2019). Hakkıbeyli Göletinde Ot Sazanlarının Gelişme Durumu. DSİ VI. Böl. Md. Su Ür. Baş Mühendisliği. Adana (Kişisel Görüşme).

Sarıhan E., Tekelioğlu N. & Polat, A. (1990). Üç değişik tilapya türü (*T. zillii, T. rendalli* ve *T. nilotica*)'nün gelişme performansları yönünden karşılaştırılması *Ç.Ü. Ziraat Fak. Dergisi*, *1*(5), 101-110.

Şaşı, H. & Balık, S. (2003). The distribution of three exotic fishes in Anatolia. *Turkish Journal of Zoology*, *27*, 319-322.

Tarkan, A.S., Marr, S.M. & Ekmekçi, F.G. (2015). Non-native and translocated freshwater fish species in Turkey. *FiSHMED Fishes in Mediterranean Environments*, 2015.003: 28p. DOI: 10.29094/FiSHMED.2015.003

TUİK. (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. Su ürünleri istatistikleri; Available from http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=30697, 20.12.2019.

Vicente, I.S.T. & Fonseca-Alves, C.E. (2013). Impact of introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on non-native aquatic ecosystems. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *16*(3), 121-126. DOI: 10.3923/pjbs.2013.121.126

Vira Haber. (2014). Tilapya balığı Türkiye'de ilk defa. https://www.virahaber.com/tilapya-baligi-turkiyede-ilk-defa-32373h.htm, Erişim tarihi: 19.12.2019.

William, L. Shelton, W.L. & Rothbard, S. (2006). Exotic species in global aquaculture-a review. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, *58*(1), 3-28.

Yılmaz S., Ergün S. & Soytaş N. (2013). Enhancement of growth performance and pigmentation in red *Oreochromis mossambicus* associated with dietary ıntake of astaxanthin, paprika, or capsicum. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, IJA_65.2013.825, 1-7.

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 117-124 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.15

DERLEME REVIEW

Doğal ürün fukoksantin trendleri

Trends in a natural product fucoxanthin

Bahar Aslanbay Güler[1] ● Esra İmamoğlu[2]*

[1] Biyomühendislik Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye
[2] Biyomühendislik Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye

https://orcid.org/0000-0002-0113-4823
https://orcid.org/0000-0001-8759-7388

*Corresponding author: esraimamoglu@yahoo.com

Received date: 18.02.2020 *Accepted date: 17.06.2020*

How to cite this paper:
Aslanbay Güler, B. & İmamoğlu, E. (2021). Trends in a natural product fucoxanthin. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 117-124. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.15

Öz: Fukoksantin, ksantofil grubuna ait karotenoidlerden biri olup yaygın olarak kahverengi deniz yosunlarında (makroalgler), diatomlarda ve birkaç mikroalg türünde bulunmaktadır. Fukoksantin pigmenti, alglerde klorofil ve protein ile birlikte kompleks bir yapı oluşturarak ışığın toplanmasında ve fotosentez merkezine gönderilmesinde önemli bir rol almaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda fukoksantinin hayvanlar üzerinde antiobezite, antidiyabet, antienflamatuvar, antikanser ve kardiyovasküler sistemi koruma gibi olumlu etkilere sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle kronik hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde fukoksantinin etken madde olarak kullanımına dair çalışmalar sürdürülmektedir. Ayrıca kozmetik, gıda ve yem sektörlerinde de fukoksantin bileşiğinin kullanım potansiyeli değerlendirilmektedir. Bu makalede fukoksantin karotenoidinin genel özelliklerinden, tarihsel gelişiminden ve mevcut kaynaklarından bahsedilmiş, hayvanlar üzerindeki potansiyel biyolojik aktiviteleri incelenmiş ve kullanım alanları ile birlikte piyasadaki durumu ortaya konmuştur.

Anahtar kelimeler: Fukoksantin, ksantofil, karotenoid, algal biyoteknoloji, doğal ürün

Abstract: Fucoxanthin is a xanthophyll pigment which occurs in marine brown seaweeds (macroalgae), diatoms and several microalgae species. It forms with chlorophyll *a-c* and several proteins, a major fucoxanthin-chlorophyll *a/c* complex, which transfers light energy to the photosynthesis center and plays a major role in light harvesting. Recent studies have reported that fucoxanthin has many physiological functions and biological effects, such as anti-obesity, antidiabetic, anti-inflammatory, anticancer and cardiovascular system protection. Therefore, this pigment is highly preferred for the prevention and treatment of various chronic diseases. In addition, potential applications of high value fucoxanthin can be found in cosmetic, food and feed industries. In this review paper, the historical development, characteristic properties and possible sources of fucoxanthin are extensively described. The potential biological activities of fucoxanthin are also discussed. Finally, brief overview of common applications and market analysis of commercial fucoxanthin are also reported.

Keywords: Fucoxanthin, xanthophyll, carotenoid, algal biotechnology, natural product

GİRİŞ

Fukoksantin molekülü kahverengi ya da turuncu renge sahip, denizel ortamda en çok üretimi gerçekleştirilen, yüksek değerlikli karotenoidlerden biridir. Doğada çoğunlukla *Undaria pinnatifida*, *Eisenia bicyclis, Sargassum horneri, Hisikia fusiformis* gibi kahverengi makroalglerden elde edilmekte olup mevsimsel değişimlere, organizma türüne ve canlıların yaşam döngüsüne bağlı olarak miktarı değişmektedir. Bu makroalg türleri Güneydoğu Asya ve bazı Avrupa ülkelerinde besin olarak tüketilmekte ve bu sayede dolaylı olarak fukoksantin tüketimi gerçekleşmektedir. Deniz yosunu olarak bilinen bu makroalglerin yanı sıra fukoksantin eldesi amacıyla *Bacillariophytes, Chrysophytes, Silicoflagellates, Pinguiophytes* gibi çeşitli mikroalg türleri de değerlendirilmektedir. Makro- ve mikro- alglerde fukoksantin molekülü kloroplastlarda konumlanarak klorofil pigmentleri ile birlikte fotosentez sırasında önemli işlev göstermektedir (Kumar vd., 2013; Miyashita vd., 2020; Zhang vd., 2015).

Kimyasal yapısında, polien zincir üzerinde bir allenik bağ, bir epoksit ve bir konjüge karbonil grubu bulunan fukoksantin bileşiği bu yapısıyla diğer karotenoidlerden ayrılmakta olup benzersiz bir molekül dizilimine sahiptir. Karakteristik kimyasal yapı ve organizmalar üzerinde gösterdiği olumlu biyolojik etkileri sayesinde fukoksantin ile ilgili yapılan çalışmalar ve ilerlemeler her geçen gün artmaktadır. Polien zincir üzerinde bulunan allenik bağ fukoksantin karotenoidine yüksek antioksidatif aktivite kazandırmaktadır. Ayrıca antiobezite, antidiyabet, antikanser ve antienflamatuvar gibi pek çok potansiyel biyolojik aktivite gösterdiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur. Farklı kaynaklardan elde edilen fukoksantinin bu aktiviteler sayesinde gıda, kozmetik, sağlık ve akuakültür alanlarında kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Martin, 2015; Zhang vd., 2015).

Fukoksantinin tarihsel gelişimi

Fukoksantinin tarihsel süreçte ortaya çıkışı kahverengi deniz yosunlarının insanlar tarafından kullanımıyla başlamaktadır. Bu sürecin neolitik döneme dayandığı düşünülmekle birlikte yosunlar ile insanların etkileşimine dair en eski kayıtlar 1700 yıl öncesinde kaydedilmiştir. Özellikle Uzak Doğu ülkeleri başta olmak üzere pek çok bölgede beslenmede ve yem olarak kullanımda önemli bir yere sahip olan makroalgler, besin değeri ve vücut üzerindeki etkisi

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

bilinmese de uzun yıllar tüketilmiştir. Potansiyel etkilerinin ortaya çıkarılmasının ardından tarımsal uygulamalarda ve tıp alanında da önemli bileşenler haline gelmiştir. Bu süreçte fukoksantinin tanımlanması ve saflaştırılması ilk defa 1914 yılında Wilstatter ve Page tarafından gerçekleştirilmiştir. İkili denizel ortamda yaşayan kahverengi makroalglerden *Fucus*, *Dictyota* ve *Laminaria* türlerini inceleyerek fukoksantin molekülünü izole etmişlerdir ve moleküler yapısı tanımlanana kadar diğer karotenoidlerde olduğu gibi C_{40} formülasyonu ile tanımlanmıştır (Buschmann vd., 2017; Peng vd., 2011).

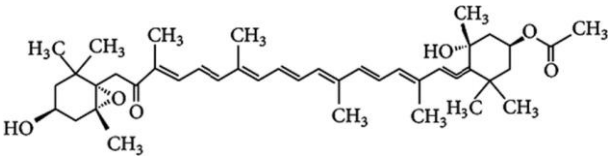
Fukoksantin molekülünün yapısını belirlemeye dair çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamıştır. Yürütülen çalışmalar sonucunda kimyasal yapısında bulunan çiftli bağlar, epoksi gruplar ve molekül zinciri ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Bugün bilinen detaylı fukoksantin yapısı ise 1990 yılında NMR analizi ile Englert ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (Englert vd., 1990; Peng vd., 2011).

İzole edilerek kimyasal yapısı tanımlanan fukoksantin molekülü ile ilgili araştırmalar bu aşamadan sonra karotenoidin sahip olduğu özellikleri, mevcut kaynaklarını ve potansiyel etkilerini ortaya çıkarmaya yönelik olmuştur. 1990 yılının sonlarına doğru yapılan bilimsel çalışmaların çoğu fukoksantinin fonksiyonel bir gıda olarak kullanılabilirliğini rapor etmiştir. Özellikle yapılan denemelerle insan sağlığı üzerine olumlu etkileri gözlenmiş ve pek çok hastalıkta önleyici ya da tedavi edici özellikleri olduğu saptanmıştır. Doğal bir ürün olması sayesinde gıdalarda renklendirici ya da katkı maddesi olarak kullanımı da potansiyel uygulama alanlarından biri olarak kaydedilmiştir. Ayrıca fukoksantin içeren ekstrelerin UV ışığa karşı cildi koruyucu etkisinin olduğu saptanmış ve böylece kozmetik sektöründe de aktif bir bileşen olarak kullanım imkânı ortaya çıkmıştır (Schneider vd., 2020; Zhang vd., 2015).

Günümüzde fukoksantin ile ilgili gelinen noktada, bu karotenoidin antiobezite ve yağ yakıcı etkileri değerlendirilerek piyasada zayıflama üzerine takviye besinler halinde satışı görülmektedir. Bu ürünlerde fukoksantin miktarı ve saflık düzeyi değişkenlik göstermekte ve buna göre satış fiyatı da farklılaşmaktadır. Ayrıca gıda sektöründe, saf fukoksantin yerine makroalglerden elde edilen fukoksantin içeriği yüksek ekstrelerin kullanımı yaygındır. Gıda üreticileri tarafından saf fukoksantin yerine ekstrenin tercih edilme sebebi, uzun süreli depolamada saflık düzeyi arttıkça oksidasyon ve bozunma risklerinin yüksek olmasıdır (Abu-Ghannam ve Shannon, 2018).

Fukoksantin yapısı

Fukoksantin ($C_{42}H_{58}O_6$) pigmentinin sistematik adlandırması (3S,3'S,5R,5'R,6S,6'R,8'R)-3,5'- dihidroksi-8-okzo-6',7'-didehidro-5,5',6,6',7,8-hekzahidro-5,6-epoksi-β,β-karoten-3'-il asetat olup moleküler yapısı polien zincir üzerinde bulunan bir allenik bağ, 9 konjuge çift bağ, bir 5,6-monoepoksit ve hidroksil, epoksi, karbonil ve karboksil gibi oksijenik fonksiyonel gruplardan oluşmaktadır (Şekil 1) (Zarekarizi vd., 2019).



Şekil 1. Fukoksantinin kimyasal yapısı (Zarekarizi vd., 2019)
Figure 1. Chemical structure of fucoxanthin (Zarekarizi vd., 2019)

Fukoksantin karotenoidi ksantofil grubuna aittir ve sahip olduğu karakteristik yapı ile neoksantin, dinoksantin, peridinin gibi diğer ksantofillerle yüksek benzerlik göstermesinin yanında β-karoten, lutein, astaksantin gibi karotenoidlere göre son derece farklı yapıdadır. Yapılan çalışmalar sonucunda kararsız kimyasal yapı dolayısıyla fukoksantin molekülünün değişen koşullara yüksek duyarlılık gösterdiği ve degradasyon, oksidasyon, izomerizasyon gibi sorunlarla karşılaşıldığı görülmüştür. Özellikle zincir üzerinde bulunan fonksiyonel gruplar nedeniyle ısı, ışık, oksijen, enzim ve diğer oksitleyici moleküller fukoksantinin hızlı bir şekilde degrade olmasına yol açmaktadır. Bu nedenle uzun süreli saklama ve depolama durumunda ortam koşulları molekülün bozunmasını engelleyecek şekilde belirlenmeli ve süreç boyunca korunmalıdır (Zhang vd., 2015; Zhao vd., 2014).

Kahverengi makroalglerde ve diatomlarda fukoksantin pigmenti, klorofil a, klorofil c ve bir apoprotein ile birlikte ışık toplayıcı kompleksi oluşturarak fotosentez için önemli bileşenlerden biri haline gelmektedir. Fukoksantin, ışığın toplanmasında klorofil a ve c'den daha geniş bir ışık spektrumunu (449-540nm) yakalar ve bu da fotosentez etkinliğini arttırır. Bu kompleks sayesinde güneş ışığı, fukoksantin tarafından toplanır ve klorofil aracılığıyla hücrelerdeki fotosentez reaksiyon merkezlerine transfer edilir (Wang vd., 2019). Fotosentetik işlevinin yanı sıra, fukoksantin-klorofil-protein kompleksinin yüksek ısı, tuzluluk, ışık ve oksidatif stres faktörlerine karşı metabolizma düzenleyici etkisi olduğu görülmüştür (Demirel vd., 2018; Dittami vd., 2010). Fukoksantinin ışık toplayıcı kompleks içerisinde yer alması saflaştırma prosesi sırasında klorofil ve proteinin uzaklaştırılması için ekstra işlem uygulanmasını gerektirmektedir. Ayrıca yüksek saflıktaki fukoksantin ile saflaştırma prosesi öncesi elde edilen ham ekstrenin özellikleri karşılaştırıldığında farklı biyolojik aktivitelere sahip oldukları görülmüştür (Xia vd., 2013).

Fukoksantin kaynakları

Fukoksantin pigmenti, yaygın olarak denizel ortamdaki kahverengi makroalglerde yüksek miktarda bulunmaktadır. Alternatif kaynak arayışı sonucunda özellikle diatomlar olmak üzere bazı mikro alglerin de yüksek fukoksantin içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Planktonlarda yapılan incelemeler sonucunda organizmaların fukoksantin içeriği Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'den görüldüğü üzere mikroalgler ideal bir fukoksantin kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle yüksek üreme hızına sahip olmaları, kısa sürede fazla miktarda biyokütle oluşumuna imkân sağlamaları, üretiminin geniş alanlara gereksinim duymaması, maliyetin düşük olması ve zengin metabolit içeriği, fukoksantin üretimi için mikroalglerin tercihini arttıran avantajlardandır.

Tablo 1. Çeşitli organizmaların fukoksantin içeriği
Table 1. Fucoxanthin contents of different organisms

Organizma	Fukoksantin miktarı (mg/g kuru ağırlık)	Referans
Myagropsis myagroides	9,01	
Dictyota coriacea	6,42	
Ecklonia cava	≈ 4	Heo vd., 2010
Sargasum coreanum	3	
Sargasum hemiphyllum	≈ 5	
Odontella aurita	13	
Himanthalia elongata	18,60	Rajauria vd., 2017
Petalonia binghamiae	3,57±0,03	Kang vd., 2012
Undaria Pinnatifida	38,50 ± 2,50	Quitain vd., 2013
Turbinaria turbinate	0,59 ± 0,08	Jaswir vd., 2012
Hisikia fusiformis	0,02 mg/g yaş ağırlık	Xia vd., 2013
Laminaria japonica	0,19 mg/g yaş ağırlık	
Cladosiphon okamuranus	0,48 ± 0,08	Mise vd., 2011
Sargasum horneri	2,12	Susanto vd., 2016
Cystoseira hakodatensis	2,01	
Alaria crassifolia	0,04	
Eisenia bicyclis	0,41	Airanthi vd., 2011
Kjellmaniella crassifolia	0,19	
Chaetoceros sp.	7,68	Suprametakorn vd., 2019
Cylindrotheca fusiformis	6,50	Wang vd., 2018
Padina tetrastromatica	0,02 mg/g yaş ağırlık	Sangeetha vd., 2010
Cylindrotheca closterium	5,23	Kim vd., 2012
Phaeodactylum tricornutum	15,33	
Phaeodactylum tricornutum	6,58-26,79	Conceiçao vd.i 2020
Isochrysis sp.	17	Crupi vd., 2013
Isochrysis galbana	6.10	Matos vd., 2019
Thisochrysis lutea	18,23	Mohamadnia vd., 2020
Nanofrustulum shiloi	3,12-7,83	Sahin vd., 2019
Nitzschia laevis	10,0-15,6	Lu vd., 2019

Fukoksantinin kullanım alanları ve piyasa analizi

Fukoksantin, ticari açıdan kullanım potansiyeli son derece yüksek olan ve gün geçtikçe piyasada satış oranı artan bir ksantofildir. Araştırmalar sonucunda bu karotenoidin, insan sağlığı üzerinde tanı ve tedavi amaçlı pek çok olumlu etkisinin var olduğu görülmüş, bu nedenle sağlık sektöründe ve ilaç sanayisinde etkili bir bileşen olabileceği kaydedilmiştir. Ayrıca gıda sektöründe boya maddesi olarak doğal renklendiricilerin kullanımı için artan ilgi dolayısıyla fukoksantin içeren ekstreler tercih edilmektedir. Son olarak akuakültürde balık yemlerinde verimi arttırmak için katkı maddesi olarak değerlendirilebileceği rapor edilmiştir. Sahip olduğu özellikler sayesinde pek çok potansiyel kullanım alanına sahip olan fukoksantin piyasası özellikle Uzak Doğu ülkelerinde çok gelişmiştir. Bu bölgelerde makroalg yetiştiriciliği ve bu alglerin ekstraksiyonu ile elde edilen fukoksantinlerin satışı yüksek pazar payına sahiptir. Mikroalg kullanımıyla ticari fukoksantin üretimi alternatif bir yöntem olarak göz önünde bulundurulsa da üretimi henüz çok yaygın değildir. Üreticiler genel olarak fukoksantini kapsül ya da toz halinde piyasaya sunmaktadır. Global markette yer edinmiş bazı fukoksantin üreticileri Tablo 2'de gösterilmektedir (Abu-Ghannam vd., 2017; Gammone vd., 2015; Zhang vd., 2015)

Tablo 2'den de görüldüğü üzere dünyadaki fukoksantin piyasasının büyük çoğunluğu Çin'de yer almaktadır. Yüksek saflığa sahip fukoksantin piyasada gramı en az 9000 € olarak satışa sunulmaktadır. Bunun aksine fukoksantin içeren ekstraktların satış fiyatı 40-240 €/g olarak saf fukoksantinden bir hayli düşüktür. Yüksek saflıktaki fukoksantinin hem elde edilmesi zor hem de pek çok alanda yüksek yarar sağlaması nedeniyle fiyatındaki artış normal bir durumdur (Perez-Lopez vd., 2014).

Tablo 2. Fukoksantin üreten şirketler ve ülkelere göre dağılımı (Joel, 2016)
Table 2. Fucoxanthin manufacturers and their distrubition (Joel, 2016)

Şirket adı	Fukoksantin kaynağı	Ülke
Oryza Oil & Fat Chemical Co. Ltd.	*Laminaria Japonica*	Japonya
PoliNat SL	*Laminaria Japonica*	İspanya
Agrochemi Co. Ltd.	Deniz yosunu	Japonya
Amicogen	Deniz yosunu	Güney Kore
Changsha Vigorous-Tech Co. Ltd.	*Laminaria Japonica- Undaria pinnatifida*	Çin
Beijing Ginko Group	*Laminaria japonica- Cladosiphonokamuranus*	Çin
Xian Rongsheng Biotechnology Co., Ltd.	Deniz yosunu	Çin
3w Botanical Extract Inc.	Deniz Yosunu	Çin
AHD International, LLC	Deniz Yosunu	U.S.A
DaXingAnLing Koralle Bioengineering Co., Ltd.	*Undaria pinnatifida*	Çin
Naturalin Bio-Resources Co., Ltd	*Undaria pinnatifida*	Çin
Nutra Green Biotechnology Co., Ltd	*Laminaria japonica*	Çin
AlgaNovo International Co., Ltd	Mevcut değil.	Çin
Siena Naturals	Kahverengi makroalg	U.S.A
Yigeda Bio Technology Co., Ltd	Deniz yosunu	Çin
Shaanxi Ciyuan Biotech Co., Ltd	Mevcut değil.	Çin
Ningbo Tianhong Biotech Co., Ltd	Deniz yosunu	Çin
AlgaHealth	Mikroalg	İsrail
Shandong Jiejing Group Corporation	Mevcut değil.	Çin
Algatech	*Phaeodactylum tricornutum*	İsrail

Fukoksantinin insan sağlığı üzerine etkisi

Yapılan çalışmalar ile fukoksantinin sağlık üzerinde pek çok pozitif etkiye sahip olduğu görülmüştür. Bu olumlu etkilerden bazıları; antioksidan, anti-obezite, anti-enflamatuar, diyabet riskini azaltıcı, antikanser, yaşlanmayı önleyici ve sinir hücrelerini koruyucu gibi etkilerdir. Görülen pozitif sonuçlar ve yan etkilerinin minimum olması neticesinde fukoksantin sağlık ve ilaç sektörlerinde uygulanma potansiyeli bulunan bir bileşendir. Günümüzde fukoksantinin antiobezite ve yağ yakıcı etkileri değerlendirilerek kilo kontrolünü amaçlayan takviye ürünler yurt dışındaki eczanelerde ve internet üzerinden satılmaktadır. Ancak bu karotenoidin insanlar üzerindeki pozitif/negatif etkilerini inceleyen klinik çalışmalar hala devam etmektedir ve FDA (US Food and Drug Administration) tarafından ilaçlarda etken madde olarak kullanımı henüz onaylanmamıştır (Abu-Ghannam vd., 2017; Peng vd., 2011).

Fukoksantinin antioksidan etkisi

Oksidatif stres, enerji dönüşümü sırasında oksijenin iki elektrondan birinin ayrılması ve oksijenin de elektron ihtiyacını başka bir molekülden karşılamasıyla oluşan oksidatif zarar olarak tanımlanabilir. Bu durum serbest radikallerin üretimi ile vücudun bu radikalleri nötralize edebilmesi arasındaki denge bozulduğu zaman görülmektedir. Antioksidanlar ise etraftaki serbest radikalleri süpürüp uzaklaştırarak ya da singlet oksijenleri söndürerek oksidatif strese karşıt etki eden güçlü moleküllerdir. Oksidatif stresin yüksek olduğu ateroskleroz, Parkinson ve Alzheimer hastalıkları, akut miyokart enfarktüsü, kronik yorgunluk sendromu ve fibromiyalji rahatsızlıklarında antioksidan kullanımı son derece önemlidir (Nahar vd., 2017).

Fukoksantin sahip olduğu moleküler yapısı sayesinde diğer pek çok karotenoidden çok daha etkili bir antioksidandır. Andioksidatif etkinin molekül yapısındaki konjuge çift bağlar ile doğru orantılı olarak arttığı bilinmektedir. Fukoksantinin antioksidan aktivitesini singlet oksijenleri söndürerek, serbest radikalleri süpürerek ve Na^+K^+-ATPaz enzimini inhibe edip katalaz ve glutatyon transferaz enzimini uyararak gerçekleştirdiği görülmüştür. Na^+K^+-ATPaz enzimininin inhibisyonu ve glutatyon transferaz enziminin artışının lipid peroksidasyonunu önlediği yapılan bazı çalışmaların sonuçlarındandır (D'Orazio vd., 2012; Peng vd., 2011). Fukoksantin pigmentinin antioksidan olarak en karakteristik özelliklerinden birisi anoksik koşullarda da antioksidatif etki gösterebilmesidir. Hayvan hücre hatlarının çoğu düşük oksijen konsantrasyonuna maruz bırakıldığından fukoksantin bu çalışmalar için ideal bir antioksidan haline gelmektedir. Ayrıca çoğu antioksidan protein verici iken, fukoksantin elektron kaynağı olarak rol alıp serbest radikaller üzerinde yüksek etki göstermektedir. Etkili olduğu bilinen serbest radikal türlerinden bazıları; DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil), 12 - DS (12 – doksil - stearik asit), AAPH (2,2' – azo – bis - (2 - amidinopropan)dihidroklorid), ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiyazolin-6-sülfonat) ve ABAP (2,2'-azo-bis-2-amidinopropan) olarak sayılabilir (Raposo vd., 2015; Zhang vd., 2015). Çeşitli araştırmacılar tarafından gerçekleştirilen *in vivo* çalışmalarda, fukoksantinin fare ve hamsterlar üzerindeki antioksidan aktivitesi başarılı bir şekilde ortaya konmuştur (Kong vd., 2019; Wang vd., 2020).

Fukoksantinin anti-obezite etkisi

Dünya çapında yaygın bir problem olan uzun süreli dengesiz yağ tüketimi, iç organlarda yağın birikimine yol açarak bireyde obezite, diyabet, hipertansiyon ve en nihayetinde kalp-damar hastalıklarına yol açabilmektedir. Obeziteye karşı etkili tedavi yöntemi arayışı uzun süredir devam etmekte olup bu çalışmalar sırasında fukoksantinin yağ yakma özelliği farklı canlılar üzerinde incelenmiştir. Fukoksantinin etki mekanizması plazmatik ve hepatik trigliseritlerin konsantrasyonunu düşürmek ve 3-hidroksi-3-metilglutaril koenzim A redüktaz ve açil-koenzim A gibi kolesterol düzenleyici enzimlerin aktivitesini azaltmak şeklinde gerçekleşmektedir. Pek çok çalışmada çok düşük dozlarda bile fukoksantin alımının vücut ağırlığını, yağ birikimini, organlarda görülen yağlanmayı, beyaz adipoz dokulardaki ağırlaşmayı azalttığı görülmüştür. Ayrıca fukoksantinin vücuttaki lipid metabolizmasını düzenleyici genin ekspresyonunu da etkilediği bilinmektedir. Fukoksantinin farelerde hepatik asetilkoa karboksilaz (ACC), yağ asidi sintazı (FAS), glikoz-6-fosfat dehidrojenaz (G6PDH) ve açil-KoA kolesterol açiltransferaz (ACAT) gibi enzimlerin ekspresyon mekanizmasına etki ederek yağ birikimini azalttığı çeşitli çalışmalarla desteklenmiştir. Bunlar dışında obezitede etkili olan UCP1 proteini üzerine fukoksantinin etkisi de araştırmalar arasındadır. Bu protein herhangi bir uyaran olmadığı sürece eksprese olmamaktadır ve üretildiğinde ısı şeklinde kimyasal enerji açığa çıkarmaktadır. Fukoksantin varlığında UCP1 proteininin ekspresyonu uyarılmaktadır ve protein beyaz adipoz dokularda birikerek ısıyı arttırmaktadır. Bu da yağ asitlerinin yüksek ısıda okside olmasıyla sonuçlanmaktadır (Gammone ve D'Orazio, 2015; Heo vd., 2010; Jaswir vd., 2012; Peng vd., 2011). Fukoksantinin antiobezite etkisi üzerine yapılan çalışmalar moleküler laboratuvar deneylerinden daha ileri aşamaya ulaşmış ve araştırmacılar tarafından obez bireyler üzerinde klinik denemeler yürütülmüştür. Bu çalışmalarda fukoksantinin obeziteye karşı etkili bir bileşen olduğu kanıtlanmış ve ticarileşme yolunda önemli adımlar atılmıştır (Miyashita vd., 2020).

Fukoksantinin antienflamatuar etkisi

İnflamasyon, hücre ve dokuların zarar görmesi halinde patojene karşı savunma mekanizmasının devreye girmesiyle oluşan tepkidir. Enflamatuar hastalıklara karşı direnç oluşturmada vücutta makrofajların rolü yüksektir. Makrofajlar tarafından yüksek miktarlarda üretilen interlökin-1β (IL-1β), IL-6, tümör nekroz faktörü (TNF-α) gibi sitokinler ve reaktif oksijen türleri (ROS), nitrik oksit (NO) ve prostaglandin E_2 (PGE_2) gibi inflamatuar mediatörler önemli bileşenlerdir. Anti-inflamatuvar moleküller, inflamatuvar cevabın oluşumunda etkili olan bu sitokinlerin ve mediatörlerin salınımını baskılayarak inflamatuvar cevabı azaltmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda fukoksantinin NO, PGE_2, IL-1β, TNF-α ve IL-6 moleküllerinin üretimini baskılamada etkili olduğu görülmüştür (Heo vd., 2010; Irvani vd., 2018). Farelerle yapılan diğer bir çalışmada fukoksantinin enflamasyon ve alerjik reaksiyonlarda önemli rol oynayan mast hücrelerinin degranülasyonunu baskılayarak antienflamatuar etki yaratmıştır (Sakai vd., 2011).

Fukoksantinin anti-diyabetik etkisi

Fukoksantin karotenoidi diyabet üzerine farklı mekanizmalar üzerinden etki göstermektedir. Diyabet, genetik unsurlar ve obezite ile ilişkilidir ve her geçen gün dünyadaki en yaygın hastalıklar arasında yerini almaktadır. Obez bireylerde aşırı enerji alımı ve lipid birikimi insülin direncinin artmasına ve diyabetin görülmesine sebep olmaktadır. Fukoksantinin diyabet hastaları tarafından alımıyla kilo kaybında artış görülmesi ve beyaz adipoz dokuların (WAT) azalması karotenoidin anti-diyabetik etkisini göstermektedir. WAT yapıları enerjinin depolandığı ve TNF-α, IL-6, MCP-1 gibi adipokinlerin salgılandığı dokulardır. Bu adipokinler glikoz intoleransını ve yüksek kan basıncını desteklemektedir. Fukoksantin verilen diyabet hastası ve obez sıçanlarda adipokinlerin salgılanmasında normalden tam tersi bir mekanizma uyarılarak insülin direnci oluşturulmuş ve kan şekeri düşürülmüştür. Bu etki dışında fukoksantin, kas hücrelerinin membranlarında bulunan ve glikoz kullanımı ile bağlantılı olan glikoz taşıyıcı 4(GLUT 4) proteinin işlevini düzenleyerek diyabet tedavisinde etkili olmaktadır (Jaswir vd., 2012; Maeda, 2015). Bu mekanizmalara ek olarak, fukoksantinin insan sağlığı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda anti-diyabetik aktivitenin ortaya konduğu çok çeşitli metabolik süreçler rapor edilmiştir (Sathasivam ve Ki, 2018).

Fukoksantinin anti-kanser etkisi

Çağımızın hastalığı olan kanserin tedavisinde yaygın olarak kemoterapi kullanılmaktadır ancak gerek hastalığın tekrarlama riski gerekse kemoterapinin yan etkileri dolayısıyla farklı tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine dair çalışmalar sürdürülmektedir. Yürütülen çalışmalar sonucunda anti-tümörijenik etki gösteren fukoksantin molekülünün kanser hücreleri üzerine etkisinde birkaç farklı metabolizma söz konusudur. Temelde fukoksantinin anti-kanser aktivitesi, kanser hücrelerinin apoptozunu uyarmasına dayanmaktadır ve en bilinen örnek olarak HL-60 promyelositik lösemi hücre hattında bu etki kanıtlanmıştır (Peng vd., 2011). Bunun yanında fukoksantin uygulamasıyla kanser hücrelerinin yaşam döngülerinin engellenmesi ve metastazın baskılanması gibi etkilere de sahip olduğu gözlenmiştir. Bu alanda yapılan araştırmalar sonucunda GOTO, HL-60, Caco-2, HepG-2, Neuro2a, DU145, PEL, PC-3, HeLa, H1299, HT-29, DLD-1 gibi çeşitli kanser hücre hatlarında fukoksantin karotenoidinin hücre çoğalmasını baskıladığı ve böylece hastalığın ilerleyişini durdurduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kanser hücrelerinin yaşam döngülerinin engellenmesinde fukoksantin, çoğunlukla hücre döngüsünün G_0/G_1 fazlarında hücreler arası iletişimi sağlayan boşlukları genişleterek kalsiyum iyonlarının artması ve apoptozun uyarılması

şeklinde etki etmektedir. Bu alanda dikkat çeken önemli bir nokta fukoksantinin hücre apoptozu amacıyla kanser hastalarına verildikten sonra metaboliti olan fukoksantinole dönüşerek etkinliğini arttırdığı belirlenmiştir. Yani kanser hücrelerinin programlı ölümünün uyarılması için fukoksantinden çok metaboliti fukoksantinolün potansiyeli daha yüksektir. Yapılan çalışmalar ile fukoksantinin lösemi, kolon, prostat ve akciğer kanserlerinde etkili olduğu görülmüştür (Jaswir vd., 2012; Kumar vd., 2013; Paduaa vd., 2015; Takahashi vd., 2015).

Fukoksantinin kardiovasküler sisteme etkisi

Kalp ve damar hastalıklarının altında yatan temel risk faktörlerinden biri vücuttaki lipid profili ve yüksek kolesterol konsantrasyonlarıdır. Fukoksantin, karaciğerdeki dokosaheksaenoik asit (DHA) miktarını arttırarak lipid metabolizmasını düzenlemekte ve kardiyovasküler sistemin zarar görme riskini düşürmektedir. Ayrıca yüksek fukoksantin içeriğine sahip deniz yosunlarından biri olan Wakame'nin fareler üzerindeki etkisi incelenmiş ve serebrovasküler hastalıkların önlenmesinde olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir (Zhang vd., 2015).

Fukoksantinin karaciğer koruyucu etkisi

Yapılan çeşitli çalışmalar, fukoksantinin karaciğeri koruyucu etkisini; yağ asitlerinin oksidasyonunu arttırması ve karaciğerdeki lipid metabolizmasını düzenleyen enzimlerin aktivitesini düzenleyerek yağ miktarını azaltmasıyla ilişkilendirmiştir. Bu aktivitelere ek olarak fukoksantinin DHA miktarını arttırarak lipid metabolizmasına etki ettiği kaydedilmiştir. DHA, biyolojik sistemler için önemli bir çoklu doymamış yağ asididir ve karaciğerde yağ asitlerinin β-oksidasyonunu uyararak lipid birikimini engellemektedir (Zarekarizi vd., 2019).

Fukoksantinin gıda sektöründe kullanımı

Uzun yıllar boyunca özellikle Uzak Doğu ülkelerinde fukoksantin karotenoidi, yenilebilir deniz yosunlarının besinsel amaçla kullanımı sayesinde dolaylı olarak tüketilmiştir. Fukoksantin molekülünün gıdalarda kullanımına dair çalışmalar ise son dönemlerde hız kazanmıştır ancak henüz piyasada saf fukoksantin içeren besin ürünleri bulunmamaktadır. Bunun temel sebebi fukoksantinin makro ve mikro alglerde klorofil ve bazı proteinlerle bağlanmış durumda olması ve bu moleküllerden fukoksantinin saflaştırılması halinde stabilite sorunlarının ortaya çıkmasıdır. Bu yüzden yüksek saflıktaki fukoksantin yerine fukoksantin içeren ham ekstrelerin gıda katkısı olarak kullanımına dair çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda fukoksantinin içeceklerde, kapsül ya da tablet şeklinde, şeker, çikolata ve sakızlarda kullanımı denenmiştir. Ogurayayamamoto Corporation (Japonya) tarafından fukoksantin içeren krem peynir, tart, mısır patlağı ve ekmeğin ticari olarak üretimine rastlanmaktadır. Bu ürünlerde fukoksantin kullanımıyla doğal renklendirmenin sağlanması ve sahip olduğu biyolojik aktiviteler göz önünde bulundurularak tüketicilere yarar sağlanması amaçlanmaktadır (Oryza Oil & Fat Chemical Co., Ltd, 2008; Prabhasankar vd., 2009; Xia vd., 2013). Yakın zamanda yürütülen çalışmalarda karides ezmesi ve sosis içerisine ilave edilen fukoksantin ekstresi ile doğal renklendirme sağlanmış ve depolama sürecinde ürünlerin koku, tat ve dokusunda farklılıklar meydana geldiği gözlenmiştir (Aditya vd., 2020; Zahrah vd., 2020)

Fukoksantinin kozmetik sektöründe kullanımı

Fukoksantinin sağlık alanındaki çeşitli aktivitelerinin yanında cilt koruyucu etkiye sahip olduğu yapılan araştırmalar sonucu ortaya konmuştur. Urikura ve arkadaşları tarafından farelerle gerçekleştirilen bir çalışmada, fareler UV ışınına maruz bırakılarak fukoksantinin etkisi gözlemlenmiştir. UV uygulamadan önce farelerin derisine çok düşük dozlarda fukoksantin uygulanmış ve ışığa maruz bırakıldıktan sonra 10 hafta boyunca izlenmiştir. Fukoksantin uygulanmayan farelerde yüksek çil oluşumu ve yaşlanma belirtileri görülürken fukoksantin uygulanan farelerde çil oluşumunun baskılandığı ortaya çıkmıştır. Bu sonucun fukoksantinin antioksidatif ve antianjiyogenik etkisi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Buna benzer çalışmalar sonucunda fukoksantin kozmetik alanında kullanılmaya başlanmış ve özellikle anti-aging kremlerde ve jellerde yaşlanmayı önlemek, ciltteki yara ve ameliyat izi gibi istenmeyen durumları yok etmek için değerlendirilmektedir (Joshi vd., 2018; Urikura vd., 2011). Bu kapsamda, Lee ve Nam (2020) tarafından yapılan çalışmada farklı konsantrasyonda fukoksantin içeren güneş koruyucu krem, losyon ve katı lipid nanopartiküller (SLN) geliştirilmiş ve fukoksantin içerikli nanopartiküllerin krem ve losyonlara göre daha yüksek koruyucu aktivite gösterdikleri belirtilmiştir.

SONUÇ

Artan nüfus, azalan doğal kaynaklar ve sağlıklı beslenme kavramının yükselen bir hızla gelişmesiyle doğal ürünlere olan talep ve bu alandaki çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Alglerden elde edilen metabolitler sahip oldukları karakteristik özellikler sayesinde pek çok kullanım alanında değerlendirilmektedir. Bu metabolitlerden fukoksantin karotenoidi çeşitli mikro/makro alglerden elde edilen yüksek değere sahip bir üründür ve potansiyel biyolojik aktiviteleri sayesinde büyük ilgi görmektedir.

Özellikle Uzak Doğu ülkelerinde yenilebilir kahverengi deniz yosunlarından fukoksantin üretimi çok uzun zaman öncesine dayanmaktadır. Son zamanlarda yürütülen araştırmalarda ise makroalglere alternatif olarak mikroalglerin kullanımı söz konusudur. Böylece ekolojik dengenin sürdürülebilirliği ve yüksek miktarda fukoksantinin kısa sürelerde üretimi amaçlanmaktadır.

Fukoksantin karotenoidinin biyoteknolojik çalışmalarda popüler olmasının temel sebebi çok çeşitli ve etkili biyolojik aktivitelere sahip olmasıdır. Bu aktivitelerden bazıları antiobezite, antidiyabetik, antienflamatuvar, antikanser ve kardiyovasküler sistemi koruyucu etkilerdir. Şu an için yapılan çalışmalar hayvan hücre hatları ve fareler ile sınırlı olsa da elde edilen sonuçlar insanlar için kullanımına dair güçlü bir altyapı oluşturmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, ES1408 COST aksiyonu kapsamında olup Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TUBİTAK) 115M014 proje kapsamında finansal olarak desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Abu-Ghannam, N. & Shannon, E. (2017). Seaweed Carotenoid, Fucoxanthin, as Functional Food, in V. K. Gupta, H. Treichel, V. Shapaval, L. Antonio de Oliveira and M. G. Tuohy (Eds.), *Microbial Functional Foods and Nutraceuticals*, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK.pp.39-64

Aditya, N.W., Amin, M.N.G. & Alamsjah, M.A. (2020). The effect of fucoxanthin as coloring agent on the quality of catfish sausage. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441: 012080.

Airanthi, M.K.W., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2011). Comparative antioxidant activity of edible japanese brown seaweeds. *Journal of Food Science*, 76(1), 104-111. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01915.x

Buschmann, A.H., Camus, C., Infante, J., Neori, A., Israel, A., Hernández-González, M.C., Pereda, S.V., Gomez-Pinchetti, J.L., Golberg, A., Tadmor-Shalev, N. & Critchley, A.T. (2017). Seaweed production: overview of the global state of exploitation, farming and emerging research activity. *European Journal of Phycology*, 52(4), 391-406. DOI: 10.1080/09670262.2017.1365175

Conceição, D., Lopes, R.G., Derner, R.B., Cella, H., Barbosa do Carmo, A.P., D'Oca, M.G.M., Petersen, R., Passos, M.F., Vargas, V.J.C., Galli-Terasawa, L.V. & Kava, V. (2020). The effect of light intensity on the production and accumulation of pigments and fatty acids in *Phaeodactylum tricornutum*. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1017-1025. DOI: 10.1007/s10811-019-02001-6

Crupi, P., Toci, A.T., Mangini, S., Wrubl, F., Rodolfi, L., Tredici, M.R., Coletta, A. & Antonacci, D. (2013). Determination of fucoxanthin isomers in microalgae (*Isochrysis sp.*) by high-performance liquid chromatography coupled with diode-array detector multistage mass spectrometry coupled with positive electrospray ionization, *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 27(9), 1027-1035. DOI: 10.1002/rcm.6531

D'Orazio, N., Gemello, E., Gammone, M.A., Girolamo, M., Ficoneri, C. & Riccioni, G. (2012). Fucoxantin: A treasure from the sea. *Marine Drugs*, 10, 604-616. DOI: 10.3390/md10030604

Demirel, Z., Tok, R., İlter, I., Akyıl, S., Erdoğan, A., Koç, M., Kaymak Ertekin, F. & Conk Dalay, M. (2018). Biyokütle için mikroalg ve siyanobakteri'nin büyük ölçekli üretimi. *Aquatic Research*, 1(2), 64-76. DOI: 10.3153/AR18008

Dittami, S.M., Michel, G., Collen, J., Boyen, C. & Tonon, T. (2010). Chlorophyll-binding proteins revisited - a multigenic family of light-harvesting and stress proteins from a brown algal perspective. BMC Evolutionary Biology, 10, 365. DOI: 10.1186/1471-2148-10-365

Englert, G., Bjornland, T. & Liaaen-Jensen, S. (1990). 1D and 2D NMR study of some allenic carotenoids of the fucoxanthin series. *Magnetic Resonance in Chemistry*, 28, 519-528.

Gammone, M.A. & D'Orazio, N. (2015). Anti-obesity activity of the marine carotenoid fucoxanthin. *Marine Drugs*, 13, 2196-2214. DOI: 10.3390/md13042196

Gammone, M.A., Riccioni, G. & D'Orazio, N. (2015). Marine carotenoids against oxidative stress: Effects on human health. *Marine Drugs,* 13, 6226-6246. DOI: 10.3390/md13106226

Heo, S.J., Yoon, W.J., Kim, K.N., Ahn, G.N., Kang, S.M., Kang, D.H., Affan, A., Oh, C., Jung, W.K. & Jeon, Y.J. (2010) Evaluation of anti-inflammatory effect of fucoxanthin isolated from brown algae in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48, 2045–2051. DOI: 10.1016/j.fct.2010.05.003

Irvani, N., Hajiaghaee, R. & Zarekarizi, A.R. (2018). A review on biosynthesis, health benefits and extraction methods of fucoxanthin, particular marine carotenoids in algae. *Journal of Medicinal Plants*, 17(67).

Jaswir, I., Noviendri, D., Salleh, H.M., Taher, M., Miyashita, K. & Ramli, N. (2012). Analysis of fucoxanthin content and purification of all-trans-fucoxanthin from *Turbinaria turbinata* and *Sargassum plagyophyllum* by SiO_2 open column chromatography and reversed phase-HPLC. *Journal of Liqiud Chromatography & Related Technology*, 36, 1340–1354. DOI: 10.1080/10826076.2012.691435

Joel, J. (2016). Global fucoxanthin market 2016 industry trends, sales, supply, demand, analysis and forecast to 2021, Analysis and Forecast. New York.

Joshi, S., Kumari, R. & Upasani, V.N. (2018). Applications of algae in cosmetics: An overview, *International Journal of Innovvative Research in Science, Engineering and Technology*, 7(2), 1269-1278. DOI: 10.15680/IJIRSET.2018.0702038

Kang, S.I., Shin, H.S., Kim, H.M., Yoon, S.A., Kang, S.W., Kim, J.H., Ko, H.C. & Kim SJ. (2012). *Petalonia binghamiae* extract and its constituent fucoxanthin ameliorate high-fat diet-induced obesity by activating AMP-activated protein kinase. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 60, 3389−3395. DOI: 10.1021/jf2047652

Kim, S.M., Jung, Y.J., Kwon, O.H., Cha, K.H., Um, B.H., Chung, D. & Pan, C.H. (2012). A potential commercial source of fucoxanthin extracted from the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 166, 1843–1855. DOI: 10.1007/s12010-012-9602-2

Kong, Z.-L., Sudirman, S., Hsu, Y.-C., Su, C.-Y. & Kuo, H.-P. (2019). Fucoxanthin-Rich Brown Algae Extract Improves Male Reproductive Function on Streptozotocin-Nicotinamide-Induced Diabetic Rat Model. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(18), 4485. DOI: 10.3390/ijms20184485

Kumar, S.R., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2013). Fucoxanthin: A marine carotenoid exerting anti-cancer effects by affecting multiple mechanisms. *Marine Drugs,* 11(12), 5130-5147. DOI: 10.3390/md11125130

Lee, Y.-J. & Nam, G.-W. (2020). Sunscreen Boosting Effect by Solid Lipid Nanoparticles-Loaded Fucoxanthin Formulation. *Cosmetics*, 7(1), 14. DOI: 10.3390/cosmetics7010014

Lu, X., Liu, B., He, Y., Guo, B., Sun, H. & Chen, F. (2019). Novel insights into mixotrophic cultivation of *Nitzschia laevis* for co-production of fucoxanthin and eicosapentaenoic acid. *Bioresource Technology*, 294, 122145. DOI: 10.1016/j.biortech.2019.122145

Maeda, H. (2015). Nutraceutical effects of fucoxanthin for obesity and diabetes therapy: A review, *Journal of Oleo Sciences*, 64(2), 125-132. DOI: 10.5650/jos.ess14226

Martin, L.J. (2015). Fucoxanthin and its metabolite fucoxanthinol in cancer prevention and treatment. *Marine Drugs*, 13(8), 4784-4798. DOI: 10.3390/md13084784

Matos, J., Cardoso, C., Gomes, A., Campos, A.M., Fale, P., Afonso, C. & Bandarra, N.M. (2019). Bioprospection of *Isochrysis galbana* and its potential as a nutraceutical. Food & Function, 10, 7333. DOI: 10.1039/c9fo01364d

Mise, T., Ueda, M. & Yasumoto, T. (2011) Production of fucoxanthin-rich powder from *Cladosiphon okamuranus*. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 3(1), 73-76.

Miyashita, K., Beppu, F., Hosokawa, M., Liu, X. & Wang, S. (2020) Bioactive significance of fucoxanthin and its effective extraction. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 26, 101639. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101639

Mohamadnia, S., Tavakoli, O., Faramrzi M.A. & Shamsollahi, Z. (2020). Production of fucoxanthin by the microalga *Tisochrysis lutea*: A review of recent developments. *Aquaculture*, 516, 734637. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734637

Nahar, M., Hasan, W., Rajak, R. & Jat, D. (2017). Oxidative Stress And Antioxidants: An Overview, *International Journal of Advanced Research and Review*, 2(9), 110-119.

Oryza Oil & Fat Chemical Co., Ltd. (2008). Fucoxanthin dietary ingredient for prevention of metabolic syndrome, antioxidation and cosmetics, Product Cataloug. Alıntılanma adresi: http://www.oryza.co.jp/pdf/english/Fucoxanthin_1.0.pdf (02.12.2019)

Páduaa, D., Rochaa, E., Gargiuloa, D. & Ramosa, A.A. (2015). Bioactive compounds from brown seaweeds: Phloroglucinol, fucoxanthin and fucoidan as promising therapeutic agents against breast cancer. *Phytochemistry Letters*, 14, 91–98. DOI: 10.1016/j.phytol.2015.09.007

Peng, J., Yuan, J.P., Wu, C.F. & Wang, J.H. (2011). Fucoxanthin, a marine carotenoid present in brown seaweeds and diatoms: Metabolism and bioactivities relevant to human health. *Marine Drugs*, 9(10), 1806-1828. DOI: 10.3390/md9101806

Perez-Lopez, P., Balboa, E.M., Gonzalez-Garcia, S., Dominguez, H., Feijoo, G. & Moreira, T. (2014). Comparative environmental assessment of valorization strategies of the invasive macroalgae *Sargassum muticum*. *Bioresource Technology*, 161, 137–148. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.03.013

Prabhasankar, P., Bhaskar, N., Hirose, A., Stephen, N., Growda, L.R., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2009). Edible Japanese seaweed, wakame (*Undaria pinnatifida*) as an ingredient in pasta: Chemical, functional and structural evaluation. *Food Chemistry*, 115, 501–508 p. DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.12.047

Quitain, A.T., Kai, T., Sasaki, M. & Goto, M. (2013). Supercritical Carbon dioxide extraction of fucoxanthin from *Undaria pinnatifida*. *Journal of Agricultural Food and Chemistry*, 61, 5792−5797. DOI: 10.1021/jf400740p

Rajauria, G., Foley, B. & Abu-Ghannama, N. (2017). Characterization of dietary fucoxanthin from *Himanthalia elongata* brown seaweed. *Food Research International*, 99(3), 995-1001. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.09.023

Raposo, M.F.J., Morais, A.M.M.B. & Morais, R.M.S.C. (2015). Carotenoids from marine microalgae: A valuable natural source for the prevention of chronic diseases. Marine Drugs, 13, 5128-5155. DOI: 10.3390/md13085128

Sahin, M.S., Khazi, M.I., Demirel, Z. & Conk Dalay, M. (2019). Variation in growth, fucoxanthin, fatty acids profile and lipid content of marine diatoms *Nitzschia sp*. and *Nanofrustulum shiloi* in response to nitrogen and iron. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 19, 390-398. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.12.023

Sakai, S., Sugawara, T. & Hirata, T. (2011). Inhibitory effect of dietary carotenoids on dinitrofluorobenzene-induced contact hypersensitivity in mice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 75, 1013 – 1015. DOI: 10.1271/bbb.110104

Sangeetha, R.K., Bhaskar, N., Divakar, S. & Baskaran, V. (2010). Bioavailability and metabolism of fucoxanthin in rats: structural characterization of metabolites by LC-MS (APCI). *Molecular and Cellular Biochemistry*, 333, 299–310. DOI: 10.1007/s11010-009-0231-1

Sathasivam, R. & Ku, J.-S. (2018). A Review of the Biological Activities of Microalgal Carotenoids and Their Potential Use in Healthcare and Cosmetic Industries. *Marine Drugs*, 16(1), 26. DOI: 10.3390/md16010026

Schneider, G., Figueroa, F.L., Vega, J., Chaves, P., Alvarez-Gomez, F., Korbee, N. & Bonomi-Barufi, J. (2020). Photoprotection properties of marine photosynthetic organisms grown in high ultraviolet exposure areas: Cosmeceutical applications. *Algal Research*, 49, 101956. DOI: 10.1016/j.algal.2020.101956

Suprametokorn, W., Meksumpun, S., Ichimi, K., Thawonsode, N. & Veschasit, O.-I. (2019). Potential fucoxanthin production from a marine diatom. Journal of Fisheries and Environment, 43(3), 1-10.

Susanto, E., Fahmi, A.S., Abeb, M., Hosokawa, M. & Miyashita, K. (2016). Lipids, fatty acids, and fucoxanthin content from temperate and tropical brown seaweeds. *Aquatic Procedia*, 7, 66 – 75. DOI: 10.1016/j.aqpro.2016.07.009

Takahashi, K., Hosokawa, M., Kasajima, H., Hatanaka, K., Kudo, K., Shimoyama, N. & Miyashita, K. (2015). Anticancer effects of fucoxanthin and fucoxanthinol on colorectal cancer cell lines and colorectal cancer tissues. *Oncology Letters*, 10, 1463-1467. DOI: 10.3892/ol.2015.3380

Urikura, I., Sugawara, T. & Hirata, T. (2011). Protective effect of fucoxanthin against UVB induced skin photoaging in hairless mice. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 75(4), 757-760. DOI: 10.1271/bbb.110040

Wang, H., Zhang, Y., Chen, L., Cheng, W. & Liu, T. (2018). Combined production of fucoxanthin and EPA from two diatom strains *Phaeodactylum tricornutum* and *Cylindrotheca fusiformis* cultures. *Bioprocess and Biosystem Engineering*, 41, 1061. DOI: 10.1007/s00449-018-1935-y

Wang, W., Zhao, S., Pi, X., Kuang, T., Sui, S.-F. & Shen, J.-R. (2019). Structural features of the diatom photosystem II–light-harvesting antenna complex. *The FEBS Journal*, 287, 2191-2200. DOI: 10.1111/febs.15183

Wang, P.-T., Sudirman, S., Hsieh, M.-C., Hu, J.-Y. & Kong, Z.-L. (2020). Oral supplementation of fucoxanthin-rich brown algae extract ameliorates cisplatin-induced testicular damage in hamsters. *Biomedicine & Pharmacotheraphy*, 125, 109992. DOI: 10.1016/j.biopha.2020.109992

Xia, S., Wang, K., Wan, L., Li, A., Hu, Q. & Zhang, C. (2013). Production, Characterization, and Antioxidant Activity of Fucoxanthin from the Marine Diatom *Odontella aurita*. *Marine Drugs*, 11, 2667-2681. DOI: 10.3390/md11072667

Zahrah, Z., Amin, M.N.G. & Alamsjah, M.A. (2020). The effect of fucoxanthin as coloring agent on the quality of Shrimp Paste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441, 012079.

Zarekarizi, A., Hoffmann, L. & Burritt, D. (2019). Approaches for the sustainable production of fucoxanthin, a xanthophyll with potential health benefits. *Journal of Applied Phycology*, 31(1), 281-299. DOI: https://doi.org/10.1007/s10811-018-1558-3

Zhang, H., Tang, Y., Zhang, Y., Zhang, S., Qu, J., Wang, X., Kong, R., Han, C. & Liu, Z. (2015). Fucoxanthin: A promising medicinal and nutritional ingredient. *Evidence-Based Complementary Alternative Medicine*, 2015, 723515. DOI: 10.1155/2015/723515

Zhao, D., Kim, S., Pan, C. & Chung, D. (2014). Effects of heating, aerial exposure and illumination on stability of fucoxanthin in canola oil. *Food Chemistry*, 145, 505–513. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.08.045

http://www.egejfas.org
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 38(1), 125-134 (2021)

Su Ürünleri Dergisi (2021)
DOI: 10.12714/egejfas.38.1.16

DERLEME REVIEW

Balıklarda bağışıklık sistemi, mukozal bağışıklıklık ve IL-1β, IL-18 ve TNF-α proenflamatuvar sitokinlerinin işlevleri

Fish immune system, mucosal immunity and functions of IL-1β, TNF-α and IL-18 proinflammatory cytokines

Serdar Kilercioğlu

Biyoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, Çukurova Üniversitesi, 01130, Sarıçam, Adana, Turkey https://orcid.org/0000-0001-5288-0781

skilercioglu@cu.edu.tr

Received date: 25.01.2020 *Accepted date: 31.05.2020*

How to cite this paper:
Kilercioğlu, S. (2021). Fish immune system, mucosal immunity and functions of IL-1β, TNF-α and IL-18 proinflammatory cytokines. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* 38(1), 125-134. DOI: 10.12714/egejfas.38.1.16

Öz: Balık, sucul ortamda türlü tehditler ile karşılaşmakta ve bu tehditlere karşı evrimsel süreçte geliştirdiği bağışıklık yanıtları ile karşılık vermektedir. Balıklarda bağışıklık sistemi doğal ve kazanılmış bağışıklığın sıvısal ve hücresel elemanlarından oluşur. Mukoza ile ilişkili dokular da savunma sisteminin bir parçası olup doğal ve kazanılmış bağışıklığın hücreleri ile donatılmıştır. Bağışıklık sisteminin hücre ve moleküllerinin oluştuğu, olgunlaştığı ve sisteme dahil edildiği organlar lenfoid organlar olarak adlandırılmaktadır. Sitokinler, canlıda büyüme, farklılaşma ve bağışıklık yanıtı gibi birçok görev üstlenen küçük glikoproteinlerdir. Sitokinlerin, bağışıklık sistemindeki ana rolleri bağışıklık yanıtlarını düzenlemeleri ve hücreler arası iletişimi sağlamalarıdır.

Bu derlemede balık bağışıklık sisteminin ana sıvısal ve hücresel bileşenleri, mukozal bağışıklık sistemi, birincil lenfoid organların işlevleri ve proenflamatuvar etki gösteren IL-1β, IL-18 ve TNF-α sitokinleri hakkında literatürde yer alan bilgiler ana hatları ile bir araya getirilmiş, bahsi geçen sitokinlerin bağışıklık sistemindeki görevlerinin anlaşılması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğal bağışıklık, kazanılmış bağışıklık, mukozal bağışıklık, lenfoid organlar, balık sitokinleri, IL-1β, IL-18, TNF-α

Abstract: Fish exposed to various threats in the aquatic environment and respond to these with the immune responses which has developed in the evolutionary process. The immune system of teleost fish consists of the fluid and cellular factors of both natural and acquired immunity. Mucosa associated lymphoid tissues are a part of fish immune system and equipped with cells of natural and adaptive immunity. The organs in which all these cells and molecules are formed, matured and included in the system are called lymphoid organs. Cytokines, which are small glycoproteins, play critical roles in immunity. Their main roles in the immune system are to regulate immune responses and to enable communication between cells.

In this review, the literature on the main factors of the fish immune system, mucosal immunity, the functions of the primary lymphoid organs, and proinflamatory cytokines IL-1β, TNF-α and IL-18 were collected. Furthermore, the functions of specified cytokines were aimed to clarify.

Keywords: Innate immunity, adaptive immunity, lymphoid organs, mucosal immunity, fish cytokines, IL-1β, IL-18, TNF-α

GİRİŞ

Balıklarda bağışıklık sistemi

Balık bağışıklık sistemi, memeliler dahil diğer omurgalı canlıların bağışıklık sistemleri ile anatomik ve fonksiyonel olarak benzerlikler göstermektedir. (Randelli vd., 2008). Memeli ile balık bağışıklık sistemlerini farklı kılan ana etmenler balıklarda kemik iliği ve lenf düğümlerinin bulunmaması ve böbreklerin büyük bir lenfoid organ olmasıdır (Press ve Evensen, 1999).

Sucul ortamın fiziksel ve kimyasal özellikleri balık bağışıklık sistemi üzerinde doğrudan etkilidir (Altınterim, 2011). Balık, sucul ortamın mikrobiyal yüküne öncelikle doğal bağışıklık sistem elemanları ile karşı koyar. Eğer patojen savunma sisteminin daha önce karşılaştığı bir mikroorganizma ise kazanılmış bağışıklık sistem elemanları harekete geçer (Tablo 1). Doğal bağışıklık sistemi patojenin özelleşmiş yapısını tanımaya ihtiyaç duymazken (Dönmez, 2016), kazanılmış bağışıklık yanıtı patojen mikroorganizmaların konağın B ve T hücre reseptörleri tarafından tanınması ile harekete geçer (Toledo-Ibarra vd., 2013).

Tablo 1. Balık bağışıklık sisteminin ana bileşenleri (Kav & Erganis, 2008; Toledo-Ibarra et al., 2013)
Table 1. The main component of fish immune system

	Sıvısal	Hücresel
Doğal Bağışıklık Yanıtı		
	Antimikrobiyal peptitler Lektinler Lizozim Komplement sistem Transferrin Proteaz Antiproteaz C- Reaktif Protein	Makrofajlar Nötrofiller Eozinofiller
Kazanılmış Bağışıklık Yanıtı		
	Antikorlar: IgM, IgD, IgT	B-lenfositler T-lenfositler

© Published by Ege University Faculty of Fisheries, Izmir, Turkey

Doğal bağışıklık sistemi

Doğal bağışıklık sistemi, vücuda bir patojen girdiğinde ilk savunma yanıtı geliştiren sistemdir ve bu yanıt hücrelerin iç işlevsel dengelerinin (homeostaz) korunmasında ve kazanılmış bağışıklık tepkisinin oluşmasında belirleyici rol oynar (Magnadóttir, 2006). Doğal bağışıklık sistemi, patojenleri polisakkaritler, lipopolisakkaritler (LPS), peptidoglikanlar, bakteriyel DNA ve çift zincirli viral RNA gibi mikroorganizmaların korunmuş moleküler yapılarından ya da toll reseptörleri (TLRs) gibi özelleşmiş reseptörlerin mikroorganizma ile etkileşimleriyle tanıyarak harekete geçer ve bu yönü ile kazanılmış bağışıklıktan ayrılır (Reyes-Cerpa vd., 2012).

Doğal bağışıklığın sıvısal yanıtları

Doğal bağışıklık sisteminin sıvısal (humoral) elemanları inhibitörler (Transferrin, Antiproteaz ve Lektinler) ve lizinler (Antimikrobiyal peptitler, Proteaz, Lizozim, C Reaktif Proteinler ve Komplement)'dir (Kav ve Erganis, 2008).

Transferrin, ökaryot canlılardaki başlıca serum proteinlerinden biri olup demire bağlanması ile demir metabolizmasında önemli bir rol üstlenmektedir. Transferrin 80 kDa ağırlığında tek bir polipeptid zincirinden meydana gelmiştir ve demirin süperoksit radikal oluşumunda kullanılmasına engel olur (Neves vd., 2009). Karaciğerde üretilip dolaşım sistemine dahil edilen transferrinin bağışıklık sistemindeki görevi serumdaki demirin büyük çoğunluğuna bağlanarak patojen bakterilerin demiri kullanma imkanlarını sınırlaması ve bakteriyostatik bir ortam meydana getirmesidir (Stafford ve Belosevic, 2003).

Antiproteazlar, patojenlere karşı görev alan proteolitik aktiviteyi baskılamakla görevli olan enzimlerdir. Balık serumu başta α1-antiproteinaz ve α2-makroglobulin olmak üzere bir dizi proteaz inhibitörü içerir (Sekaran vd., 2017). Birçok bakteri konağın proteinlerini aminoasit kaynağı olarak kullanmak için proteolitik etkili toksinler üretirler. Antiproteazlar bu toksinleri etkisiz hale getirirler. Bazı bakterilerde antiproteaz enzimlerine direnç geliştiği bilinmektedir. Gerçekleştirilen bir çalışmada, *Aeromonas salmonicida* tarafından üretilen bir proteaz enziminin gökkuşağı alabalığı α1-antiproteinaz inhibitörüne karşı dirençli olduğu ancak α2-makroglobulin tarafından etkisiz hale getirilebildiği bildirilmiştir (Ellis, 1999).

Proteazlar da doğal bağışıklık sistemindeki işlevlerini patojenlerin istilasını engelleyerek üstlenirler. Bu görevi, patojenleri doğrudan etkisiz kılarak, mukus tabakasının yoğunluğunda farklılıklar meydana getirip patojenlerin çoğalmalarını engelleyerek ve antibakteriyel peptid ve komplementler gibi diğer doğal bağışıklık bileşenlerinin üretimlerini uyararak yerine getirirler (Guardiola vd., 2014).

Lektin terimi, mikroorganizmalar (virüs, bakteri, mantar), protista, bitkiler ve hayvanlardaki çeşitli karbonhidrat bağlayıcı proteinleri ve glikoproteinleri ifade etmektedir (Vasta vd., 2011). Lektinler, balığın doğuştan gelen bağışıklık sisteminde önemli role sahiptirler. Hücre dışında ve çözünür durumdaki lektinler, patojen mikroorganizmanın yüzeyindeki özelleşmiş karbonhidrat yapısındaki moleküler kalıpları tanıyarak bağ kurar. Patojenler, kurulan lektin bağının ardından makrofajlar ve kompleman aracılı hücre lizisi ile fagositoza hazırlanırlar (Arasu vd., 2013).

Antimikrobiyal peptidler, konağın mikroorganizma ile karşılaşmasını takiben sentezi ve salınımı uyarılan kısa dizili proteinlerdir. Bu peptidler bakterileri doğrudan öldürerek, membran yapısını bozarak ya da DNA, RNA ve protein sentezi sürecini baskılayarak etki gösterirler (Rakers vd., 2013).

Lizozim, mikrobiyal istilaya karşı korunmada rol alan lökosit kökenli mukolitik (mukusu eritme özelliğine sahip) bir enzimdir. Gram pozitif bakterilerin hücre duvarlarında N-asetmuramik asit ve N-asetilglukozamin arasındaki beta (β) bağlarını parçalayarak çoğalmalarını engeller. Lizozim, gram negatif bakteriler üzerinde ise doğrudan etkiye sahip değildir ancak hücre duvarları komplement ya da diğer enzimler tarafından zarar gören gram negatif bakteriler üzerinde etkili olurlar (Saurabh ve Sahoo, 2008).

C-reaktif protein, akut enflamasyon döneminde uyarılan bir protein olup memelilerde enfeksiyon ya da yangısal tepkiler sırasında serumdaki miktarı 1000 kata kadar artış gösterir (Pepys vd., 1978). Bu özelliği ile canlının takibinde önemli bir klinik belirteç kabul edilir. Gökkuşağı alabalığının karaciğer hücrelerinde, ön böbrek makrofajlarında ve dalak lenfositlerinde tespit edildiği ve 135 kDa ağırlığa sahip olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2004). Balıklarda bulunan C- reaktif proteinin işlevleri tam anlamıyla açıklığa kavuşturulamamıştır. Balıklarda enfeksiyon gelişiminden sonra C-reaktif protein düzeyinde ılımlı yükselişler raporlanmış olsa da bazı türlerde (Salmonidae üyeleri ve *Ictalurus punctatus* türü) enfeksiyon sırasında düşüş gözlendiği ve bu sebeple her balık türünde akut enflamasyon dönemi reaktif proteini olarak isimlendirilemeyeceği bildirilmiştir (Watts vd., 2001).

Komplement sistem, çözünür ve membrana bağlı proteinlerden oluşmuştur. Bu sistem doğuştan gelen bağışıklık sisteminin önemli bir parçası olmasının yanında doğal ve kazanılmış bağışıklık arasında bağ kurarak önemli bir görev üstlenir. Komplement sistemin en iyi bilinen özelliği patojenin yüzey membranlarında küçük açıklıklar meydana getirerek onları etkisiz hale getirmesidir. Ayrıca fagositik hücreleri yaralanma bölgesine taşıyarak enflamatuvar tepkilere dahil olur. Bu sistem, mikroorganizmanın tespit edilmesi ya da antikor-antijen ilişkileri ile aktifleşebilir (Boshra vd., 2006; Holland ve Lambris, 2002).

Doğal bağışıklığın hücresel yanıtları

Doğal bağışıklık sisteminin hücresel bileşenleri olan makrofaj, eozinofil ve nötrofilik granülositler gibi myeloid hücreler mikroorganizmaları fagositoz yoluyla sindirme özelliğine sahiptirler (Verburg-Van Kemenade vd., 2009).

Omurgalılarda bu hücreleri uyaran çok sayıda patojen tanıma reseptörü (PRRs: pathogen recognition receptors) gelişmiştir. Bu reseptörlerin mikroorganizmayı tanımasıyla doğal bağışıklık sistemi harekete geçer (Secombes ve Wang, 2012). Bu reseptörler doğal bağışıklık yanıtının önemli bir kolu olup omurgalı ve omurgasız canlılarda günümüze kadar korunarak gelmişlerdir. PRRs, konaktaki hasarın kaynağının (patojen ya da travma) ayrımını yapabilirler ve patojen ilişkili moleküler motifler (PAMPs, pathogen associated molecular patterns) ya da tehlikeli moleküler motifler (DAMPs, Damage-associated molecular patterns) tarafından aktif hale getirilirler (Eder, 2009). PAMPs, patojenlerde bulunan moleküler motiflerdir. Bağışıklık hücreleri bu motifleri tanır ve konağın bağışıklık yanıtı başlatılır. Virüsler için glikoprotein, 5'PPP RNA ya da genomik DNA; bakteriler için lipopeptidler, peptidoglikanlar ve flagellinler PAMPs olarak adlandırılan gruba örnek verilebilirler (Rasmussen vd., 2009). Travma sonucu oluşan ve konağın doğal bağışıklık bileşenleri tarafından tanınan motiflere de DAMP adı verilmektedir (Vera-Jimenez ve Nielsen, 2013). Bu grup hasarlı ya da stres etkisindeki konak hücreleri tarafından salgılanan endojen moleküllerdir (Eder, 2009). PRRs, çeşitli alt kollara ayrılmış olup balıklarda en iyi bilenenlerden biri Toll benzeri reseptörler ailesi (Toll-like receptors, TLRs)'dir. TLR ailesi, patojenlerin korunmuş moleküler yapılarını tanıyan transmembran proteinler olup bağışıklık yanıtını uyarırlar (Palti, 2011; Rauta vd., 2014). Balıklarda, toll benzeri reseptörlerin 17 farklı üyesi keşfedilmiştir. TLRs, hücre dışı immünoglobulin benzeri alanları ile tanımlanan interlökin-1 reseptörleri (IL-1R) ile doğrudan ilişkilidirler (Rebl et al., 2010). Ayrıca hücre içi stoplazmik bölgesi IL-1R'nün sitoplazmik bölgesi ile benzerlik gösterir ve bu benzer bölge Toll/IL-1R (TIR) homolog alanı olarak adlandırılır (Mustak ve Esendal, 2007).

Memelilerde doğal bağışıklık yanıtında rol oynayan bir diğer lenfosit hücre tipi doğal öldürücü (NK, natural killer) hücreler olarak bilinen sitotoksik hücrelerdir (Uribe vd., 2011). Bu hücreler, tümör hücrelerini, yabancı hücreleri ve enfekte olmuş hücreleri yok etmekle görevlidirler. Balıklarda iki ayrı NK hücre tipi varlığı tespit edilmiştir; özelleşmemiş sitotoksik hücreler ve NK benzeri hücreler (Fischer et al., 2013). İnsanlardakine benzer şekilde balıklarda da bu hücrelerin etkinliğini artıran NKEF (natural killer cells-enhancing factor, doğal öldürücü hücreler geliştirici faktörü) genleri tanımlanmıştır ve viral ya da bakteriyel hastalıklarla birlikte NKEF mRNA ekspresyon düzeylerinde artış gözlendiği bildirilmiştir (Chen et al., 2009).

Kazanılmış bağışıklık sistemi

Kazanılmış bağışıklık sistemi, canlının patojene karşı bağışıklık yanıtı geliştirerek sonraki karşılaşmalar için koruma sağladığı bir sistemdir. Bağışıklık yanıtı mikroorganizmaya özel olarak gelişir. Lenfositler kazanılmış bağışıklığın en önemli hücreleridir. Bu hücreler antijeni tanımasının yanı sıra hafızanın özgüllüğünden de sorumludur. Kazanılmış bağışıklık sisteminin temeli B ve T hücreleri ile onların reseptörlerine (BCRs, B hücre reseptörleri; TCRs, T hücre reseptörleri) dayanmaktadır (Parra vd., 2016). Agnatha (Çenesiz balıklar) üstsınıfı dışındaki balıkların T ve B lenfositler, MHC, T hücre reseptörü (TCR), B hücre reseptörleri (BCR), rekombinasyon aktive edici genler (RAG) immunoglobulinler ve sitokinler gibi kazanılmış bağışıklığın tüm ana bileşenlerine sahip oldukları ve antikor cevabı oluşturdukları bildirilmiştir. (Boschi vd., 2011; Kav ve Erganis, 2008).

Kazanılmış bağışıklığın sıvısal yanıtları

Kazanılmış bağışıklığın sıvısal yanıtları immünoglobulinler (antikorlar) ile sağlanır. Omurgalı canlılardaki B lenfositler, antijenlere yanıt olarak özelleşmiş antikor salgılayan hücrelerdir (ASC, antibody secreting cells) ve kazanılmış bağışıklıkta çok önemli rol oynarlar (Wu et al., 2020). Immunoglobulinler, B hücreleri tarafından üretilerek sistemik dolaşıma salınırlar (Mashoof & Criscitiello, 2016). B hücreleri aktif hale geldiğinde antikor salgılayan plazma hücrelerine dönüşürler. Plazma hücreleri, antikor üretimi ve antijen sunumunda görev alırlar. B lenfositler tarafından üretilen antikorlar protein, karbonhidrat ve lipit içeren yabancı molekül tiplerini tanırlar (Durmaz, 2016). Kemikli balıklarda şimdiye kadar üç sınıf immünoglobulin izotipi (IgM, IgD ve IgT) tespit edilmiştir. Sistemik dolaşımda en bol bulunan IgM'dir. IgD balıklarda tanımlanan ikinci immünoglobulin izotipidir (Uribe vd., 2011). IgT, sadece kemikli balıklar tarafından üretilmektedir ve ilk olarak *Oncorhynchus mykiss* (IgT) ve *Danio rerio* (IgZ) türlerinde tanımlanmıştır (Mashoof ve Criscitiello, 2016). IgM izotipinin ana üreticileri, baş böbrekte bulunan plazma hücreleri ve plazmablastlardır. IgM ve IgT izotiplerinin antijen uyarımınında güçlü yanıt oluşturdukları bilinmektedir. IgM sistemik olarak en baskın antikor olsa da bağırsak mukozası ve deride IgT antikorunun daha fazla sayıyla temsil edildiği düşünülmektedir (Mutoloki vd., 2014). IgM ve IgT antikorlarının kemikli balıklarda larval dönemlerde artış gösterdiği, IgT'nin IgM'ye kıyasla daha hızlı çoğaldığı bildirilmiştir. Bu sonuç ile IgT'nin larval dönemdeki balıkların korunmasında daha aktif rol aldığı düşünülmektedir. Balıklarda paraziter enfeksiyon gelişimini takiben mukozal dokularda IgT antikorunun IgM'ye oranla daha fazla arttığı bildirilmiştir (Secombes ve Wang, 2012). Balıklarda çevreyle ilk temas yerleri olduklarından dolayı deri ve solungaçlardaki tepkiler farklılık gösterebilmektedir. Özelleşmiş antikorlar sistemik tepki oluşmadan da deri, solungaç ve bağırsakta üretilmektedirler (Uribe vd., 2011). IgD antikorunun balık bağışıklık sistemindeki rolü tam olarak anlaşılamamıştır. IgD, IgM ile birlikte B hücreleri tarafından üretilmektedir ve enflamasyon sürecinde rol aldığı düşünülmektedir (Magadan vd., 2015).

Kazanılmış bağışıklığın hücresel yanıtları

Kazanılmış bağışıklıkta hücresel yanıtın temelini T hücreleri oluşturur (Lieschke & Trede, 2009). T hücreleri, T hücre reseptörü (TCR) ve yüzey farklılaşma antijenleri (CD)

ile T lenfositlere dönüşürler. Olgunlaşma süreçleri timusta tamamlanan T lenfositleri, hücre aracılı bağışıklık yanıtlarında görev alırlar (Mutoloki vd., 2014). Balıklarda T hücreleri, oluşturulacak savunma yanıtına göre yardımcı T hücreleri (Th) ve sitotoksik T hücrelerine dönüşme yeteneğine sahiptirler (Reyes-Cerpa vd., 2012). Sitotoksik T lenfositleri ($CD8^+$), enfekte ya da anormal hücrelerin yok edilmesinde görev alırken, yardımcı T hücreleri ($CD4^+$) bağışıklık yanıtı oluşturacak hücreleri aktif hale getiren sitokinlerin salımını uyararak bağışıklıkta rol oynarlar (Mutoloki vd., 2014). Canlıda enfeksiyon geliştiğinde, T hücrelerinde harekete geçen en önemli moleküller CD3, TCR, CD4 ve CD8'dir. (Fischer vd., 2013).

T hücrelerinin antijen reseptörleri daima hücre yüzeylerine bağlı bulunurlar. T hücreleri için biri αβ-TCR'ü, diğeri ise γδ-TCR'ü eksprese eden iki farklı fonksiyonel yolak bulunur (Boehm, 2011). Timosit farklılaşması sürecinde αβ- ve γδ– hücreleri farklı gelişim yolaklarında devam ederler. Ancak rolleri filogenetik olarak korunan bu alt gruplar, yolaklarını ayıran yüzey markörleri bulunmadığı için T hücre reseptörleri ile nitelendirilirler (Taghon ve Rothenberg, 2008). Yapılan filogenetik çalışmalar, canlılarda antijen tanıma işlevinin ilkel bir özellik olduğunu göstermiştir. (Boehm, 2011). T hücreleri, membrana bağlanan CD4 ve CD8 glikoproteinlerinin ekspresyonundaki farklılığa bağlı olarak ayırt edilir. Bu moleküller (CD4 ve CD8), bağışıklık sisteminde CD3 tirozin fosforilasyon yolağında, artan T hücre reseptör etkinliği ile MHC ekileşimini dengeleyerek T reseptörleri için eş reseptörler olarak hareket ederler (Castro vd., 2011).

MHC (Major Histocompability Complex, Majör Doku Uygunluk Kompleksi), antijen sunumunda rol alan hücre yüzey molekülleridir. Antijenleri T hücrelerine sunarak T hücre aracılı bağışıklık yanıtında rol oynarlar (Yalçın, 2013). MHC genleri, bağışıklık sisteminin patojenleri tanımasında merkezi rol oynarlar. MHC'ler, özellikle antijenlerin peptid bağlayıcı bölgelerini (PBR) tanıyarak işlev görürler (Ottová vd., 2007). MHC 1 molekülleri neredeyse tüm çekirdek içeren hücrelerde tespit edilmişlerdir. MHC 1'in ana işlevi, enfeksiyon ya da tümör hücresi oluşumu sırasında meydana gelen proteinlere karşı sitotoksik T lenfositlerini harekete geçirmektir. MHC 2 molekülleri ise, dentrik hücreler, makrofajlar, B hücreleri gibi antijen sunma özelliği gösteren hücre tiplerinde bulunurlar. Fagositoz yoluyla alınan antijenlerin küçük yıkıntı ürünleri MHC 2 aracılığıyla yardımcı T hücrelerine ($CD4^+$) sunulur. Bu süreç sonucunda yardımcı T hücreleri bağışıklık sistemini düzenlemek ve harekete geçirmek için sitokin üretimini uyarırlar (Beck ve Peatman, 2015).

Mukozal bağışıklık mekanizması

Mukozal yüzeyler, besin emilimi ve osmoregülasyon gibi fizyolojik görevlerinin yanında, bağışıklık sistemi içerisinde vücudun ilk savunma hattını meydana getirir (Beck ve Peatman, 2015). Balıkların mukozal örtüsü sürekli yenilenen bir yapıdadır ve bu döngü patojenlerin uzaklaştırılması açısından önemlidir. Bu mukozal yapı, doğal ve kazanılmış bağışıklığın savunma bileşenleriyle donatılmıştır. Mukus, güçlü yapışma yeteneği olan müsin ile birlikte bağışıklık sisteminin sıvısal bileşenlerini içerir (Ángeles Esteban, 2012). Patojenler, tüm bu savunma bileşenlerine rağmen epitel dokuyu geçmeyi başarırsa bağışıklık sisteminin tüm mekanizmaları harekete geçer. Bu kapsamlı savunmanın ilk hattını doğal savunmanın bir parçası olan ve patojen ilişkili moleküler motifleri (PAMPs) tanıyarak savunmayı başlatan motif tanıma reseptörleri (PRRs) oluşturur. Takip eden süreçte proenflamatuvar sitokinlerin salınımı, MHC moleküllerinin T hücreleri ile etkileşimi gibi savunma yanıtları ile çeşitlilik kazanır (Beck ve Peatman, 2015).

Balıklarda mukozal dokular bağışıklık sistemi içindeki görevleri sebebiyle lenfoid doku olarak sınıflandırılmış ve genel isimleri ile mukoza ile ilişkili lenfoid dokular (MALTs: Mucosa-associated lymphoid tissues) olarak adlandırılmışlardır (Lazado ve Caipang, 2014). MALTs, sahip oldukları B hücreleri ve immünoglobulinler ile mukozal homeostazın (mukozal dokulardaki hücrelerin iç dengeleşimi) sürekliliğini sağlarlar. Kemikli balıklarda mukozal savunmada görev alan üç farklı bölge tanımlanmıştır; GALT (gut-associated lymphoid tissue, bağırsakla ilişkili lenfoid doku), SALT (skin-associated lymphoid tissue, deri ile ilişkili lenfoid doku) ve GIALT (gill-associated lymphoid tissue, solungaç ile ilişkili lenfoid doku). GALT tüm omurgalılarda bulunurken, SALT balıklarda ve amfibilerde, GIALT ise sadece balıklarda bulunmaktadır (Salinas vd., 2011). Kemikli balıklarda GALT, lenfositler, plazma hücreleri, granülositler ve makrofajlar yönünden zengindir ancak memelilerden farklı olarak IgA antikoru gibi balıklarda yer almayan moleküllerden yoksundur (Rombout vd., 2011). SALT, deride bölgesel olarak antijenlerin tanınması ve özelleşmiş T hücrelerinin bölgeye aktarılması olayları ile öne çıkmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda IgT'nin bağırsak mukozasında olduğu gibi deri mukozasında da baskın rol üstlendiği gösterilmiştir. GIALT ise lenfositler, makrofajlar, eozinofilik granülositler, nötrofiller ve antikor salgılayan hücrelerden (ASC) meydana gelmiştir (Lazado ve Caipang, 2014).

Balık bağışıklık sisteminde görev alan birincil lenfoid organlar

Yüksek omurgalılarda bulunan kemik iliği ve lenf düğümlerinin yerini kemikli balıklarda timus, ön böbrek ve dalak almıştır. Bu organlar kemikli balıkların birincil lenfoid organları kabul edilir. Miyelopoez (kan hücrelerinin üretimi) ön böbrek ve dalakta gerçekleşir (Workenhe vd., 2010).

Timus, balıklarda T-lenfositlerin geliştiği bir merkez konumundadır ve bu özelliği memelilerle ortaktır (Verburg-Van Kemenade vd., 2009). Timus, memelilerde iki bölümden oluşur ancak bazı kemikli balıklar, köpekbalıkları, amfibiler ve kuşlarda ikiden fazla bölümden meydana gelir. Çoğu kemikli balıkta solungaç boşluğuna yakın konumlanmıştır ve kapladığı alan yaş ve cinsel olgunlukla ters orantılı olarak azalır (Nakanishi vd., 2015). Timusun stroması, medullada yer alan epitelyal retiküler hücreler ile kortekste yerleşmiş timosit adı verilen lenfositlerle birlikte iki bölümden meydana gelir (Karaman ve Dorucu, 2017). Timus, T hücrelerinin üretiminden sorumludur. Bu yönü ile lenfoid hücreler ile diğer

hücreler arasındaki etkileşimi düzenler (Bowden vd., 2005). Bu organ, T-lenfositlerin olgunlaşma, T hücrelerinin çoğalmalarını destekleyen makrofajların ise toplanma yeridir (Bozkurt ve Eren, 2009; Uribe vd., 2011).

Böbrek, kemikli balıklarda öncelikle ozmotik dengeyi sağlamakla görevlidir. Bunun yanında hematopoetik, bağışıklık, endokrin ve boşaltım gibi sistemsel görevlere sahiptir (Mumford vd., 2007). Balığın ön böbreği önemli bir lenfoid organ olup, hematopoetik özelliğe de sahiptir. Ön böbrek antijenlerin dolaşım sisteminden uzaklaştırılmasında ve antikor üretiminde görev alır (Press ve Evensen, 1999). B lenfositlerin böbrekten köken aldığı ve yine böbrekte farklılaştığı öne sürülmüştür (Petrie-Hanson ve Ainsworth, 2000; Zapata vd.., 2006). Ön böbreğin stroması balığın doğal bağışıklık sisteminin yıktığı hücrelerin temizlenmesinde görevlidir. Ayrıca kan ile taşınan yabancı maddelerin giderilmesi için de filtre görevi görür (Brattgjerd ve Evensen, 1996). Böbrekte sinüzoidal endotelyal hücreler ve makrofajlar vücuda giren yabancı maddeleri endositoz ile alırlar ve bu antijenik maddeler işlenerek T hücrelerine sunulur (Karaman ve Dorucu, 2017).

Dalak, balıklarda kan hücrelerinin meydana geldiği ve eritrositlerin depolanıp sistemik dolaşıma girdiği yerdir (Franklin vd., 1993). Dalak, dalak elipsoitleri, melanomakrofaj merkezleri (MMC, pigmentli makrofajların toplanma bölgesi (Dönmez, 2016)) ve lenfoid doku sistemlerinden meydana gelir. Dalağın beyaz pulpa olarak adlandırılan bölgesi lenfoid doku olarak görev yapar. Balıklarda T hücrelerinin bu bölgedeki dağılımları memeliler ile benzerlik gösterir (Koppang vd., 2010). Dalak arteriollerinden oluşan, kalın duvarlara sahip kılcallar elipsoid olarak adlandırılır ve bu elipsoidler antijenlerin yakalanmasında aktif görev alırlar (Uribe vd., 2011). Antijenler, elipsoidlerde immünoglobulin M (IgM) ve komplement faktör 3 (C3) ile yakalanırlar (Bozkurt ve Eren, 2009). Özel işlevi katabolik ürünlerin ve yabancı maddelerin fagositozu olan, yüzeylerinde immünoglobulin bulunan melanomakrofajlar (Kranz ve Peters, 1984), omurgalı canlıların organlarında yaygın olarak bulunurlar (Dönmez, 2016; Fänge ve Nilsson, 1985).

Balık Sitokinleri

Sitokinler, düşük moleküler ağırlıklı glikoproteinler olup (Savan ve Sakai, 2006), canlılarda büyüme, farklılaşma ve diğer hücreleri aktifleştirme görevleri ile salgılanırlar (Reyes-Cerpa vd., 2012). Sitokinler, bağışıklık tepkisinden sorumlu hücrelerin iletişimlerine aracılık ederek bağışıklık yanıtının düzenlemesinde görev alırlar (Savan ve Sakai, 2006). Ayrıca bağışıklık yanıtı için önemli olan hücre farklılaşması olaylarında (örneğin yardımcı T (Th) hücrelerinin Th1 ve Th2 hücrelerine dönüşmesi) uyarıcı ve dengeleyici rol üstlenirler (Tanekhy & Sakai, 2019). Kemikli balıklarda önemli sayıda sitokin aktif görev almaktadır (Tort vd., 2003). Sitokinler, özelleşmiş olan çekim gücü yüksek hücre yüzey reseptörleri ile etkileşime girer (Scapigliati vd., 2006) ve patojeni etkisiz hale getirecek fagositlerin kapasitelerini düzenleyen uyarıları başlatırlar (Wang ve Secombes, 2013). Bu küçük proteinler temel ekspresyon düzeylerine sahiptirler, üretimleri geçici ve çoğunlukla bölgeseldir. Enfeksiyon ya da fiziksel yaralanmalara karşı vücudun verdiği tepki enflamasyon (yangı, iltihap) ile olur. Sitokinler, enflamasyonu desteklediği gibi, hücrelerin bu enflamasyondan zarar görmesini de engellerler (Verburg-Van Kemenade vd., 2009). Savunma sisteminde enflamasyonu destekleyen sitokinler proenflamatuvar, enflamasyonu baskılayan sitokinler ise antienflamatuvar olarak adlandırılırlar. Sitokinler, kendi içlerinde sinerjistik ya da antagonistik etkileşime girebilirler (Zhang ve An, 2007). Balıklarda birçok sitokin memelilerdekine benzer olarak homologları ile birlikte mevcuttur. Balıklarda tanımlanmış olan sitokin grupları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de yer alan IL-1β, IL-18, TNF-α, IL-6, IL-12 ve CXCa-b proenflamatuvar; IL-4, IL-10 ve IL-1Ra ise antienflamatuvar sitokinlerdir. (Verburg-Van Kemenade vd., 2009).

Tablo 2. Kemikli balıklarda tanımlanmış sitokin grupları (Verburg-Van Kemenade vd., 2009)
Table 2. Cytokine groups identified in teleost species

Sitokinler							
Tip 1 Sitokin Ailesi		Tip 2 Sarmal Sitokinler		IL-1 Ailesi	TNF Ailesi	Kemokinler	
Kısa zincir sitokinler	Uzun zincir sitokinler	İnterlökinler	İnterferonlar			CC	CXC
GH	IL-2	IL-10	IFN tip 1	IL-1β	TNF-α	CCL19	CXCa-b
PRL	IL-3	IL-22	IFN tip 2	IL-18	LT-β	CCL20	CXCL12
EPO	IL-4	IL-26		IL-1Ra		CCL25	CXCL14
Leptin	IL-6						IL-8
	IL-12						

İnterlökin-1

İnterlökin 1 ailesi, β-Trefoil Sitokin ailesi olarak da bilinir. Bu aile memelilerde 11 üye ile temsil edilir. Bağışıklık sistemindeki kilit rolleri enflamasyonun düzenlenmesidir. IL-1α, IL-1β, IL-18, IL-33 ve IL-36α, IL-36β ve IL-36γ proenflamatuvar; IL-1Ra, IL-36Ra, IL-37 ve IL-38 ise antienflamatuvar özelliktedir (Zou ve Secombes, 2016).

İnterlökin-1β (IL-1β)

IL-1β güçlü bir proenflamatuvar sitokindir ve enfeksiyon ya da yaralanma durumlarında konağın doğal bağışıklık yanıtını başlatır (Eder, 2009). Bu sitokin, interlökin 1 ailesinin en iyi tanımlanan ve üzerinde en çok çalışılan üyesidir (Lopez-Castejon ve Brough, 2011). IL-1β, kemikli balıklarda çoklu kopyalar halinde bulunur ve temel olarak ikiye (IL-1β1 ve IL-1β2) ayrılmıştır (Zou ve Secombes, 2016). *Cyprinus carpio* türü IL-1β geni memelilerdekine benzer olarak 7 ekzon içerirken, salmonidae ailesi IL-1β1 ve 2 genlerinin 6 ekzona sahip olduğu bildirilmiştir (Engelsma vd., 2001). Kodlama yapan DNA bölgeleri ekzon, kodlama yapmayan ara diziler ise intron olarak isimlendirilir.

IL-1β, esas olarak monositler ve aktif hale gelmiş makrofajlar gibi çeşitli hücre türleri tarafında üretilir ve neredeyse tüm hücreleri etkilerler (Lopez-Castejon ve Brough, 2011; Reis vd., 2012). IL-1β aktivitesi, hedef hücre yüzeyindeki reseptöre bağlanma ile başlar ve bu durum yeni genlerin aktivasyonunu ve protein modifikasyonunu tetikler (Scapigliati vd., 2004). Konak motif tanıma reseptörlerinin (PRRs), PAMP'ler ve apoptotik ya da yaralı hücrelerden salınan DAMP'lar tarafından uyarılmasından sonra IL-1β üretimi farklı hücrelerde başlatılır (Ingerslev vd., 2010)

IL-1β pasif (öncül) bir formda üretilir ve biyolojik olarak aktif hale gelebilmesi için IL-1β dönüştürücü enzim (ICE) olarak da adlandırılan kaspaz 1 enzimi ile kesilmesi gerekir (Engelsma vd., 2002). *Oncorhynchus mykiss*, *Danio rerio* ve *Cyprinus carpio* türlerinde IL-1β'da çeşitli ICE kesme alanları olduğu bildirilmiştir (Secombes vd., 2011). Ayrıca nötrofil elastaz ve bazı katepsinlerin, insanda olduğu gibi balıklarda da pasif IL-1β'yı parçalayabileceği ve IL-1β'nın olgunlaşmasını ve salınımını düzenlemede rol oynayabileceği düşünülmektedir (Zou ve Secombes, 2016).

IL-1β'nın salınım yolu ile ilgili farklı mekanizmalar öne sürülmüştür; (I) lizozomların ekzositozu, (II) plazma zarı mikrotanecikleri aracılığı, (III) eksozom ekzositozu ve (IV) plazma zarının özel taşıyıcılar aracılığıyla dışa aktarımı (Eder, 2009). IL-1β, salınım mekanziması tam olarak anlaşılmamış olsa da doğal bağışıklık hücreleri tarafından üretilen güçlü bir proenflamatuvar sitokindir.

İnterlökin-18 (IL-18)

IL-18, interlökin ailesinin bir üyesi olup tıpkı IL-1β gibi pasif (öncül) bir formda üretilir ve hücre içinde depolanır. IL-18'in aktif formu, öncül peptidin kaspaz 1 enzimi ile kesilmesinde sonra salınır. Bu salınım, IL-18 aktivitesinin birincil mekanizması olarak değerlendirir. (Plouffe vd., 2005). Bu sitokin balıklarda *Oryzias latipes* ve *Lagocephalus sceleratus* türlerinin genom analizleri ile keşfedilmiştir. (Secombes vd., 2011). IL-18, memelilerde bir proenflamatuvar sitokin olarak kabul edilir ve üretim koşullarına bağlı olarak Th1 ve Th2 hücrelerinin (yardımcı T hücreleri) enflamasyonunu artırma yeteneğine sahiptir (Pérez-Cordón et al., 2014). IL-18, makrofajlar, dendtrik hücreler, keratinositler ve osteoblast hücrelerini de içeren oldukça farklı hücre tiplerinde gen ifade (gen ekspresyonu) artışı gösterirler (Kono vd., 2013).

IL-18, memelilerde IL-12 ile etkileşime girerek Th1 ve NK (natural killer, doğal öldürücü hücreler) hücrelerinde interferon-γ üretimini uyarır. IL-18'in balıklardaki mekanizması tüm yönleriyle anlaşılamamıştır ancak proenflamatuvar görev üstlendiği bildirilmiştir. (Pérez-Cordón vd., 2014). Alabalıklarda IL-18 benzeri bir sekans tanımlanmıştır. Tanımlanan bu alabalık IL-18 geni insandakine benzer bir organizasyona sahiptir. İlk olarak gökkuşağı alabalığında rapor edilen bu gen memeli IL-18'ine %41 ile 45 arası bir benzerlik gösterir (Savan ve Sakai, 2006). Balıklardaki IL-18 geni 6 ekzon ve 5 intron içerir ve Salmonidae ailesi üyeleri, *Lagocephalus sceleratus* ve *Sparus aurata* gibi türlerde varlığı bildirilmiştir (Huising, 2004; Pérez-Cordón vd., 2014). IL-18 gen ekspresyonu alabalığın beyin, solungaç, bağırsak, kalp, böbrek, karaciğer, dalak, kas ve deri gibi organ ve dokularında temel düzeyde gözlenmiştir ancak özellikle dalak ve böbrekte diğer organlara göre daha yüksek düzeylerde bulunmuştur (Plouffe vd., 2005). IL-18'in deri ve bağırsak gibi mukozal dokularda da enflamasyonu düzenlenleyici rol üstlendiği düşünülmektedir. Aktif IL-18'in bağlandığı iki reseptör (IL-18R1 ve IL-18R2) keşfedilmiştir. Kemikli balıklarda IL-18R1 tanımlanmıştır (Zou ve Secombes, 2016).

Tümör nekroz faktör üst ailesi (b-jellyroll sitokinleri)

Tümör nekroz faktör üst ailesi üyeleri tip 2 membran proteinleridir (Locksley et al., 2001). Bu sitokin ailesi insanlarda 19 ligand **(**bir biyomoleküle bağlanarak kompleks oluşturan bir bileşik) ve 29 reseptörden meydana gelir. Bu sitokin ailesinin üç ana üyesi TNF-α, TNF-β ve lenfotoksin-β'dır. Balıklarda en iyi bilineni ve en çok çalışılanı TNF-α'dır (Zou ve Secombes, 2016). LT-α, bir sinyal peptidine sahiptir, salınımı klasik şekilde gerçekleşir ve balıklarda bulunmamaktadır (Goetz, 2004).

Tümör nekroz faktör-α (TNF-α)

TNF-α, pasif formda üretilir ve bir dizi işlemden sonra işlevlik kazanır. Aktif TNF-α'nın salınımı, 26 kDa ağırlığındaki pasif TNF-α'nın hücre dışı kısmının TNF-α dönüştürücü enzim (TACE) ile kesilerek 17 kDa ağırlığındaki olgun formun oluşturulmasından sonra gerçekleşir (Goetz, 2004; Secombes et al., 2001).

TNF-α'nın balıklarda lökositlerin enfekte bölgelere toplanmasında rol oynadığı ve antiviral genlerin ekspresyonlarını uyardığı belirtilmiştir (Roca vd., 2008).

Pleiotropik bir sitokin olan TNF-α, bakteriyel patojenlere yanıt olarak ortaya çıkar ve erken enflamasyon sürecinde kritik rol oynar (Kinoshita vd., 2014). Ayrıca, hücrelerin apoptotik ve nekrotik hücre lizislerine aracılık eder (Larrick ve Wright, 1990). TNF-α, iltihaplı dokularda NF-kB (Nükleer Faktör kappa B) aracılı apoptoz sinyalleme antagonizması yoluyla makrofaj yoğunluğunu devam ettirir (Hong vd., 2013).

NF-Kb, bağışıklık ve enflamasyon yanıtlarını da içeren birçok gen için düzenleyici rol oynar. Bu sebeple NF-kB'nin doğal ve kazanılmış bağışıklık yanıtlarında birincil düzenleyici faktör olabileceği düşünülmektedir (Qiu et al., 2020). Tümör nekroz faktör ailesinin üyeleri enfeksiyon, apoptoz, hücre çoğalması ve bağışıklık sisteminin uyarılması gibi farklı görevler üstlenmişlerdir.

TNF-α'nın, salmonidae ailesi üyelerinde ön böbrek ve solungaçlarda yapısal olarak eksprese edildiği ve izole edilmiş ön böbrek lökositlerinde lipopolisakkarit ile uyarıldığı bulunmuştur (Secombes vd., 2001). TNF-α, balıklarda IL-1β ile birlikte görev yapar ve bu yönü memelilerdeki davranışına benzerdir. (Zou ve Secombes, 2016). Balıktan klonlanan TNF genleri, memelilerdeki gibi, iyi tanımlanmış bir transmembran alanına sahiptir. TNF-α, *Oncorhynchus mykiss* ve *Danio rerio* türlerinde 2 ve 3 kopya (TNF1-α, TNF2-α ve TNF3-α) ile temsil edilirler (Savan vd., 2005).

Tıpkı IL-1β gibi, TNF-α'nın da sucul canlılarda çevresel kirliliğin yarattığı strese karşı ekspresyonunun arttığı raporlanmıştır (Duzguner & Erdogan, 2012; Özdemir et al., 2018; Yildirim & Danabas, 2014). Ancak proenflamatuvar genlerin üretiminin uyarılmasında streste önemli bir faktördür ve yükselen serum kortizol seviyesinin TNF-α mRNA ekspresyonunu baskılayabileceği bildirilmiştir (Saeij vd., 2002; L Tort vd., 2004). Bu bilgiyi destekleyen bir çalışmada, parazitlere karşı kullanılan bir nörotoksin olan emamektin benzoatın etkisiyle TNF-α gen ekspresyonunun *Oncorhynchus mykiss* türünde önce artış sonra düşüş gösterdiği bildirilmiştir (Kilercioglu vd., 2020). TNF-α, IL-1 ile birlikte mukozal hücreleri uyarır ve daha fazla mukus salgılanmasına sebep olur (Buchmann, 1999). Aynı zamanda fagositlerin uyarılması yoluyla da fagositoza aracılık eder (Castro ve Tafalla, 2015). Bu süreçte yoğun oksijen tüketimine bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin salınmasıyla sonuçlanan oksijen patlaması olayı gerçekleşir (Jang vd., 1995; Tung vd., 2009). TNF, makrofaj aktivasyon faktörü (MAF) ile etkileşime girerek balığın lehine olacak şekilde makrofaj solunum patlaması olayını olumlu yönde etkiler (Buchmann, 1999).

SONUÇ

Balık bağışıklık sistemi memelilerle benzer olarak doğal ve kazanılmış bağışıklığın sıvısal ve hücresel etmenlerine sahiptir. Ayrıca, deriyi, solungaçları ve bağırsağı çevreleyen mukozal doku yaşamın devamlılığı için önemli yer tutmaktadır. Günümüzde balık bağışıklık sisteminin sıvısal yanıtları, hücresel yanıtlara göre daha iyi anlaşılmıştır. Memelilerden farklı olarak balıklarda IgA bulunmaz, IgT ise sadece balıklarda bulunur. Balıklarda timus, ön böbrek ve dalak bağışıklıktan sorumlu birincil organlardır ve mukoza ile ilişkili lenfoid dokular (GALT, SALT ve GIALT) savunma sisteminde bir organ gibi görev almaktadırlar.

Bu sistem içinde sitokinler, patojenlere karşı bağışıklık tepkilerini düzenleyen ve hatta savunma tepkisinin dozunu belirleyen önemli proteinlerdir. Balıklarda farklı görevlere sahip birçok sitokin tanımlanmıştır ve her geçen gün yeni çalışmalar literatüre eklenmektedir. İnsanlarda sitokin aracılı aşırı bağışıklık tepkisi 'Sitokin fırtınası' olarak tanımlanmıştır. Sitokin fırtınası, sağlıklı bir bağışıklık sistemi tarafından oluşturulur ve proenflamatuvar ve antienflamatuvar sitokinlerin aşırı salgılanması ile meydana gelir. Sitokin fırtınasının birincil hücreleri T hücreleri, makrofajlar ve NK hücreleri; birincil sitokinleri ise TNF-α, IL-6 ve interferon-γ (IFN-γ)'dır (Us, 2008).

Sitokin fırtınasının rol oynadığı düşünülen hastalıklardan biri de 2019 yılının sonuna doğru ortaya çıkan ve dünyada salgına dönüşen koronavirüs hastalığıdır (COVID-19, Coronavirus Disease 2019). (Ayhancı ve Altındiş, 2020). COVID-19 bulaşan ve durumu ağır seyreden hastaların başlıca ölüm sebepleri akut solunum sıkıntısı ve çoklu organ yetmezliğidir. Bu tablonun ortaya çıkmasında sitokinlerin aşırı uyarılmasının etkili olduğu düşünülmektedir (Liu et al., 2020). Sitokin fırtınası, insanların dışında fare ve köpek gibi hayvanlarda da çalışılmıştır (Hod et al., 2008; Rosinsk et al., 2015) ancak balıklarda benzeri çalışmalara rastlanmamıştır.

Günümüzde balık çiftliklerinde yoğun yetiştiricilik yapılmakta ve hastalıkları ile mücadelede kimyasal ajanlar kullanılmaktadır. Balık bağışıklık sistemin bu küçük düzenleyici proteinlerinin iyi anlaşılması ve çalışılması hastalıklarla mücadelede katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Altınterim, B. (2011). Balık immünolojisi, bitkisel ve kimyasal immünostimulantlar. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *1*(4), 69–76.

Ángeles Esteban, M. (2012). An Overview of the Immunological Defenses in Fish Skin. *ISRN Immunology*, *2012*, 1–29. DOI:10.5402/2012/853470

Arasu, A., Kumaresan, V., Sathyamoorthi, A., Palanisamy, R., Prabha, N., Bhatt, P., Roy, A., Thirumalai, M K., Gnanam, A.J., Pasupuleti, M., Marimuthu, K. & Arockiaraj, J. (2013). Fish lily type lectin-1 contains β-prism architecture: Immunological characterization. *Molecular Immunology*, *56*(4), 497–506. DOI:10.1016/j.molimm.2013.06.020

Ayhancı, T. & Altındiş, M. (2020). COVID-19 İmmünopatogenezi ve Sitokin Fırtınası. *Journal Of Biotechnology And Strategic Health Research*, 65–69. DOI:10.34084/bshr.726976

Beck, B. H. & Peatman, E. (2015). *Mucosal Health in Aquaculture*. *Mucosal Health in Aquaculture*. Elsevier, 397 p. DOI:10.1016/C2013-0-06826-0

Boehm, T. (2011). Design principles of adaptive immune systems. *Nature Reviews Immunology*, *11*(5), 307–317. DOI:10.1038/nri2944

Boschi, I., Randelli, E., Buonocore, F., Casani, D., Bernini, C., Fausto, A.M., & Scapigliati, G. (2011). Transcription of T cell-related genes in teleost fish, and the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) as a model. *Fish & Shellfish Immunology*, *31*(5), 655–662. DOI: 10.1016/j.fsi.2010.10.001

Boshra, H., Li, J. & Sunyer, J.O. (2006). Recent advances on the complement system of teleost fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *20*(2), 239–262. DOI: 10.1016/j.fsi.2005.04.004

Bowden, T., Cook, P. & Rombout, J. (2005). Development and function of the thymus in teleosts. *Fish & Shellfish Immunology*, *19*(5), 413–427. DOI: 10.1016/j.fsi.2005.02.003

Bozkurt, M. & Eren, U. (2009). Balıklarda lenfoid organlar. *Veteriner Hekimler Derneği Dergisi*, *80*(2), 13–18.

Brattgjerd, S. & Evensen, Ø. (1996). A sequential light microscopic and ultrastructural study on the uptake and handling of *Vibrio salmonicida* in phagocytes of the head kidney in experimentally infected Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Veterinary Pathology*, *33*(1), 55–65.

DOI: 10.1177/030098589603300106

Buchmann, K. (1999). Immune mechanisms in fish skin against monogeneans--a model. *Folia Parasitologica*, *46*(1), 1–9. DOI:10.3147/jsfp.36.21

Castro, R., Bernard, D., Lefranc, M.P., Six, A., Benmansour, A. & Boudinot, P. (2011). T cell diversity and TcR repertoires in teleost fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *31*(5), 644–654. DOI:10.1016/j.fsi.2010.08.016

Castro, R. & Tafalla, C. (2015). Overview of fish immunity. *Mucosal Health in Aquaculture* Elsevier. 3-54 pp. DOI:10.1016/B978-0-12-417186-2.00002-9

Chen, J., Wu, H. Q., Niu, H., Shi, Y H. & Li, M.Y. (2009). Increased liver protein and mRNA expression of natural killer cell-enhancing factor B (NKEF-B) in ayu (*Plecoglossus altivelis*) after Aeromonas hydrophila infection. *Fish & Shellfish Immunology*, *26*(3), 567–571 . DOI:10.1016/j.fsi.2009.02.004

Dönmez, A. E. (2016). Balıklarda melanomakrofaj merkezleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, *33*(1), 81-87. DOI:10.12714/egejfas.2016.33.1.12

Durmaz, Y. (2016). Balıklarda Viral Enfeksiyonlara Karşı İmmun Sistemin İşleyişi. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, *11*(3), 355–355. DOI:10.17094/ataunivbd.282995

Duzguner, V. & Erdogan, S. (2012). Chronic exposure to imidacloprid induces inflammation and oxidative stress in the liver & central nervous system of rats. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, *104*(1), 58–64. DOI:10.1016/j.pestbp.2012.06.011

Eder, C. (2009). Mechanisms of interleukin-1β release. *Immunobiology*, *214*(7), 543–553. DOI:10.1016/j.imbio.2008.11.007

Ellis, A. E. (1999). Immunity to bacteria in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *9*(4), 291–308. DOI:10.1006/fsim.1998.0192

Engelsma, M.Y., Stet, R.J.M., Schipper, H. & Verburg-van Kemenade, B.M.L. (2001). Regulation of interleukin 1 beta RNA expression in the common carp, *Cyprinus carpio* L. *Developmental & Comparative Immunology*, *25*(3), 195–203. DOI:10.1016/S0145-305X(00)00059-8

Engelsma, M.Y., Huising, M.O., van Muiswinkel, W.B., Flik, G., Kwang, J., Savelkoul, H.F.J. & Verburg-van Kemenade, B.M.L. (2002). Neuroendocrine–immune interactions in fish: a role for interleukin-1. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *87*(3–4), 467–479. DOI:10.1016/S0165-2427(02)00077-6

Fänge, R. & Nilsson, S. (1985). The fish spleen: structure and function. *Experientia*, *41*(2), 152–158.

Fischer, U., Koppang, E.O. & Nakanishi, T. (2013). Teleost T and NK cell immunity. *Fish & Shellfish Immunology*, *35*(2), 197–206. DOI:10.1016/j.fsi.2013.04.018

Franklin, C.E., Davison, W. & McKenzie, J.C. (1993). the Role of the Spleen During Exercise in the Antarctic Teleost, Pagothenia Borchgrevinki. *Journal of Experimental Biology*, *174*(1), 381–386.

Goetz, F. (2004). Tumor necrosis factors. *Developmental & Comparative Immunology*, *28*(5), 487–497. DOI:10.1016/j.dci.2003.09.008

Guardiola, F.A., Cuesta, A., Abellán, E., Meseguer, J. & Esteban, M.A. (2014). Comparative analysis of the humoral immunity of skin mucus from several marine teleost fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *40*(1), 24–31. DOI:10.1016/j.fsi.2014.06.018

Hod, E.A., Cadwell, C.M., Liepkalns, J.S., Zimring, J.C., Sokol, S.A., Schirmer, D.A., Jhang, J. & Spitalnik, S. L. (2008). Cytokine storm in a mouse model of IgG-mediated hemolytic transfusion reactions. *Blood*, *112*(3), 891–894. DOI: 10.1182/blood-2008-01-132092

Holland, M.C. H. & Lambris, J.D. (2002). The complement system in teleosts. *Fish & Shellfish Immunology*, *12*(5), 399–420.

DOI: 10.1006/fsim.2001.0408

Hong, S., Li, R., Xu, Q., Secombes, C.J. & Wang, T. (2013). Two Types of TNF-α Exist in Teleost Fish: Phylogeny, Expression, and Bioactivity Analysis of Type-II TNF-α3 in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *The Journal of Immunology*, *191*(12), 5959–5972.

DOI: 10.4049/jimmunol.1301584

Huising, M. (2004). The molecular evolution of the interleukin-1 family of cytokines; IL-18 in teleost fish. *Developmental & Comparative Immunology*, *28*(5), 395–413. DOI: 10.1016/j.dci.2003.09.005

Ingerslev, H.C., Lunder, T. & Nielsen, M.E. (2010). Inflammatory and regenerative responses in salmonids following mechanical tissue damage and natural infection. *Fish & Shellfish Immunology*, *29*(3), 440–450. DOI: 10.1016/j.fsi.2010.05.002

Jang, S. I., Hardie, L.J. & Secombes, C.J. (1995). Elevation of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* macrophage respiratory burst activity with macrophage-derived supernatants. *Journal of Leukocyte Biology*, *57*(6), 943–947. DOI:10.1002/jlb.57.6.943

Karaman, Z. & Dorucu, M. (2017). Balıklarda Bağışıklık Sistemi Organları ve Histolojisi. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, *3*(1), 65–74.

Kav, K., & Erganis, O. (2008). Balıklarda Bağışıklık Sistemi. *Veteriner Bilimleri Dergisi*, *24*(1), 97–106.

Kilercioglu, S., Ay, O., Oksuz, H. & Yilmaz, M.B. (2020). The effects of the neurotoxic agent emamectin benzoate on the expression of immune and stress-related genes and blood serum profiles in the Rainbow trout. *Molecular Biology Reports*, 47, 5243–5251. DOI:10.1007/s11033-020-05599-w

Kinoshita, S., Biswas, G., Kono, T., Hikima, J. & Sakai, M. (2014). Presence of two tumor necrosis factor (tnf)-α homologs on different chromosomes of zebrafish (*Danio rerio*) and medaka (*Oryzias latipes*). *Marine Genomics*, *13*, 1–9. DOI:10.1016/j.margen.2013.10.004

Kono, T., Takayama, H., Nagamine, R., Korenaga, H. & Sakai, M. (2013). Establishment of a multiplex RT-PCR assay for the rapid detection of fish cytokines. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *151*(1–2), 90–101. DOI:10.1016/j.vetimm.2012.10.012

Koppang, E. O., Fischer, U., Moore, L., Tranulis, M. A., Dijkstra, J. M., Köllner, B., Aune, L., Jirillo, E. & Hordvik, I. (2010). Salmonid T cells assemble in the thymus, spleen and in novel interbranchial lymphoid tissue. *Journal of Anatomy*, *217*(6), 728–739. DOI:10.1111/j.1469-7580.2010.01305.x

Kranz, H. & Peters, N. (1984). Melano-macrophage centres in liver and spleen of ruffe (*Gymnocephalus cernua*) from the Elbe Estuary. *Helgoländer Meeresuntersuchungen*, *37*(1–4), 415–424. DOI:10.1007/BF01989320

Larrick, J.W. & Wright, S.C. (1990). Cytotoxic mechanism of tumor necrosis factor-α. *The FASEB Journal*, *4*(14), 3215–3223. DOI:10.1096/fasebj.4.14.2172061

Lazado, C.C. & Caipang, C.M.A. (2014). Mucosal immunity and probiotics in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *39*(1), 78–89. DOI:10.1016/j.fsi.2014.04.015

Lieschke, G.J. & Trede, N.S. (2009). Fish immunology. *Current Biology*, *19*(16), R678–R682. DOI:10.1016/j.cub.2009.06.068

Liu, Y., Iwasaki, T., Watarai, S. & Kodama, H. (2004). Effect of turpentine oil on C-reactive protein (CRP) production in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology*, *17*(3), 203–210. DOI:10.1016/j.fsi.2004.03.003

Liu, B., Li, M., Zhou, Z., Guan, X. & Xiang, Y. (2020). Can we use interleukin-6 (IL-6) blockade for coronavirus disease 2019 (COVID-19)-induced cytokine release syndrome (CRS) *Journal of Autoimmunity*, *111*, 2–8.

Locksley, R. M., Killeen, N. & Lenardo, M. J. (2001). The TNF and TNF Receptor Superfamilies. *Cell*, *104*(4), 487–501. DOI:10.1016/S0092-8674(01)00237-9

Lopez-Castejon, G. & Brough, D. (2011). Understanding the mechanism of IL-1β secretion. *Cytokine & Growth Factor Reviews*, *22*(4), 189–195. DOI:10.1016/j.cytogfr.2011.10.001

Magadan, S., Sunyer, O.J. & Boudinot, P. (2015). Unique Features of Fish Immune Repertoires: Particularities of Adaptive Immunity Within the Largest Group of Vertebrates. In *Results and Problems in Cell Differentiation* (pp. 235–264). DOI:10.1007/978-3-319-20819-0_10

Magnadóttir, B. (2006). Innate immunity of fish (overview). *Fish & Shellfish Immunology*, *20*(2), 137–151. DOI:10.1016/j.fsi.2004.09.006

Mashoof, S. & Criscitiello, M. (2016). Fish Immunoglobulins. *Biology*, *5*(4), 45-47. DOI:10.3390/biology5040045

Mumford, S., Heidel, J., Smith, C., Morrison, J., Macconnell, B. & Blazer, V. (2007). Chapter 2: Normal Histology. In *Fish Histology and Histopathology* (p. 357).

Mustak, H. K. & Esendal, O. M. (2007). Toll benzeri reseptörler. *Etlik Veteriner Mikroıbiyoloji Dergisi*, *18*, 33–37.

Mutoloki, S., Jørgensen, J. B. & Evensen, Ø. (2014). The Adaptive Immune Response in Fish. In *Fish Vaccination* (pp. 104–115). Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd. DOI:10.1002/9781118806913.ch9

Nakanishi, T., Shibasaki, Y. & Matsuura, Y. (2015). T Cells in Fish. *Biology*, *4*(4), 640–663. DOI:10.3390/biology4040640

Neves, J. V., Wilson, J. M. & Rodrigues, P. N. S. (2009). Transferrin and ferritin response to bacterial infection: The role of the liver and brain in fish. *Developmental & Comparative Immunology*, *33*(7), 848–857. DOI:10.1016/j.dci.2009.02.001

Ottová, E., Šımková, A. & Morand, S. (2007). The role of major histocompatibility complex diversity in vigour of fish males (*Abramis brama* L.) and parasite selection. *Biological Journal of the Linnean Society*, *90*(3), 525–538. DOI:10.1111/j.1095-8312.2007.00743.x

Özdemir, S., Altun, S. & Arslan, H. (2018). Imidacloprid exposure cause the histopathological changes, activation of TNF-α, iNOS, 8-OHdG biomarkers, and alteration of caspase 3, iNOS, CYP1A, MT1 gene expression levels in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Toxicology Reports*, *5*, 125–133. DOI:10.1016/j.toxrep.2017.12.019

Palti, Y. (2011). Toll-like receptors in bony fish: From genomics to function. *Developmental & Comparative Immunology*, *35*(12), 1263–1272. DOI:10.1016/j.dci.2011.03.006

Parra, D., Korytář, T., Takizawa, F. & Sunyer, J.O. (2016). B cells and their role in the teleost gut. *Developmental & Comparative Immunology*, *64*, 150–166. DOI:10.1016/j.dci.2016.03.013

Pepys, M.B., Dash, A.C., Fletcher, T.C., Rıchardson, N., Munn, E.A. & Feinstein, A. (1978). Analogues in other mammals and in fish of human plasma proteins, C-reactive protein and amyloid P component. *Nature*, *273*(5658), 168–170. DOI:10.1038/273168a0

Pérez-Cordón, G., Estensoro, I., Benedito-Palos, L., Calduch-Giner, J.A., Sitjà-Bobadilla, A. & Pérez-Sánchez, J. (2014). Interleukin gene expression is strongly modulated at the local level in a fish–parasite model. *Fish & Shellfish Immunology*, *37*(2), 201–208. DOI:10.1016/j.fsi.2014.01.022

Petrie-Hanson, L. & Ainsworth, A. J. (2000). Differential cytochemical staining characteristics of channel catfish leukocytes identify cell populations in lymphoid organs. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *73*(2), 129–144. DOI:10.1016/S0165-2427(99)00155-5

Plouffe, D. A., Hanington, P.C., Walsh, J. G., Wilson, E.C. & Belosevic, M. (2005). Comparison of select innate immune mechanisms of fish and mammals. *Xenotransplantation*, *12*(4), 266–277. DOI:10.1111/j.1399-3089.2005.00227.x

Press, C. M. & Evensen, Ø. (1999). The morphology of the immune system in teleost fishes. *Fish & Shellfish Immunology*, *9*(4), 309–318. DOI:10.1006/fsim.1998.0181

Qiu, W., Hu, J., Magnuson, J. T., Greer, J., Yang, M., Chen, Q., Fang, M., Zheng, C. & Schlenk, D. (2020). Evidence linking exposure of fish primary macrophages to antibiotics activates the NF-kB pathway. *Environment International*, *138*, 1–10.

Rakers, S., Niklasson, L., Steinhagen, D., Kruse, C., Schauber, J., Sundell, K. & Paus, R. (2013). Antimicrobial Peptides (AMPs) from Fish Epidermis: Perspectives for Investigative Dermatology. *Journal of Investigative Dermatology*, *133*(5), 1140–1149. DOI:10.1038/jid.2012.503

Randelli, E., Buonocore, F. & Scapigliati, G. (2008). Cell markers and determinants in fish immunology. *Fish & Shellfish Immunology*, *25*(4), 326–340. DOI:10.1016/j.fsi.2008.03.019

Rasmussen, S.B., Reinert, L.S. & Paludan, S.R. (2009). Innate recognition of intracellular pathogens: detection and activation of the first line of defense. *APMIS*, *117*(5–6), 323–337. DOI:10.1111/j.1600-0463.2009.02456.x

Rauta, P.R., Samanta, M., Dash, H.R., Nayak, B. & Das, S. (2014). Toll-like receptors (TLRs) in aquatic animals: Signaling pathways, expressions and immune responses. *Immunology Letters*, *158*(1–2), 14–24. DOI:10.1016/j.imlet.2013.11.013

Rebl, A., Goldammer, T. & Seyfert, H.M. (2010). Toll-like receptor signaling in bony fish. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, *134* (3–4), 139–150. DOI:10.1016/j.vetimm.2009.09.021

Reis, M.I.R., do Vale, A., Pereira, P.J.B., Azevedo, J.E. & dos Santos, N.M.S. (2012). Caspase-1 and IL-1β Processing in a Teleost Fish. *PLoS ONE*, *7*(11), e50450. DOI:10.1371/journal.pone.0050450

Reyes-Cerpa, S., Maisey, K., Reyes-Lpez, F., Toro-Ascuy, D., Mara, A. & Imarai, M. (2012). Fish Cytokines and Immune Response. In *New Advances and Contributions to Fish Biology* (pp. 3–57). InTech. DOI:10.5772/53504

Roca, F. J., Mulero, I., López-Muñoz, A., Sepulcre, M. P., Renshaw, S. A., Meseguer, J. & Mulero, V. (2008). Evolution of the Inflammatory Response in Vertebrates: Fish TNF-α Is a Powerful Activator of Endothelial Cells but Hardly Activates Phagocytes. *The Journal of Immunology*, *181*(7), 5071–5081. DOI:10.4049/jimmunol.181.7.5071

Rombout, J.H.W.M., Abelli, L., Picchietti, S., Scapigliati, G. & Kiron, V. (2011). Teleost intestinal immunology. *Fish & Shellfish Immunology*, *31*(5), 616–626. DOI:10.1016/j.fsi.2010.09.001

Rosinsk, S.L., Storb, R., Strong, R.K., Sale, G.E., Stone, D.M., Gewe, M.M. Friend, D.J., Abrams, V.K., Randolph-Habecker, J.& Graves, S.S. (2015). Anti-CD28 Antibody-Initiated Cytokine Storm in Canines. *Transplantation Direct*, *1*, 1–11.

Saeıj, J.P.J., Van Muıswınkel, W.B., Groeneveld, A. & Wıegertjes, G.F. (2002). Immune modulation by fish kinetoplastid parasites: a role for nitric oxide. *Parasitology*, *124*(1), 77–86. DOI:10.1017/S0031182001008915

Salinas, I., Zhang, Y.-A. & Sunyer, J. O. (2011). Mucosal immunoglobulins and B cells of teleost fish. *Developmental & Comparative Immunology*, *35*(12), 1346–1365. DOI:10.1016/j.dci.2011.11.009

Saurabh, S. & Sahoo, P. K. (2008). Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquaculture Research*, *39*(3), 223–239. DOI:10.1111/j.1365-2109.2007.01883.x

Savan, R., Kono, T., Igawa, D. & Sakai, M. (2005). A novel tumor necrosis factor (TNF) gene present in tandem with theTNF-α gene on the same chromosome in teleosts. *Immunogenetics*, *57*(1–2), 140–150. DOI:10.1007/s00251-005-0768-4

Savan, R. & Sakai, M. (2006). Genomics of fish cytokines. *Comparative Biochemistry and Physiology Part D: Genomics and Proteomics*, *1*(1), 89–101. DOI:10.1016/j.cbd.2005.08.005

Scapigliati, G., Costantini, S., Colonna, G., Facchiano, A., Buonocore, F., Bossù, P., Cunningham, C., Holland, J.W. & Secombes, C. J. (2004). Modelling of fish interleukin-1 and its receptor. *Developmental & Comparative Immunology*, *28*(5), 429–441. DOI:10.1016/j.dci.2003.09.014

Scapigliati, G., Buonocore, F. & Mazzini, M. (2006). Biological Activity of Cytokines: An Evolutionary Perspective. *Current Pharmaceutical Design*, *12*(24), 3071–3081. DOI:10.2174/138161206777947489

Secombes, C.J. & Wang, T. (2012). The innate and adaptive immune system of fish. In *Infectious Disease in Aquaculture* (pp. 3–68). Elsevier. DOI:10.1533/9780857095732.1.3

Secombes, C.J., Wang, T. & Bird, S. (2011). The interleukins of fish. *Developmental & Comparative Immunology*, *35*(12), 1336–1345. DOI:10.1016/j.dci.2011.05.001

Secombes, C.J., Wang, T., Hong, S., Peddie, S., Crampe, M., Laing, K.J., Cunningham, C. & Zou, J. (2001). Cytokines and innate immunity of fish. *Developmental & Comparative Immunology*, *25*(8–9), 713–723. DOI:10.1016/S0145-305X(01)00032-5

Sekaran, K.P., Parasuraman, A.S. & Rajamani, D.M. (2017). Modulation of the innate immune responses in the striped snakehead murrel, *Channa striata* upon experimental infection with live and heat killed *Aeromonas hydrophila*. *Open Veterinary Journal*, *7*(2), 157-162. DOI:10.4314/ovj.v7i2.13

Stafford, J.L. & Belosevic, M. (2003). Transferrin and the innate immune response of fish: identification of a novel mechanism of macrophage activation. *Developmental & Comparative Immunology*, *27*(6–7), 539–554. DOI:10.1016/S0145-305X(02)00138-6

Taghon, T. & Rothenberg, E.V. (2008). Molecular mechanisms that control mouse and human TCR-αβ and TCR-γδ T cell development. *Seminars in Immunopathology*, *30*(4), 383–398. DOI:10.1007/s00281-008-0134-3

Tanekhy, M. & Sakai, M. (2019). Inflammatory cytokines responses of common carp, *Cyprinus carpio*, leucocytes in vitro treated by immunostimulants. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *18*(4), 847–861.

Toledo-Ibarra, G.A., Rojas-Mayorquín, A.E. & Girón-Pérez, M.I. (2013). Influence of the Cholinergic System on the Immune Response of Teleost Fishes: Potential Model in Biomedical Research. *Clinical and Developmental Immunology*, *2013*, 1–9. DOI:10.1155/2013/536534

Tort, Lluis, Balasch, J.C. & Mackenzie, S. (2003). Fish immune system. A crossroads between innate and adaptive responses. *Inmunologia*, 11(3), 234-240

Tort, L, Balasch, J.C. & Mackenzie, S. (2004). Fish health challenge after stress. Indicators of immunocompetence. *Contributions to Science*, *2*(4), 443–454.

Tung, J.-P., Fraser, J.F., Wood, P. & Fung, Y. (2009). Respiratory burst function of ovine neutrophils. *BMC Immunology*, *10*(1), 25-29. DOI:10.1186/1471-2172-10-25

Uribe, C., Folch, H., Enriquez, R. & Moran, G. (2011).;Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. *Veterinární Medicína*, *56*(10), 486–503. DOI:10.17221/3294-VETMED

Us, D. (2008). Cytokıne Storm In Avıan Influenza. *Mikrobiyoloji Bülteni*, *42*, 365–380.

Vasta, G.R., Nita-Lazar, M., Giomarelli, B., Ahmed, H., Du, S., Cammarata, M., Parrinello, N., Bianchet, M.A. & Amzel, L.M. (2011). Structural and functional diversity of the lectin repertoire in teleost fish: Relevance to innate and adaptive immunity. *Developmental & Comparative Immunology*, *35*(12), 1388–1399. DOI:10.1016/j.dci.2011.08.011

Vera-Jimenez, N.I. & Nielsen, M.E. (2013). Carp head kidney leukocytes display different patterns of oxygen radical production after stimulation with PAMPs and DAMPs. *Molecular Immunology*, *55*(3–4), 231–236. DOI:10.1016/j.molimm.2013.01.016

Verburg-Van Kemenade, B.M.L., Stolte, E.H., Metz, J.R. & Chadzinska, M. (2009). Chapter 7 Neuroendocrine–Immune Interactions in Teleost Fish. In *Fish Physiology* (pp. 313–364). DOI:10.1016/S1546-5098(09)28007-1

Wang, T. & Secombes, C.J. (2013). The cytokine networks of adaptive immunity in fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *35*(6), 1703–1718. DOI:10.1016/j.fsi.2013.08.030

Watts, M., Munday, B. & Burke, C. (2001). Immune responses of teleost fish. *Australian Veterinary Journal*, *79*(8), 570–574. DOI:10.1111/j.1751-0813.2001.tb10753.x

Workenhe, S.T., Rise, M.L., Kibenge, M.J.T. & Kibenge, F.S.B. (2010). The fight between the teleost fish immune response and aquatic viruses. *Molecular Immunology*, *47*(16), 2525–2536. DOI:10.1016/j.molimm.2010.06.009

Wu, L., Qin, Z., Liu, H., Lin, L., Ye, J. & Li, J. (2020). Recent Advances on Phagocytic B Cells in Teleost Fish. *Frontiers in Immunology*, *11*, 109-115. DOI:10.3389/fimmu.2020.00824

Yalçın, B. (2013). Major doku uygunluk kompleksi (MHC) molekülleri: genel özellikleri ve hastalıklarla ilişkisi. *TURKDERM*, *47*(1), 12–17. DOI:10.4274/turkderm.47.s2

Yildirim, N.C. & Danabas, S. (2014). Assessment of immunomodulator biomarkers (Tnf-α, Il-1β and Il-6) in liver of Capoeta umbla for biomonitoring of pollution in Uzuncayir Dam Lake (Tunceli, Turkey). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *13*(3), 653–666.

Zapata, A., Diez, B., Cejalvo, T., Gutiérrez-de Frías, C. & Cortés, A. (2006). Ontogeny of the immune system of fish. *Fish & Shellfish Immunology*, *20*(2), 126–136. DOI:10.1016/j.fsi.2004.09.005

Zhang, J.-M. & An, J. (2007). Cytokines, Inflammation, and Pain. *International Anesthesiology Clinics*, *45*(2), 27–37. DOI:10.1097/AIA.0b013e318034194e

Zou, J. & Secombes, C. (2016). The Function of Fish Cytokines. *Biology*, *5*(2), 23-28. DOI:10.3390/biology5020023