

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

ISSN 1300 - 1590

EgeJFAS

Su Ürünleri Dergisi



Volume 34 Number 3

2017



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 Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.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

Gürkan, Ş., & Taşkavak, E. (2011). Seasonal condition factors of Syngnathid species from Aegean Sea coasts (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(1): 21-24. doi: 10.12714/egejfas.2011.23.2.1

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

Soutos, 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). Izmir, 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. Corresponding authors will receive one hardcopy of the journal. 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 ULAKBİM TR Dizin, THOMSON REUTERS (Zoological Records), DOAJ, EBSCOhost, ASFA, ProQuest, CiteFactor, OAJ, SHERPA/RoMEO, Papyrus, DRJI, Scilit

Corresponding Address

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Ege University Faculty of Fisheries
35100 Bornova-Izmir, Turkey
Phone: +90 232 311 3838
Fax: +90 232 388 3685
E-mail: editor@egejfas.org

ISSN

1300-1590 (Print)
2148-3140 (Online)

Su Ürünleri Dergisi

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Volume 34 Number 3

ISSN 1300-1590

İÇİNDEKİLER CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

- İzmir Körfezi'nde olta ile kalamar (*Loligo vulgaris*) avcılığı yapan balıkçıların sosyo-ekonomik analizi
Socio-economic analysis of squid (*Loligo vulgaris*) fishers using fishing jigs in Izmir Bay
Huriye Göncüoğlu Bodur, M. Hakan Kaykaç, Vahdet Ünal 249-254
- The occurrence of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) in cage-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* from Işıklı Spring, Çivril, Turkey
Işıklı Kaynağı, Çivril'de ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) varlığı
Dilara Sözeren Çevrimel, Erhan Soylu 255-260
- Boztepe Recai Kutun Baraj Gölü (Malatya - Türkiye) zooplankton faunası
Zooplankton of Boztepe Recai Kutun Dam Lake (Malatya - Turkey)
Serap Saler, Kenan Alpaslan, Gökhan Karakaya, Fatih Gündüz 261-267
- Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri
Technical characteristics of set nets used in artisanal fisheries the East Black Sea Region
Serap Samsun, Ögünç Emirbuyuran 269-275
- Quantitative and qualitative observations of European sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816) gonad in Cesme Bay, Izmir, Turkey
Çeşme Körfezi'ndeki Avrupa Deniz Kestanesi gonadının (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816) kalitatif ve kantitatif incelenmesi
Aysun Küçükdermenci, Aynur Lök, Sefa Acarlı, Selçuk Yiğitkurt, Ali Kırtık, Evrim Kurtay 277-280
- Farklı su sıcaklıklarında deltamethrin uygulanan pullu sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'da oksidatif stresin belirlenmesi
Determination of oxidative stress in scaly carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) exposed to deltamethrin in different water temperature
Ahmet Turan San, M. Enis Yonar 281-286
- Some morphometric features and length - weight relationships of F₁ hybrid juveniles (*Umbrina cirrosa* ♀ X *Argyrosomus regius* ♂)
F₁ juvenil hibritleri (*Umbrina cirrosa* ♀ X *Argyrosomus regius* ♂) nin bazı morfolojik özellikleri ve boy- ağırlık ilişkileri
Şule Gürkan, Kutsal Gamsız, Bilge Karahan, Emel Özcan Gökçek 287-291
- Effects of deep-frying to sardine croquettes' chemical composition
Derin yağda kızartmanın sardalya kroketlerin kimyasal kompozisyonuna etkisi
Ekrem Cem Çankırılıgil, Nermin Berik 293-302
- Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae)' in üreme biyolojisi üzerine gözlemler
Observations on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae)
Mehmet Güler, Deniz Çoban, Birsan Kırım 303-309
- Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı göllerin zooplankton kompozisyonu üzerine bir ön araştırma
A preliminary study on the zooplankton composition of some lakes in the Western Black Sea Region (Turkey)
Didem Özdemir Mis, Cem Aygen, M. Ruşen Ustaoglu, Süleyman Balık, Hasan M. Sarı 311-320
- The effects of the fig (*Ficus carica*) extract and onion (*Allium cepa*) extract addition to *Cyprinus carpio* feeds in different amount on the growth performance
İncir (*Ficus carica*) ekstraktı ve soğan (*Allium cepa*) ekstraktının *Cyprinus carpio* balıklarının büyüme performansı ve yem dönüşüm oranı üzerine etkisi
Ebru Yılmaz, Deniz Çoban, Fatih Bayar 321-326
- Çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) ların baş bölgesinden elde edilen protein hidrolizatlarının depolamadaki kararlılığı
Stability of fish protein hydrolysate from heads of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage
Nida Demirtaş, Ömer Alper Erdem, Şükran Çaklı 327-336

KISA ARAŞTIRMALAR SHORT COMMUNICATIONS

- Reconfirmed occurrence and northward expansion of the royal flagfish *Aulopus filamentosus* (Bloch, 1792) from the Aegean Sea
Aulopus filamentosus türünün Ege Denizi'nden yeniden onaylanmış gözlemi ve en kuzey dağılımı
İsmail Burak Daban, Kamil Çakır, Deniz Acarlı, Ali İşmen 337-339
- Spongilla lacustris*'in (Porifera: Demospongiae) Doğu Karadeniz'den (Uzungöl, Trabzon) ilk kaydı
First record of *Spongilla lacustris* (Porifera: Demospongiae) from the Eastern Black Sea (Uzungöl Lake, Trabzon)
Murat Özbek, Efe Ulutürk 341-346

DERLEMELER REVIEWS

- Akuakültürde sürdürülebilir besin kaynağı olarak mikroalglerin kullanımı
Usage of microalgae as a sustainable food source in aquaculture
Esin Özçipek, Erkan Can, Kadir Yılmaz, Şafak Seyhaneyildiz Can 347-354
- İhtiyoplanktonun dağılım dinamikleri ve stoka katılım hipotezleri
Distribution dynamics of ichthyoplankton and recruitment hypotheses
Sinan Mavruk, Dursun Avşar 355-361



Published by
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey



Su Ürünleri Dergisi
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Sahibi Director

Uğur SUNLU **Dekan V. D. Dean**
Ege University Faculty of Fisheries, Turkey

Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief

Ufuk ÇELİK
Ege University Faculty of Fisheries, Turkey

Yazı İşleri Müdür Yardımcıları Co-Editors-in-Chief

Gürel TÜRKMEN Ege University Faculty of Fisheries, Turkey
Hasan M. SARI Ege University Faculty of Fisheries, Turkey

Yardımcı Editörler Associate Editors

Okan AKYOL Ege University Faculty of Fisheries, Turkey
Mehmet Alp SALMAN Ege University Faculty of Fisheries, Turkey
Cüneyt SUZER Ege University Faculty of Fisheries, Turkey
Zafer TOSUNOĞLU Ege University Faculty of Fisheries, Turkey
Vahdet ÜNAL Ege University Faculty of Fisheries, Turkey

Teknik Editör Technical Editor

M. Tolga TOLON Ege University Faculty of Fisheries, Turkey

Yabancı Dil Editörü Foreign Language Editor

Eren ALKAN Ege University School of Foreign Languages, Turkey

Yayın Kurulu Editorial Board

Ela ATİŞ Ege University, Turkey
Aslı BAŞARAN Ege University, Turkey
S. Serap BİRİNCİOĞLU Adnan Menderes University, Turkey
Javier BORDERÍAS ICTAN-CSIC, Spain
Kurt BUCHMANN University of Copenhagen, Denmark
İbrahim CENGİZLER Çukurova University, Turkey
Melih Ertan ÇINAR Ege University, Turkey
Yılmaz ÇİFTÇİ Ordu University, Turkey
Deniz ÇOBAN Adnan Menderes University, Turkey
Mark DIMECH FAO Fish. Aqua. Dept., Greece
M. Tolga DİNÇER Ege University, Turkey
Özdemir EGEMEN Ege University, Turkey
Ercüment GENÇ Ankara University, Turkey
Ana GORDOA CEAB-CSIC, Spain
Arif GÖNÜLOL Ondokuz Mayıs University, Turkey
Gertrud HAIDVOGL Uni. Nat. Res. Life Sci., Austria
Chiaki İMADA Tokyo Uni. Marine Sci. Tech., Japan
F. Saadet KARAKULAK İstanbul University, Turkey
Tuncer KATAĞAN Ege University, Turkey
Nilgün KAZANCI Hacettepe University, Turkey
Ferah KOÇAK Dokuz Eylül University, Turkey
Marcelo de Castro LEAL University of Lavras, Brazil
Aynur LÖK Ege University, Turkey
K. Karal MARX Fisheries College and Research Institute, India
Jörg OEHLenschläger Seafood Consultant, Germany
M. Bahadır ÖNSOY Muğla Sıtkı Koçman University, Turkey
Murat ÖZBEK Ege University, Turkey
Hüseyin ÖZBİLGİN Mersin University, Turkey
Müfit ÖZULUĞ İstanbul University, Turkey
Giuliana PARISI University of Florence, Italy
Hatice PARLAK Ege University, Turkey
Ferit RAD Mersin University, Turkey
Şahin SAKA Ege University, Turkey
Hülya SAYGI Ege University, Turkey
Radu SUCIU Danube Delta National Institute, Romania
Tamás SZABÓ Szent István University, Hungary
William W. TAYLOR Michigan State University, USA
E. Mümtaz TIRAŞIN Dokuz Eylül University, Turkey
Adnan TOKAÇ Ege University, Turkey
Sühendan Mol TOKAY İstanbul University, Turkey
M. Ruşen USTAOĞLU Ege University, Turkey
Mustafa ÜNLÜSAYIN Akdeniz University, Turkey
Hijran YAVUZCAN Ankara University, Turkey
Argyro ZENETOS Hellenic Centre for Marine Research, Greece

Yayın Ofisi

Halise KUŞÇU

Editorial Office

Ege University Faculty of Fisheries, 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 Certificate No:18679

Basım Printing

Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. Ege University Press, Bornova, İzmir.

Basım Tarihi Printing Date

October 25th, 2017

İletişim Contact

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

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

İzmir Körfezi'nde olta ile kalamar (*Loligo vulgaris*) avcılığı yapan balıkçıların sosyo-ekonomik analizi

Socio-economic analysis of fishers using squid (*Loligo vulgaris*) jigs in Izmir Bay

Huriye Göncüoğlu Bodur • M.Hakan Kaykaç*  • Vahdet Ünal

Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author: m.hakan.kaycac@gmail.com

Received date: 12.11.2016

Accepted date: 23.01.2017

How to cite this paper:

Göncüoğlu Bodur, H., Kaykaç, M.H. & Ünal, V. (2017). Socio-economic analysis of fishers using squid (*Loligo vulgaris*) jigs in Izmir Bay. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 249-254. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.01

Öz: İzmir Körfezi'nde, olta ile kalamar avcılığı yapan küçük ölçekli ve amatör balıkçıların demografik ve sosyo-ekonomik durumlarının tespit edildiği bu çalışma, Eylül 2010 – Eylül 2011 yıllarında Karaburun ve Yeni Foça hattı arasında kalan bölgede yürütülmüştür. Örnekleme yöntemi ile belirlenmiş ve daha sonra hem bu balıkçıların kendileri ile, hem de bölgede yer alan su ürünleri kooperatiflerinin yöneticileriyle anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Trata ve ırgıp gibi kıyı sürütme ağlarının 2001 yılında yasaklanmasıyla birlikte İzmir Körfezi'nde kalamar türlerinin av miktarında önemli azalmalar olmuş, karşılanamayan talep fiyatların yükselmesine neden olmuştur (15-25 TL/kg). Bu süreçte kalamar türlerinin avcılığında olta takımlarının daha yoğun olarak kullanıldığı gözlenmiştir. Anket sonuçları, İzmir Körfezi'nde geçimini kalamar avcılığı ile sağlayan balıkçıların mevcut olduğunu ortaya çıkarmıştır ve bu balıkçıların geliştirdiği kalamar el oltaları, ticari bir av aracı işlevi üstlenerek hem yüksek av verimine (min.1-max.41 kg/gün/balıkçı), hem de yüksek av değerlerine (min 15 TL - max 1.025 TL/gün/balıkçı) ulaştığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları, İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığında gerçekleşen değişim ve ortaya çıkan yeni bir balıkçı tipinin sosyo-ekonomik ve demografik özelliklerini sunmaktadır. Aynı zamanda, İzmir Körfezi kalamar avcılığı "ticari", "amatör" ve "amatör adı altında ticari" amaçlı bir işlev kazanması, balıkçılık yönetimi açısından dikkate alınması gereken bir gelişme olarak değerlendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Kalamar avcılığı, küçük ölçekli balıkçılık, amatör balıkçılık, İzmir Körfezi, balıkçılık ekonomisi

Abstract: This study, assessing the socio-economic status of small scale and recreational line squid fishers in Izmir Bay, was carried out between September 2010 and September 2011 in the area between Karaburun and Yeni Foça line. Fishers in the sample size were determined by simple random sampling method. A survey was later carried with these fishers as well as with the managers of the local fishery cooperatives. The ban on coastal trawl nets such as seine nets and drag nets in 2001 has led to a decrease in the amount of squid caught in the Izmir Bay, resulting in steeper prices due to imbalanced supply&demand patterns (15-25 TL/kg). In this period, use of fishing jigs in squid fishing were observed to have increased. Survey results revealed that there are fishers in the Izmir Bay living solely on squid fishing and the rods they specifically modified for squid have become commercial gears, enabling higher catch efficiency (min.1, max. 41 kg/day/disher) and catch value (min 15 TL - max 1.025 TL/day/fisher). This study has revealed the emergence of a new type of fishermen whose demographic and socio-economic features are shaped according to the change in squid fishing in the Izmir Bay. The fact that the traditional fishing rod has gained a "recreational" and "commercial disguised as recreational" function in the Izmir Bay squid fishing should be considered as a significant development in terms of fisheries management.

Keywords: Squid jigging, small-scale fisheries, recreational fisheries, Izmir Bay, fisheries economy

GİRİŞ

Kafadanbacaklıların (Kalamar-Sübye-Ahtapot) dünya balık ticaretindeki payı %4,9 oranındadır. İspanya, İtalya ve Japonya bu türlerin en büyük tüketicisidir. Tayland, İspanya, Çin, Arjantin ve Peru ise kalamar ve sübyenin en büyük ihracatçısı konumundadır (FAO, 2016). Bu türler Kuzey-Doğu Atlantik'de, Kuzey Deniz'i'nden Afrika kıyılarına kadar ve tüm Akdeniz'de (Roper vd., 1984) ve Doğu Atlantik'te; 55° Kuzey ve 20° Güney enlemleri arasında, Britanya Adaları, Kızıldeniz ve Akdeniz bölgesinde (doğu ve batı havzası) (Roper vd., 1984), Ege Denizi'nin tamamında (Mangold ve Boletzky, 1987; Salman vd.,

1997; Akyol ve Metin, 2001) ve Marmara Denizi'nde tuzluluğun %25'in üzerinde olduğu bölgelerde (Katağan vd., 1993) dağılım göstermektedir.

Kalamarlar özellikle tuzluluğun belirli bir düzeyde olduğu denizlerde yaşamaktadır. Bu nedenle tuzluluğun düşük (%16-18) olduğu Karadeniz'de yaşayamazlar. Buna karşın kalamarlar tuzluluğun %30'un üzerinde olduğu Ege ve Akdeniz'de, bol miktarda bulunmaktadır. Ege Denizi'nin demersal balıkçılık kaynakları üzerine yapılan

çalışmalarda kalamar türlerinden *Loligo vulgaris* (Lamarck, 1798), *Todarodes sagittatus* (Lamarck, 1798), *Illex coindetti* (Verany, 1837) ve *Loligo forbesi* (Steenstrup, 1856)'ye rastlanılmıştır. Balıkçılar kalamar türlerini; *Loligo vulgaris* adi kalamar, *Todarodes sagittatus* mızraklı kalamar ve *Illex coindetti* kırmızı kalamar olarak isimlendirmişlerdir. Bölgelere göre Türkçe isimlendirmeler farklılık gösterebilmektedir. Karadeniz hariç Türkiye denizlerinde bulunan ticari öneme sahip en önemli kalamar türü adi kalamar olarak bilinen *Loligo vulgaris*'dir. Kalamar miktarı açısından Ege Denizi, uygun yaşam alanlarının bulunması ve av araçlarının avcılığı bakımından önemli bir etkinliğe sahiptir. Kafadanbacaklıların Loliginidae familyasının bir üyesi olan adi kalamar, protein kaynağı ve lezzetli olması bakımından ekonomik değeri oldukça yüksektir (Sifner ve Vrgoc, 2004). Bu nedenle, Dünya ve Türkiye balıkçılığindeki en önemli hedef türler arasında yer almaktadır (Benli vd., 2000).

İzmir Körfezi'nde ışıkla gırgır ve trol avcılığı yasağının yanında 2001 yılından sonra trata ve iğrip gibi kıyı sürütme ağlarının yasaklanması sonucu kalamar av miktarında önemli düşüşler gözlenmiştir. 2000 yılında Ege Denizi'nde 245 ton avlanan kalamar, 2001 yılında 120 ton'a düşmüştür ve 2001 yılından sonra ise avlanan kalamar miktarında giderek azalmalar olmuştur. 2001 yılından itibaren türe yönelik talebin karşılanamaması tür fiyatlarını yükseltmiştir. Bu nedenle farklı av araçları ile yoğun kalamar avcılığı gerçekleştirilmiş olup 2014 yılı üretim miktarında artış gözlenmiştir. 2014 yılında Türkiye'de avlanan 367 ton kalamarın yaklaşık %74'ü Ege Denizi'nden geri kalan %41'i Akdeniz'den elde edilmektedir (TÜİK, 2015).

Bazı etkin av araçlarının İzmir Körfezi içinde yasaklanması ve türün ekonomik değerinin giderek artması nedeniyle bölgede olta ile kalamar avlayan amatör ve ticari balıkçı sayısının gün geçtikçe arttığı gözlemlenmiştir. Körfezdeki bu değişim sonucu, kalamar avcılığı son yıllarda oldukça kazançlı ve sosyal bir aktivite haline gelmiştir. Diğer taraftan, amatör ve ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğlerde kalamar avcılığına dair bir kural bulunmamaktadır (GTHB, 2016 a,b).

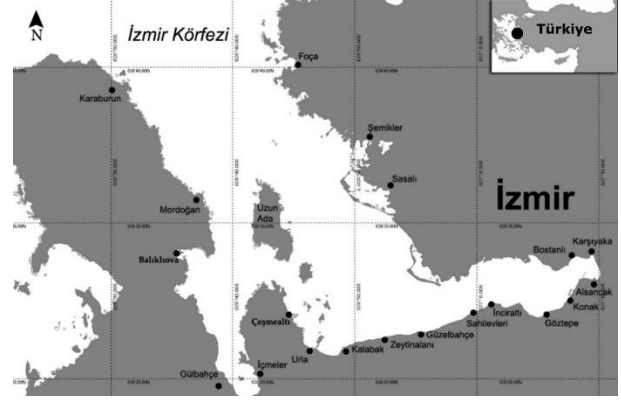
İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığının sosyo-ekonomik analizi üzerine yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu süreçte, amatör ve ticari balıkçılar tasarladıkları el olta takımları ile yoğun olarak kalamar avladıkları gözlenmiştir (Kaykaç vd., 2012). Olta ile kalamar avcılığı, balıkçılık yönetimi açısından dikkate alınması gereken önemli bir avcılık yöntemidir. Bu çalışma ile İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığında gerçekleşen değişim ve ortaya çıkan yeni balıkçı tipinin sosyo-ekonomik ve demografik özellikleri tespit edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçlar olası bir sürdürülebilir kalamar avcılığı yönetimi için araştırıcı ve ilgili kurumlara katkı sağlayacaktır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma alanı

Çalışmanın ele alındığı İzmir Körfezi kalamar avcılığı açısından zengin bir potansiyel sunmaktadır. Anket çalışmaları, Eylül 2010-Eylül 2011 yılı içinde, Karabun, Mordoğan,

Balıkliova, Gülbahçe, İçmeler, Çeşmealtı, Urla, Kalabak, Zeytinalanı, Güzelbahçe, Sahilevleri, İnciraltı, Göztepe, Konak, Alsancak, Karşıyaka, Bostanlı, Sasalı Şemikler ve Foça balıkçı barınaklarında yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışmanın yürütüldüğü bölge
Figure 1. Study area

Veri toplama

Evrenin belirlenmesinde: Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Kırsal Kalkınma ve Örgütlenme Genel Müdürlüğü kayıtlarından kalamar avcılığı yapan kişi sayısı tespit edilemediğinden, körfezde var olan Su Ürünleri Kooperatif kayıtlarından, kooperatif başkanları ile yapılan görüşmeler sonucunda avcılıkta hedef türü kalamar olan yapan kişilere/balıkçılara ulaşılmaması hedeflenmiştir. Bu amaçla ulaşılabilecek kişi sayısının hesaplanmasında sonsuz anakütle formülünden (Miran, 2003) yararlanılmıştır.

$$n = \frac{z^2 \cdot p(1 - p)}{d^2}$$

%95 güven aralığında d=0,10 ve z=1,96 ile örneklem hacmi hesaplandığında; eşitlik sonucu 99 rakamına ulaşılmaktadır. Kişilerin seçiminde "basit tesadüfi" örneklem yöntemi kullanılarak 96 kişi/balıkçı ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

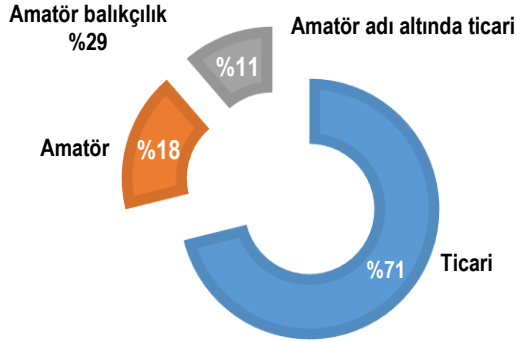
Hazırlanan anket formunda kalamar avcılarının 53 adet soru yöneltilmiştir. Yöneltilen soru cetvelinde demografik ve ekonomik özellikler, kalamar avcılığı ve yöntemlerine ait özellikler yer almaktadır.

Saha araştırması ile elde edilen veriler bilgisayar ortamına alındıktan sonra, Microsoft Excel XP yazılımında düzenlenerek, çeşitli çizelgeler elde edilmiştir. İstatistiksel analizlerde indeksler, frekans dağılımları, basit ortalamalardan yararlanılmıştır. Betimsel istatistik veriler kullanılmıştır.

BULGULAR

Balıkçılıkta hedef türü kalamar olan balıkçıların %71'i bu avcılığı ticari olarak, %29'ü ise amatör olarak yapmaktadır.

Amatör olarak yapanların %11'i ise bu avcılığı amatör adı altında ticari olarak yapmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Kalamar avcılığı yapan balıkçı tipleri
Figure 2. Type of squid jigging fishers

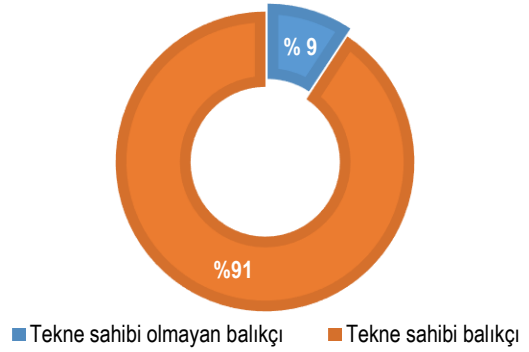
Kalamar avcılığı yapan balıkçıların %39'u 56-65 yaş aralığında, %58'i evli, %47'si 5 yıllık eğitime sahip ve gelir düzeyi %59'unun 501-750 TL/ay'dır. Kalamar avcılarının asıl mesleklerin dağılım oranları birbirine oldukça yakın; %33'ü emekli, %32'si balıkçı, %30'u ise serbest meslek ve sadece %6'si devlet memurudur (Tablo 1).

Tablo 1. Kalamar avcılığı yapan balıkçıların bazı sosyo-demografik özellikleri

Table 1. Some socio-demographic characteristics of squid jigging fishermen

Değişkenler	Oran (%)
Yaş (yıl)	
26-35	6,0
36-45	16,3
46-55	28,4
56-65	39,1
66-75	7,2
76-85	3,0
Medeni hali	
Evli	58,4
Bekar	41,6
Eğitim durumu (yıl)	
İlkokul	47,4
Ortaokul	23,7
Lise	15,5
Üniversite	13,4
Gelir Düzeyi (TL/ay)	
0-250 TL/ay	3,0
251-500 TL/ay	23,0
501-750 TL/ay	59,0
751-1000 TL/ay	6,0
>1001 TL/ay	9,0
Asıl mesleği	
Balıkçı	32,0
Emekli	32,0
Serbest Meslek	30,0
Devlet memuru	6,0

Kalamar avcılığı yapan balıkçıların tamamı, kalamarı kendilerine özgü yöntemlerle geliştirdikleri farklı olta takımları ile tekneden avlamaktadır. Balıkçıların sadece %9'u tekne sahibi değildir. Tekne sahibi olmayan balıkçılar, arkadaşlarının teknelerini kullanarak tekneden kalamar avladıklarını ifade etmiştir (Şekil 3). Balıkçıların kullandıkları tekne boyu ort. 6±1 m., motor gücü ort. 10±5 HP'dir.



Şekil 3. Balıkçıların tekne sahibi olma durumları
Figure 3. Vessel ownership

Balıkçıların balıkçılık tecrübeleri ortalama 21±12 yıl, olta ise kalamar avcılığı tecrübeleri ise ortalama 12 ±8 yıl'dır. Balıkçılar olta ile kalamar avcılığını ortalama 3±1 saat yapmaktadır.

Kalamar avcılığı yapan balıkçılar İzmir Körfezi'nde Eylül 2010 – Eylül 2011 yılları arasında bir günde en fazla ort. 23 kg /gün/balıkçı (min 1 - max. 250 kg/gün/balıkçı), yıllık ise toplam ort. 354 kg/yıl/balıkçı (5 min. – 3240 max. kg/yıl/balıkçı) kalamar avladıklarını ifade etmiştir.

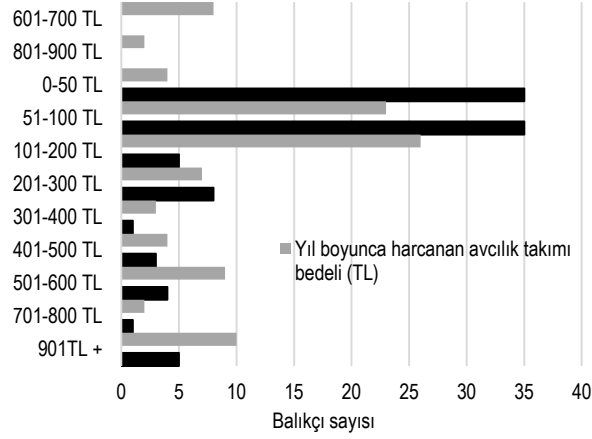
2010-2011 yılları arasındaki kalamarın kilogram fiyat aralıkları; 15-25 TL/kg'dır. Balıkçılar, Eylül 2010 – Eylül 2011 yılları arasında bir günde en fazla ort. 550 TL/gün/balıkçı (min. 345 - max.575 TL/gün/balıkçı), yıllık ise toplam ort. 7080TL/yıl/balıkçı (min. 5310 - max. 8850 TL/yıl/balıkçı) kalamarı olta ile avlayarak kazanç elde ettiklerini ifade etmiştir.

Çalışmada yıl boyunca kalamar avcılığı yapıldığı ancak Ekim-Kasım-Aralık aylarında avcılık sıklığının arttığı ve özellikle Ekim-Kasım aylarında av veriminin en yüksek düzeye çıktığı tespit edilmiştir.

Balıkçıların avcılık takımlarının bedeli (Şekil 4) 0-100 TL arasında değişmektedir. Görüşülen kalamar avcılar arasında 901 TL ve üzerinde değeri olan olta takımına sahip balıkçılar vardır. Kalamar avcılığı yapan balıkçılar, hazırladıkları kalamar olta takımları için yıllık 51-200 TL arasında değişen harcamalar yapmaktadır.

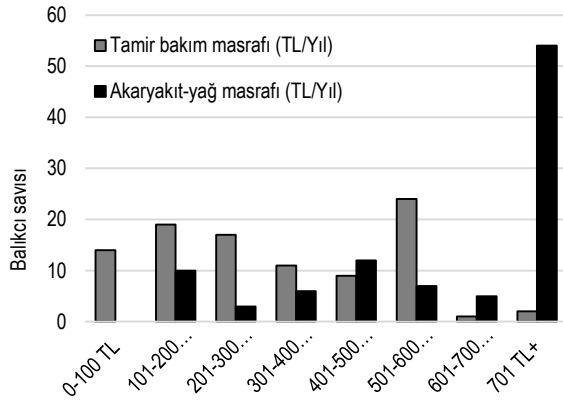
Kalamar avcılığı yapan ticari balıkçılar tekneleri için 501-600 TL arasında ve amatör balıkçılar ise 101-200 TL bakım masrafı yapmaktadır. Kalamar avlayan balıkçılar 700 TL ve üzerinde akaryakıt masrafı yapmaktadır (Şekil 5).

Kalamar avlayan balıkçıların büyük çoğunluğu (%42) kumanya için fazladan bir harcama yapmadıklarını ve evlerindeki ortak yiyecek harcamasından yararlandıklarını ifade etmiştir (Şekil 6).



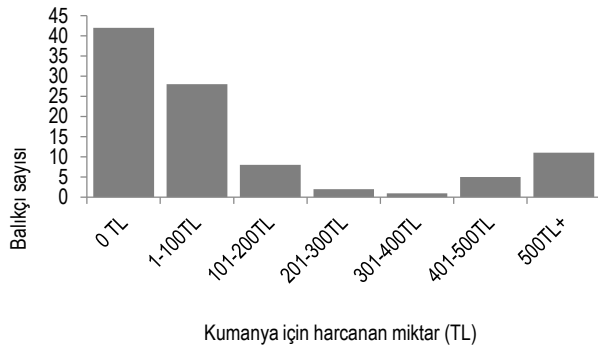
Şekil 4. Kalamar olta bedeli ve (TL) ve yıl boyunca yapılan avcılık takımı masrafı

Figure 4. Price of jig and annual gear cost (TL)



Şekil 5. Tekne için ödenen tamir bakım ve akaryakıt-yag masrafı (TL/Yıl)

Figure 5. Vessel maintenance and fuel costs (TL/year)

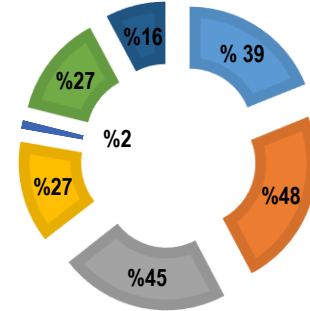


Şekil 6. Kumanya için harcanan miktar (TL/yıl)

Figure 6. Food costs (TL/year)

Kalamar avcılığında yaşanan problemlerin olmadığını ifade eden balıkçıların oranı %56'dır.

Balıkçılar, kalamar avcılığında yaşanan problemler arasında ilk üç sırada: Uzatma ağlarına olta takılması (%47,7), oltaların mevcut hayalet ağlara takılması (%45,5) ve kalamar avcılığı yapan amatör balıkçıların sayısının fazla olması (%38,6) olarak ifade etmişlerdir (Şekil 7).



Şekil 7. Kalamar avcılığında yaşanan problemlerin dağılımı

Figure 7. Distribution of problems faced while squid jigging

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığında gerçekleşen değişim ve ortaya çıkan yeni balıkçı tipinin sosyo-ekonomik ve demografik özellikleri ortaya konmuştur.

Artan kalamar talebini karşılamak için trata ve ıgırp gibi kıyı sürütme ağlarının 2001 yılında yasaklanmasıyla İzmir Körfezi'nde kalamar türlerinin av miktarında önemli azalmalar olmuş (TÜİK, 2015) ve bu türle yönelik talebin karşılanamaması fiyatları yükseltmiştir (15-25 TL/kg). Talebi karşılamak amacıyla kalamar ithalatına ağırlık verilmiştir. İzmir'de veri sistemine kayıtlı ilk kalamar ithalatı 26.01.2001 tarihinde, 17700 kg olarak İspanya'dan yapılmıştır (Kişisel görüşme; S.Yuna, İzmir Gümrük ve Ticaret İl Müdürlüğü). 2010 yılına gelindiğinde 12 bin ton civarına ulaşan kalamar ithalatı, 2014 yılında 80 bin tona kadar çıkmıştır. Vietnam, Hindistan gibi ülkelerden ithal edilen kalamarlar piyasada ürün çeşitliliğini ve miktarını arttırsa da (Kişisel görüşme; D. Deniz, İzmir Merkez Balık Hali) genel olarak kalamar fiyatının yükselmesine engel olamamıştır. Bunun nedeni, yerli kalamar ile ithal kalamarlar arasındaki lezzet farkı olabilir. Bu süreçte kalamarı hedef tür olarak avlayan balıkçı sayısında artış olmuştur. Balıkçılar çeşitli el olta takımları ve yoğun bir kullanım ile kalamar avlamaya devam etmektedir. Anket sonuçları, İzmir Körfezi'nde geçimi tamamıyla kalamar avcılığına dayanan balıkçılar olduğunu, bu balıkçıların geliştirdiği kalamar el oltaalarının ticari bir av aracı işlevi üstlenerek hem yüksek av

verimine (min. 1 - max. 41 kg/gün/balıkçı) hem de yüksek av değerlerine (min. 15 TL - max 1025 TL/gün/balıkçı) ulaştığını göstermektedir.

Tunca vd. (2013)'ne göre geçimini küçük ölçekli balıkçılık üzerinden sürdürenler ile balıkçılığı rekreasyon, spor veya dinlenme amacıyla yapanlar benzer bölgeleri ve türleri hedeflemektedir. Kalamalar avcılığının hedef tür haline geldiği bu avcılık tipinde, İzmir Körfezi'nde küçük ölçekli ticari balıkçılar ve amatör balıkçılar aynı durumu yaşamaktadır. Balıkçılar kendi tasarladıkları farklı kalamar oltaları (Altınağaç, 2006; Kaykaç vd., 2012) ile aynı alanda kalamar avcılığı yapmaktadır.

Kaykaç vd. (2012) yaptıkları çalışmada kalamar avcılığı yapan balıkçı sayısında artış ve balıkçıların kendine özgü avlanma yöntemi ve av aracı geliştirdiğini tespit etmiştir. Aynı alanda yürütülen bu çalışmada da, kalamarı hedef tür olarak avlayan balıkçı sayısında artış belirlenmiştir. Özellikle de amatör balıkçı sayısındaki artış av malzemeleri satışı yapan kişi sayısını da arttırmıştır. Tunca vd. (2012) yaptığı çalışmada amatör balıkçılığın gerçekleştirildiği bölgede, doğrudan ve dolaylı ilişkili olduğu sektörlerde ekonomik bir aktivite yarattığını ifade etmiştir. İzmir Körfezi'nde kalamar oltası satan dükkan sayısında artma, kalamar avcılığı için düzenlenen özel tekne turları gibi aktivitelerle ekonomik alan yaratması sonucu ile benzerlik göstermektedir.

Akyol ve Kara (2001) tratanın yasaklanması, körfez ekosisteminin korumasına yönelik önemli adım olarak değerlendirmiştir. Körfezin bu tür avcılığa kapalı olması türlere olan av baskısını azaltmamıştır. İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığı ile ilgili bir yasağın olmaması kalamar avcılığında da yasadışı avcılığı (amatör adı altında ticari avcılık yapanlar) ortaya çıkarmıştır. Amatör balıkçılar arasında "amatör adı

altında ticari balıkçılık" yapanlar (%11) olduğu belirlenmiştir. "Amatör adı altında yapılan ticari avcılık" terimini ilk kez kullanan araştırmacılar olan Ünal vd. (2010), Çanakkele balıkçılığı için bu oranı %50 olarak bildirmektedir.

Ayaz vd. (2004) İzmir Körfezi'nde hayalet avcılık probleminin İzmir Körfezi'nde ciddi boyutlarda olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kalamar avcılığı yapan balıkçıların temel sorunlarından biri, oltaların mevcut hayalet ağlara takılmasıdır (%45). Kalamar avcılığında bahsi geçen sorunun günümüzde de devam ettiği görülmektedir.

İzmir Körfezi'nde kalamar avcılığında gerçekleşen değişim ve ortaya çıkan "yeni bir balıkçı tipi" önemli bir ekonomik potansiyel yaratmasının yanı sıra kural ve düzenlemeler açısından eksiklikler olduğunu göstermektedir. Geleneksel olarak amatör avcılıkta kullanılan el oltasının İzmir Körfezi kalamar avcılığında "ticari", "amatör" ve "amatör adı altında ticari" amaçlı bir işlev kazanması, balıkçılık yönetimi açısından dikkate alınması gereken bir gelişme olarak değerlendirilmelidir. Zira çalışmanın yürütüldüğü bölgede amatör avcılık, küçük ölçekli balıkçılık ve yasa dışı avcılık arasında süregelen mevcut çatışmalar, balıkçılık yöneticilerinin çözmesi gereken en önemli sorunların başında gelmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 09-SÜF-023.

KAYNAKÇA

- Akyol, O. & Metin, G. (2001). Investigations on species composition and catch per trawl of cephalopods caught by bottom trawl in the Bay of İzmir (Aegean Sea), (in Turkish). *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2(2): 381-385pp.
- Akyol, O. & Kara, A. (2003). İzmir Körfezi'nde (Ege Denizi) Dip Trolü ve Tratanın Av Kompozisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (3-4): 321– 328.
- Altınağaç, U. (2006). Effect of jigs color to catching efficiency in the squid fishing in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (15): 2916-2918pp. doi: 10.3923/pjbs.2006.2916.2918
- Ayaz, A., Ünal, V. & Özekinci, U. (2004). İzmir Körfezi'nde Hayalet Avcılığı Neden Olan Kayıp Uzatma Ağı Miktarının Tespitine Yönelik Bir Araştırma. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, (1-2): 35 – 38.
- Benli, H.A., Cihangir, B., Bizsel, K.C., Bilecik, N. & Buhan, E. (2000). Ege Denizi'ndemersal balıkçılık kaynakları üzerine araştırma. T.C. Tar. ve Köyş. Bak. Tar. Ar.Gen. Mü. Su. Ürün. Aras. Enst. Yayın. Seri B, Yayın No:6, Bodrum.
- GTHB 2016a. 4/1 Numaralı Amatör Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (in Turkish). Tebliğ no: 2016/35. T.C. GTHB, BSGM, Ankara, 26 p
- GTHB 2016b. 4/2 Numaralı Amatör Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (in Turkish). Tebliğ no: 2016/36. T.C. GTHB, BSGM, Ankara, 26 p
- FAO. (2016). Part 1, World Review of Fisheries and Aquaculture. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016, 200 pp. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
- Katağan, T., Salman, M.A. & Benli, H.A. (1993). The Cephalopod fauna of the sea of Marmara. *Isr. J. Zool.*, Vol. 39: 255-261pp.
- Kaykaç, H.M., Arslan, E., Göncüoğlu, H., Aydın, C., Maktay, C., Aydın, İ., Bayramiç, İ., Özdemir, Y., Ünal, V. & Tokaç, A. (2012). İzmir Körfezi'nde Kalamar (*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798)Avcılık Yöntemleri ve Renk Faktörünün Önemi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi. 09-SÜF-023, 48s.
- Mangold, K. & Boletzky, S.V. (1987). Cephalopodes. Fiches FAO d'identification des especes pour les besoins de la peche. (revision 1) Méditerranée et Mer Noire. Zone de peche 37. Vol. 1: 633-714 pp.
- Miran, B. (2003). Basic Statistics. Ege University Press, ISBN 975-9308800, Bornova, İzmir, Turkey. 297 p.
- Roper, C.F.E., Sweeney, M.J. & Nauen, C.E. (1984). Cephalopods of the World an annotated and illustrated Catalogue of species of interest to Fisheries FAO. Fish. Jynop. No: 125, 3: 1-257 pp.
- Salman, A., Katağan, T. & Benli, H.A. (1998). Türkiye kafadanbacaklıları (classis: cephalopoda) ve kafadanbacaklı yetiştiriciliği. T.C. Tar. ve Köyş. Bak. Tar. Ar. Gen. Mü.Su.Ürün. Araş. Enst. Yayın. Seri A Yayın No:12, Bodrum.

- Sifner, S.K. & Vrgoc, N. (2004). Population structure, maturation and reproduction of the European squid, *Loligo vulgaris*, in the Central Adriatic Sea. Fish. Res. 69: 239–249pp. doi:10.1016/j.fishres.2004.04.011
- Tunca, S., Ünal, V. & Miran, B. (2012). A preliminary study on economic value of recreational fishing in Izmir Inner Bay, Aegean Sea (Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 29 (2):55-62. doi: 10.12714/egejfas.2012.29.2.01
- Tunca, S., Ünal, V., & Miran, B. (2013). Foça ve Gökova Özel Çevre Koruma Bölgelerinde Amatör Balıkçılığın Sosyal ve Ekonomik Yönü Final Raporu. Final Report of Social and Economic Aspects of Recreational Fishing in Foça and Gökova Special Environmental Protection Areas. PIMS 3697: Türkiye'nin Deniz ve Kıyı Koruma Alanları Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi. *Teknik Rapor Serisi* 16: sf. 56
- TÜİK. (2015). TÜİK Su Ürünleri İstatistikleri-2016. Retrieved from http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005 (10.10.2016)
- Ünal, V., Acarlı, D., & Gordo, A., (2010). Characteristics of Marine Recreational Fishing in Çanakkale Strait (Turkey). *Mediterranean Marine Science*, 11 (2): 315-330. doi: 10.12681/mms.79

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

The occurrence of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) in cage-reared rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from Işıklı Spring, Çivril, Turkey

Işıklı Kaynağı, Çivril’de ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nda *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) varlığı

Dilara Sözeren Çevrimel¹ • Erhan Soylu^{2*} 

¹ Fisheries Department, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Marmara University, Göztepe, TR-34722 Kadıköy, Istanbul, Turkey

² Fisheries Department, Vocational School of Technical Sciences, Marmara University, Göztepe, TR-34722 Kadıköy, Istanbul, Turkey

Corresponding author: esoylu@marmara.edu.tr

Received date: 05.01.2017

Accepted date: 17.04.2017

How to cite this paper:

Sözeren Çevrimel, D. & Soylu, E. (2017). The occurrence of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) in cage-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* from Işıklı Spring, Çivril, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 255-260. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.02

Abstract: Occurrence of *Pomphorhynchus laevis* (Müller, 1776) in cage-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) and the effects of parasitism on the fish condition were studied between July and November 2014 in Işıklı Spring. A total of 221 *O. mykiss* specimens were examined. In addition to *P. laevis*, three other parasite species; *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 and *Diplostomum* sp. were also recorded. *P. laevis* was numerically the predominant species with the highest prevalence (77.8%), mean intensity (6.74), and mean abundance (5.24). In total 1160 *P. laevis* specimens were collected. The mean abundance of *P. laevis* increased over a period of months from 2.5 individual parasites per fish in July to 7.1 in November. The mean intensity of *P. laevis* increased with increasing fish host length from 1.5 in the 5.0–6.9 cm length class to 18.4 in the 25.0–26.9 cm length class. Although there was no statistically significant bias in the spatial distribution of *P. laevis* within the gut ($p > 0.05$), the parasite tended to prefer the pyloric caeca (47.9%). The larval stage (cystacanth) of the acanthocephalan parasite were obtained from the haemocoel of *Gammarus obnixus* Karaman and Pinkster, 1977. The value of Fulton’s condition factor (K) ranged from 0.84 to 1.66.

Keywords: *Oncorhynchus mykiss*, cage-reared, parasites, *Pomphorhynchus laevis*

Öz: Ağ kafeslerde yetiştirilen gökkuşağı alabalığı *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)’nda *Pomphorhynchus laevis* (Müller, 1776) varlığı ve balık kondüsyonu üzerindeki parazitler etki Işıklı Kaynağı’nda Temmuz ve Kasım 2014 süresinde çalışıldı. Toplam 221 *O. mykiss* örneği incelendi. *P. laevis* den başka üç diğer parazit türü; *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 ve *Diplostomum* sp. da kaydedildi. *P. laevis* yaygınlık (%77.8), ortalama yoğunluk (6.74) ve ortalama çokluk (5.24) ile sayısal olarak baskın parazitti. Toplamda 1160 *P. laevis* örneği toplandı. *P. laevis* ortalama çokluğu, aylık devrelerde Temmuz’da her balıkta 2.5 parazit bireyinden Kasım’da 7.1’e yükseldi. *P. laevis* ortalama yoğunluğu, artan balık uzunluğu ile 5.0-6.9 cm lik boy sınıfında 1.5’den 25.0-26.9 cm lik boy sınıfında 18.4’e yükseldi. Sindirim kanalında *P. laevis*’in uzamsal dağılımında istatistik olarak belirgin bir eğilim olmamasına karşın ($p > 0.05$) parazit tercihi pilorik çekaya (%47.9) yönelik olmuştur. Acanthocephalan parazitin larval dönemi (cystacanth), *Gammarus obnixus* Karaman and Pinkster, 1977’ un vücut boşluğunda bulunmuştur. Fulton Kondisyon Faktörü değerleri (K), 0.84 ile 1.66 arasında yayılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Oncorhynchus mykiss*, kafes yetiştiriciliği, parazit, *Pomphorhynchus laevis*

INTRODUCTION

Acanthocephalans of the genus *Pomphorhynchus* Monticelli, 1905 (Echinorhynchida: Pomphorhynchidae) are intestinal, non-specific parasites of a number of marine and freshwater fishes being their definitive or paratenic hosts (Kiriş et al., 2014; Taraschewski, 2000). Like all fish acanthocephalans, they require trophic transmission to complete their life cycle using water amphipods as their intermediate hosts (Dezfuli et al., 2008). The arthropod

intermediate host becomes infected by eating the acanthocephalan egg, and the acanthor larva is free into the host’s digestive tract. The larva bores through the gut wall into the body cavity where it develops from acanthella to cystacanth, which can infect the vertebrate host (Dezfuli et al., 2011). The proboscis and bulb of *Pomphorhynchus* acanthocephalans deeply penetrate the entire gut wall of the fish host and lead to extensive damage to the digestive tract

(Dezfuli et al., 2002). The density of the parasite burden and the depth of penetration of the acanthocephalans are two main factors for their pathogenicity (Bullock, 1963). In amphipods, *P. laevis* has been recorded as the most abundant larval helminth (Dezfuli et al., 1999).

Recently, two genetically distinct but morphologically close species of *Pomphorhynchus*; *P. laevis* Müller, 1776 and *P. tereticollis* (Rodolphi, 1809), have been detected throughout Europe (Perrot-Minnot, 2004; Bombarova et al., 2007; Špakulová et al., 2011). *P. tereticollis* was treated as a synonym of *P. laevis* for a long time, but the species has been resurrected and re-described by Špakulová et al., (2011) on the basis of some morphological and molecular features. In Turkey, some authors have recorded *P. laevis* in freshwater fishes and also amphibian hosts (Yıldız and Çavuşoğlu 2003). On the other hand, Smales et al., (2012) recorded *P. tereticollis* in Great Beyşehir Spined Loach *Cobitis bilseli* Battalgil, 1942 (Cobitidae) from Lake Beyşehir, Turkey. Düşen and Oğuz (2008), recovered *P. laevis* from Marsh frog (*Rana ridibunda*) in Lake Işıklı. Heckmann et al., (2010) identified *P. spindletuncatus* in the intestine of the marsh frog *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) from Işıklı Lake. In the present study, we observed the frequent occurrence of *Pomphorhynchus* infection in cage-reared rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Although the structure of the proboscis hooks in the presently reported species reveals close similarity to *P. tereticollis*, the first molecular analysis suggests *P. laevis* (Špakulová and Perrot-Minnot, personal communication).

MATERIALS AND METHODS

The fish specimens were sampled between July and November 2014 from net-cages close to Işıklı Spring (38° 18' 55.67" N, 29° 51' 38.29" E). In total, 221 *Oncorhynchus mykiss* specimens of mean ($\pm$ SD) total length 14.79 $\pm$ 4.65 cm (ranging from 5.1 to 27.8 cm) and mean ($\pm$ SD) weight 53.90 $\pm$ 54.87 g (ranging from 1.9 to 287.1 g) were examined. The fish were transported to the laboratory alive, where they were weighed and measured. Fish were anaesthetised using MS-222 and their spinal cords cut with dissecting scissors. During the dissection, the skin, vitreous humour, eye lens, mouth and nasal cavities, gills, gonads, spleen, digestive tract, kidneys, swim bladder, peritoneum and muscles were examined for parasites. The digestive tracts were removed, opened longitudinally and examined for parasites, which were recorded by number and location. The condition factor of the fish was calculated using Fulton's formula: $K=W \times 100 / L^3$, where W= fish weight in grams, L= total length of fish in centimetres. Differences in the spatial distribution of *P. laevis* in the digestive tract and the differences in the number of *P. laevis* and the condition factor between the size classes were analysed using the Kruskal-Wallis H test. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine differences in condition factors between the fish size classes. A total of 617 specimens of *Gammarus obnixe* were collected, using a hand net (2 mm mesh) sweeping over submerged plants. Amphipod specimens

fixed with 4% formalin and cleared in lactic acid-glycerine-water. They were measured and sexed and infected individuals were separated for the counting of cystacanths. Identification of acanthocephalan specimens was performed as described by Špakulová et al., (2011) using unfixed fresh material and then by mitochondrial and nuclear sequencing. Identification of the other parasites were made according to Niewiadomska, (2003) and Bykhovskaya-Pavlovskaya et al., (1962). Species names of *Gammarus obnixe* and *G. balcanicus* Schaferna, 1922 were based on (Aygen and Balık, 2005). The prevalence, mean intensity and abundance were determined as defined by Bush et al. (1997).

RESULTS

During the study period, a total of 221 *O. mykiss* specimens were examined. The water temperature ranged from 10.5° – 19.3°C, and dissolved oxygen concentrations ranged 5.7 mg/l in mid summer and increase to 13.8 mg/l in late fall at the cage area. Four parasite species were identified on/in the fish host: *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius multifiliis*, *Diplostomum* sp. and *Pomphorhynchus laevis* (Figs 2, 3).



Figure 2. Male of *Pomphorhynchus laevis* in *Oncorhynchus mykiss* from Işıklı Spring (bar =2 mm)

Identification of acanthocephalan specimens was performed on living or fresh worms and the following morphological features found: (first four to five hooks longest, fifth or sixth hooks stoutest and significantly shorter (Fig 4), hooks on the posterior half of proboscis have proximal projections on the base (Fig 5), last hook row stands at the posterior-most end of the proboscis (Fig 6) reveals close similarity to *P. tereticollis*.

SQ	Sequence 614 BP; 138 A; 92 C; 182 G; 202 T; 0 other;	
	ggtctgatgt atgttttggg tgggtgtgta ggggggctaa tgggattttc tataaggcta	60
	ttaattcgat tagagctagg gagaggagg gtttgatag gaagagaggc tgtgtataat	120
	gttttagtga ctacacatgc tgttataata gtattttttc tagtaatacc agtattttatg	180
	ggaggatttg gtaattggct catgccagtt atgttaggat tgagggacat ggccctocca	240
	cgactgaata atttgaggct tattctactt atcgctaggt tgggaattat aggagtatcc	300
	ctgcttttag gaggggggtg ggctgggtgg acaatgtatc caccctcat gttgggggat	360
	tacaggtctg gtgtagctgt tgacctaatg atcctgaggt tgcattgtagt aggtctttcc	420
	tctatcctag gctcaatcaa catcctgatt acatgggtag ccgggaggag ggtggtgtat	480
	agagtagaac aggcacctct gtttgtatgg gctttagtaa cgaccgctgg cttagtgggt	540
	ttaacgggcc cagtcttggc ggcagcttta acgatgcttt tgatagaccg taatttgaat	600
	gccagatttt ttga	614
Pomphorhynchus laevis mitochondrial partial COI gene for cytochrome oxidase subunit 1		

Figure 1. Sequences of mitochondrial partial COI gene for cytochrome oxidase subunit 1 of the acanthocephalan specimen from Işıklı Spring



Figure 3. *Pomphorhynchus laevis* in the intestine of *Oncorhynchus mykiss* from Işıklı Spring (bar =5 mm)

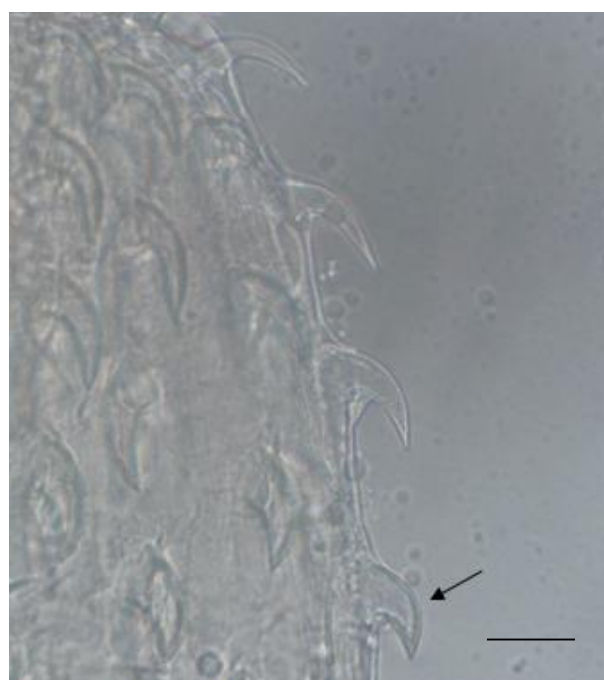


Figure 4. The first four to five hooks longest, fifth or sixth hooks (arrow) stoutest on the proboscis of *Pomphorhynchus laevis*. (bar = 25 μ m)

But the first molecular analysis of mitochondrial partial COI gene for cytochrome oxidase subunit 1 determined the parasite specimens as *Pomphorhynchus laevis* (Figure 1).

The parasite infracommunity of the *Oncorhynchus mykiss* was strongly dominated by *P. laevis* and 172 fishes were found to be infected by a total of 1160 *P. laevis* individuals. The overall prevalence, mean intensity and mean abundance were determined as 77.8%, 6.74 and 5.24 respectively. The other three parasite species: *I. multifiliis* (prevalence 5.88%), *Diplostomum* sp. (0.45%) and *Trichodina* sp. (1.80%) were very scarce. The mean intensity of *P. laevis* in the fish host increased from 2.5 in July, 2.7 in August, 5.2 in September and 4.4 in October to 7.1 in November and the infection intensity ranged from 1 to 63 worms per host. The mean intensity of *P. laevis* increased with increasing host total length, from 1.5 in the 5.0 – 6.9 cm length class to 18.4 in the 25.0 – 26.9 cm length

class. The mean intensity and the range of intensity for each length class are shown in Table 1.

The values of Fulton's condition factor (K) for the fish host ranged from 0.84 to 1.66 (average 1.22). Statistically significant differences were found in condition factors between fish size classes (one-way ANOVA) ($F=3.101$; $p=0.002$). The condition factor from each size group was computed to analyze the influence of *P. laevis* on fish condition; no significant differences were found (Kruskal Wallis H test $p > 0.05$). Even though the mean abundance of *P. laevis* increased with increasing fish size, the mean condition factor also increased. There was no statistically significant difference in spatial distribution of *P. laevis* among the different parts of the digestive tract was observed (Kruskal-Wallis H test $p > 0.05$), but the parasite tended to prefer (47.9%) the pyloric caeca.



Figure 5. Hooks on the posterior half of the proboscis of *Pomphorhynchus laevis* have proximal projections on the base (arrows) from unfixed fresh material (bar = 25 µm)

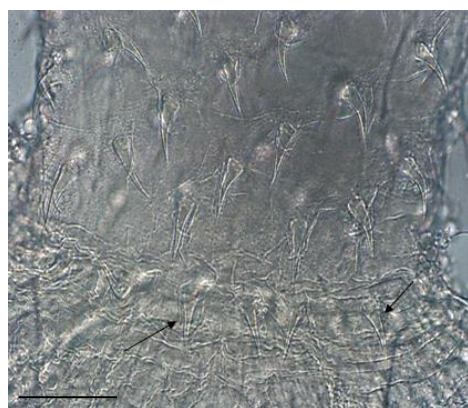


Figure 6. The last hook row (arrows) stands at the posterior-most end of the proboscis of *Pomphorhynchus laevis* (bar = 50 µm)

The spatial distribution and infection parameters of the *P. laevis* within the digestive tract are shown in Table 2. *Gammarus obnexus* was observed as intermediate host of *P. laevis* in the net cage area. *P. laevis* cystacanths infected 119 (19.3%) of the 617 *G. obnexus* specimens (Fig. 7) examined in November. The mean intensity and mean abundance of cystacanths was found to be 2.05 and 0.36 respectively. Intensities of infection ranged from one to nine cystacanths per *G. obnexus*.



Figure 7. *Pomphorhynchus laevis* cystacanths (arrows) in the haemocoel of *Gammarus obnexus* from Işıklı Spring (bar = 2 mm)

Table 1. Size classes of cage-reared *Oncorhynchus mykiss* and parameters of infection by *Pomphorhynchus laevis* in Işıklı Spring

Length (cm)	Number of fish examined	Infected fish number	Total number of parasites	Mean abundance	Mean intensity	Parasite intensity min - max
5.0–6.9	6	2	3	0.5	1.5	1 – 2
7.0–8.9	15	12	51	3.4	4.25	1 – 8
9.0–10.9	28	19	42	1.5	2.21	1 – 5
11.0–12.9	27	22	104	3.9	4.72	1 – 20
13.0–14.9	55	43	230	4.2	5.34	1 – 17
15.0–16.9	31	22	145	4.6	6.59	1 – 18
17.0–18.9	19	14	91	4.7	6.5	1 – 31
19.0–20.9	12	11	160	13.3	14.5	4 – 34
21.0–22.9	11	11	98	8.9	8.9	1 – 17
23.0–24.9	12	11	144	12.0	13.09	2 – 45
25.0–26.9	5	5	92	18.4	18.4	2 – 63

Table 2. Spatial distribution and infection parameters of *Pomphorhynchus laevis* within the digestive tract of *Oncorhynchus mykiss* in Işıklı Spring

Location of parasite	Total parasite number	Prevalence (%)	Mean intensity	Mean abundance	Parasite intensity min-max
Pyloric stomach	60	5.2	3.2	0.3	1–18
Pyloric caeca	556	47.9	4.3	2.5	1–24
Anterior intestine	143	12.3	3.2	0.6	1–18
Mid intestine	207	17.8	2.7	0.9	1–11
Posterior intestine	191	16.5	2.6	0.9	1–17

DISCUSSION

Turkey is the largest producer of farmed trout in Europe with an annual production of 85,250 tons. 78,150 tons come from inland aquaculture with the remaining 7,100 tons from seawater production (Bozoğlu et al., 2007). *Oncorhynchus mykiss* is the main freshwater fish species cultured in Turkey and cage farming of rainbow trout has become widespread in lakes and reservoirs during the last few decades. However, few studies have reported on parasites of trout in Turkey. Soylu, (1996) recorded *Ichthyobodo necator* (Henneguy, 1883), *Trichodina* sp., *Chilodonella cyprini* (Moroff, 1902) and *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet, 1876 on farmed rainbow trout from the Marmara region. Altunay and Yıldız (2008) found *Trichodina* sp., *Epistylis* sp., *Chilodonella* sp., *Costia* sp., *Apiosoma* sp. and *Tripartella* sp. on cage-cultured *O. mykiss* from Kesikköprü Dam Lake. Özer et al. (2010) recorded *I. multifiliis*, *Trichodina* sp. and *Chilodonella* sp. and Ögüt and Parlak (2014) recorded *Hexamita salmonis* in the same fish host. At least 23 protozoan and 169 metazoan parasites are known to occur in rainbow trout throughout the world (Lom and Dykova, 1992; Buchmann et al., 1995). Protozoan parasites represent one of the most important groups of pathogens that negatively affect the health of cultured and feral fish (Scholz, 1999). Outside of the cage-rearing system, when *Oncorhynchus mykiss* are maintained in concrete ponds, artificially fed and treated with therapeutic products, cleaning and sterilizing ponds are the effective ways of reducing the numbers of the intermediate hosts of some parasites. When fish are fed with processed food under farmed conditions, transmission of many indirectly transmitted parasites is blocked (Johansen et al., 2011). In the present study the parasite infracommunity of the fish host was dominated by a single species, *Pomphorhynchus laevis*. Morphological analysis of proboscis hooks of the specimens are very similar to *P. tereticollis*, but there are several differences. The last row of hooks is not situated in bulbus, and hooks shorter. As a result, the morphology is slightly different from *P. tereticollis* and it is different apparently also from *P. laevis* (M. Spakulova, personal communication). Phylogeography of *P. laevis* and *P. tereticollis* appear rather complex especially for *P. laevis* with rather old

lineages in the peri-Mediterranean area genetically more distant to *P. tereticollis*. There is a rather large genetic differentiation within *P. laevis* at pan-European scale, Mediterranean lineages seem to be older and more differentiated. Phylogeographic analysis shows that this lineages of *Pomphorhynchus* branches is between *Pomphorhynchus* from Italy (oldest lineages) and those other parts of Europa (Danube-Volga lineages and west Europe lineages). If mentioning these clusters, Italian and Turkey and may be Danubian are quite distant (J-M. Perrot-Minnot, personal communication). Cages constitute an open system, which allows free exchange between wild and caged organisms, leading to the exposure to disease-causing agents (Merella et al., 2006). Some parasite species with complex life cycles cause phenotypic changes in their intermediate hosts that appear to enhance trophic transmission to their final hosts (Cezilly et al., 2014). Infected hosts often show alterations in behaviour in addition to changes in their appearance (Kaldonski et al., 2009). For example, the orange colouring of the *P. laevis* cystacanths coincides with the changed behaviour of the intermediate host (gammarids) that swims near the surface of the water, maximising their chances of transmission to the next host (Theo et al., 1997). *Gammarus obnixe* infected with cystacanths of *P. laevis* were found on the leaves of densely populated aquatic plants around the net cages. The mean intensity of *P. laevis* in our study increased along with the size classes of *O. mykiss*. This is an usual process because larger fish accumulate more parasites and can feed on larger amphipods that harboured high number and larger cystacanths than small amphipods. Dezfali et al. (2002) found *P. laevis* in the posterior part of trout middle intestine.

The preferred attachment site of *P. laevis* in our study was the pyloric caeca of the fish alimentary tract. *Trichodina* sp., *Ichthyophthirius multifiliis* and *Diplostomum* sp. were found scarcely, probably due to therapeutic chemical treatments. Use of formalin and Chloramine-T have been observed in control of ectoparasites in this trout farm during study period. According to the results, there was no appreciable effect of *P. laevis* on the condition factor of the fish host.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article was extracted from a Master's thesis conducted at the Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Marmara University. The authors would like to thank Dr. M.J. Perrot-Minnot for molecular analyses of the parasite.

We would like to thank Dr. M Špakulová for her valuable comments on the manuscript.

We would like to thank Işıklı Village Agricultural Irrigation Association for providing the research facility.

REFERENCES

- Altunay, S., & Yıldız, H.J. (2008). Ectoparasitological examination of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage cultured in Kesikköprü Dam Lake. *Ankara University Faculty of Agriculture Journal of Agricultural Science*, 14: 154–162.
- Aygen, C., & Balık, S. (2005). Işıklı Gölü ve Kaynaklarının (Çivril–Denizli) Crustacea Faunası Üzerine Araştırmalar. *Ege University Journal of Fisheries Aquatic Science*, 22(3-4): 371-375.
- Bombarová, M., Marec, F., Nguyen, P., & Špakulová, M. (2007). Divergent location of ribosomal genes in chromosomes of fish thorny-headed worms, *Pomphorhynchus laevis* and *Pomphorhynchus tereticollis* (Acanthocephala). *Genetica*, 131: 141–149. doi: 10.1007/s10709-006-9124-3
- Bozoğlu, M., Ceyhan, V., Cinemre, H.A., Demiryürek, K., & Kılıç, O. (2007). Important factors affecting trout production in the Black Sea Region, Turkey. *Czech Journal of Animal Science*, 52: 308-313.
- Buchmann, K., Uldal, A., & Lyholt, H. (1995). A checklist of metazoan parasites from rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Acta Veterinaria Scandinavica*, 36: 299–318.
- Bullock, W.L. (1963). Intestinal histology of some salmonid fishes with particular reference to the histopathology of acanthocephalan infections. *Journal of Morphology*, 112: 23–44. doi: 10.1002/jmor.1051120104
- Bush, A.O., Lafferty, K.D., Lotz, J.M., & Shostak, A.W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology*, 83: 575–583. doi: 10.2307/3284227
- Bykhovskaya-Pavlovskaya, I.E., Gushev, A.V., Dubinina, M.N., Izyumova, N.A., Simirnova, T.S., Sokolovskaya, I., Shtein, G.A., Shulman, S., & Epshtein, V.M. (1962). Key to parasites of freshwater fish of the USSR. *Izdatel'svi Akademi Nauk SSSR. Moskva Leningrad*: 919 pp.
- Cezilly, F., Perrot-Minnot, M.J., & Rigaud, T. (2014). Cooperation and conflict in host manipulation: interactions among macro-parasites and micro-organisms. *Frontiers in Microbiology*, 5: 144-153.
- Dezfuli, B.S., Castaldelli, G., Bo, T., Lorenzoni, M., & Giari, L. (2011). Intestinal immune response of *Silurus glanis* and *Barbus barbus* naturally infected with *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala). *Parasite Immunology*, 33: 116–123. doi: 10.1111/j.1365-3024.2010.01266.x
- Dezfuli, B.S., Simoni, E., Duclos, L., & Rossetti, E. (2008). Crustacean - acanthocephalan interaction and host cell-mediated immunity: parasite encapsulation and melanization. *Folia Parasitologica*, 55: 9–53. doi: 10.14411/fp.2008.007
- Dezfuli, B.S., Pirioni, F., Giari, L., Domeneghini, C. & Bosi, G. (2002). Effect of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) on putative neuromodulators in the intestine of naturally infected *Salmo trutta*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 51: 27–35. doi: 10.3354/dao051027
- Dezfuli, B.S., Rossetti, E., Bellettato, C.M., & Maynard, B.J. (1999). *Pomphorhynchus laevis* in its intermediate host *Echinogammarus stammeri* in the river Brenta, Italy. *Journal of Helminthology*, 73: 95–102.
- Düşen, S., & Oğuz, M.C. (2008). Occurrence of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala) in the marsh frog (*Rana ridibunda* Pallas, 1771), from Turkey. *Helminthologia*, 45: 154–156. doi: 10.2478/s11687-008-0031-2
- Heckmann, R.A., Oguz, M.C., Amin, O.M., Dusen, S., Tepe, Y. & Aslan, B. (2010). Host and geographical distribution of *Pomphorhynchus spindlettruncatus* (Acanthocephala: Pomphorhynchidae) in Turkey, with enhanced description from new fish and amphibian hosts using SEM, and histopathological notes. *Scientia Parasitologica*, 11: 129–139.
- Johansen, L.H., Jense, I., Mikkelsen, H., Bjorn, P.A., Jansen, P.A., & Bergh, O. (2011). Disease interaction and pathogens exchange between wild and farmed fish populations with special reference to Norway. *Aquaculture*, 315: 167–186. doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.02.014
- Kaldonski, N., Perrot-Minnot, M.J., Dodet, R., Martinaud, G., & Cezilly, F. (2009). Carotenoid-based colour of acanthocephalan cystacanths plays no role in host manipulation. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 276: 169–176. doi: 10.1098/rspb.2008.0798
- Kirin, D., Hanzelová, V., Shukerova, S., & Kuzmanova, D. (2014). Biodiversity, bioindication and helminth communities of *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) from the Danube River and Lake Srebarna, Bulgaria. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, Special Issue 1: 727–733.
- Lom, J., & Dykova, I. (1992). *Protozoan parasites of fishes. Series: Developments in Aquaculture and Fisheries Science*. Elsevier, Amsterdam, 315 pp.
- Merella, P., Garippa, G., & Salati, F. (2006). Parasites of cage cultured European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* from Sardinia (western Mediterranean): first results. *Parassitologia*, 48: 1–2.
- Niewiadomska, K. (2003). *The parasites of Polish fish (key to species identification). The flukes–Digenea*. Warszawa: P.T.P.169 pp.
- Ögüt, H., & Parlak, R. (2014). Hexamitiasis leads to lower metabolic rates in rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) juveniles. *Journal of Fish Diseases*, 37: 1013–1020. doi: 10.1111/jfd.12188
- Özer, S., Koyuncu, E., Dönmez, E., & Bulduklü, P.S. (2010). Protozoan ectoparasites of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cultivated in Mersin. *Journal of Pendik Veterinary Microbiology*, 37: 43–52.
- Perrot-Minnot, M.J. (2004). Larval morphology, genetic divergence, and contrasting levels of host manipulation between forms of *Pomphorhynchus laevis* (Acanthocephala). *International Journal for Parasitology*, 34: 45–54. doi: 10.1016/j.ijpara.2003.10.005
- Scholz, T. (1999). Parasites in cultured and feral fish. *Veterinary Parasitology*, 84: 317–335. doi: 10.1016/S0304-4017(99)00039-4
- Smales, L.R., Aydogdu, A., & Emre, Y. (2012). Pomphorhynchidae and quadrigyridae (Acanthocephala), including a new genus and species (Pallisentinae), from freshwater fishes, Cobitidae and Cyprinodontidae, in Turkey. *Folia Parasitologica*, 59: 162–166. doi: 10.14411/fp.2012.022
- Soylu, E. (1996). Protozoan ectoparasites of *Oncorhynchus mykiss* recorded from farms in Marmara Region, Turkey. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 1: 19–26.
- Špakulová, M., Perrot-Minnot, M.J., & Neuhaus, B. (2011). Resurrection of *Pomphorhynchus tereticollis* (Rudolphi, 1809) (Acanthocephala: Pomphorhynchidae) based on new morphological and molecular data. *Helminthologia*, 48: 268–277. doi: 10.2478/s11687-011-0038-y
- Taraschewski, H. (2000). Host-parasite interactions in Acanthocephala: a morphological approach. *Advances in Parasitology*, 46: 1–179. doi: 10.1016/S0065-308X(00)46008-2
- Theo, C., Bakker, M., Mazzi, D., & Zala, S. (1997). Parasite-induced changes in behavior and color make *Gammarus pulex* more prone to fish predation. *Ecology*, 78: 1098–1104. doi: 10.2307/2265861
- Yıldız, K., & Cavusoglu, K.A. (2003). Scanning electron microscope examination of *Pomphorhynchus laevis*. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27: 1357–1360.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü (Malatya - Türkiye) zooplankton faunası

Zooplankton of Boztepe Recai Kutan Dam Lake (Malatya - Turkey)

Serap Saler^{1*} • Kenan Alpaslan² • Gökhan Karakaya² • Fatih Gündüz²

¹ Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 23119, Elazığ, Türkiye

² Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

* Corresponding author: ssaler@firat.edu.tr

Received date: 24.1.2017

Accepted date: 14.04.2017

How to cite this paper:

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

Öz: Boztepe Baraj Gölü'nden Ocak-Aralık 2014 tarihleri arasında aylık olarak alınan su örneklerinde zooplankton incelenmesi yapılmıştır. Çalışmada teşhisi yapılan 33 zooplankton türünden 17 tür Rotifera, 13 tür Cladocera ve 3 tür Copepoda grubundandır. Toplam zooplanktonun en fazla kaydedildiği dönem Mayıs ayı olmuştur (271785 birey/m³). En az birey sayısı ise Şubat ayında kaydedilmiştir (5090 birey/m³). En fazla takson sayısı 17 tür ile Ekim ayında en az tür sayısı ise 5 tür ile Şubat ayında tespit edilmiştir. Bulunan bütün zooplanktonik türler Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü için ilk kayıttır. Baraj gölünde zooplankton türlerinin toplam birey sayılarına göre Rotifera (% 51,5) baskın grup olup, Cladocera (% 39,4) ve Copepoda (% 9,1) onları takip eden gruplar olmuştur. *Keratella cochlearis* baskın Rotifer türü olurken *K. quadrata* onu izlemiştir. *Bosmina longirostris* baskın Cladocera türüdür. *Cyclops vicinus* en çok gözlenen Copepoda türü olmuştur. Rotifera diğer gruplara göre fazla çeşitlilik göstermiş ve araştırma dönemi boyunca yüksek yoğunluklarda ortaya çıkmıştır. Ötrofi indikatörü olan *Keratella cochlearis* *K. quadrata*, *Bosmina longirostris* türlerinin sıklıkla çok sayıda kaydedilmiş olması gölün ötrof karakterde olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar kelimeler: Rotifera, Cladocera, Copepoda, Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü

Abstract: Water samples taken from Boztepe Dam Lake monthly between January - December 2014 period were observed in terms of zooplankton. During the study, a total of 33 zooplankton species, 17 species from Rotifera, 13 species from Cladocera and 3 species from Copepoda were identified. Maximum number of zooplankton has been recorded in May (271785 individuals/m³). The least the number of individuals were recorded in February (5090 individuals/m³). The maximum number of taxa were recorded in October with 17 species and the least were recorded in february with 5 species. All of the zooplanktonic species have been detected for the first time in Boztepe Recai Kutan Dam Lake.

Based on the total number of individuals of zooplankton, Rotifera was dominant group in the dam lake (51.5%) followed by Cladocera (39.4 %) and Copepoda (9.1 %). Dominant Rotifera species was *Keratella cochlearis* followed by *K. quadrata*. *Bosmina longirostris* was dominant Cladocera species. *Cyclops vicinus* was the most observed Copepoda species. Rotifera has showed higher diversity compared to other groups, reaching also high densities throughout the study period. *Keratella cochlearis* *K. quadrata*, *Bosmina longirostris* are indicators of eutrophic character and were recorded frequently in high numbers, suggest that the lake may be eutrophic.

Keywords: Rotifera, Cladocera, Copepoda, Boztepe Recai Kutan Dam Lake

GİRİŞ

Sucul canlıların büyük bir kısmı en azından yaşamlarının belirli bir döneminde zooplanktonik organizmalarla beslenirler. Birçok balık türünün özellikle genç dönemlerinde besin kaynaklarından birini oluşturan ve sucul ortamda bitkisel besinleri hayvansal proteinlere dönüştürmede besin zincirinin temel halkasını oluşturan zooplanktonik organizmalarla ilgili çalışmalara da hız verilmiştir. Tatlı su ekosistemlerindeki zooplanktonun büyük bir bölümünü Rotifera, Cladocera ve Copepoda grupları oluşturmaktadır. Bugüne kadar Türkiye Rotifera, Cladocera, Copepoda faunasını belirlemek için birçok araştırma yapılmış ve tür listeleri verilmiştir. Türkiye baraj gölleri zooplanktonunu tespit etmek amacıyla çeşitli yıllarda yapılan araştırmalar mevcuttur. Saler (Emiroğlu) ve Şen (2000) Cip,

Yiğit (2006) Kesikköprü, Kaya ve Altındağ (2007a) Gelingülü; Dirican ve Musul (2008) Çamlığöze, Saler (2009) Kepektaş, Buyurgan vd. (2010) Asartepe, Saler vd. (2010) Karakaya, Saler ve Şen (2010) Keban, Bozkurt ve Akın (2012) Hasan Uğurlu ve Suat Uğurlu, Yıldız (2012) Zernek, Bulut ve Saler (2014) Beyhan, Saler ve İpek Alış (2014) Hancağız, Saler vd (2014) Uzunçayır, Tuna ve Ustaoglu (2016) Kemer baraj göllerinde yaptıkları araştırmalar son yıllarda yapılan araştırmalardan bazılarıdır.

Zooplankton tür çeşitliliği ve süksesyonunun araştırılması için çalışma alanı olarak seçilen Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde daha önce herhangi bir planktonik çalışma

yapılmamıştır. Baraj gölünde yapılan bu çalışma sonraki çalışmalara örnek teşkil etmesi açısından da önem arz etmektedir.

MATERYAL VE METOT

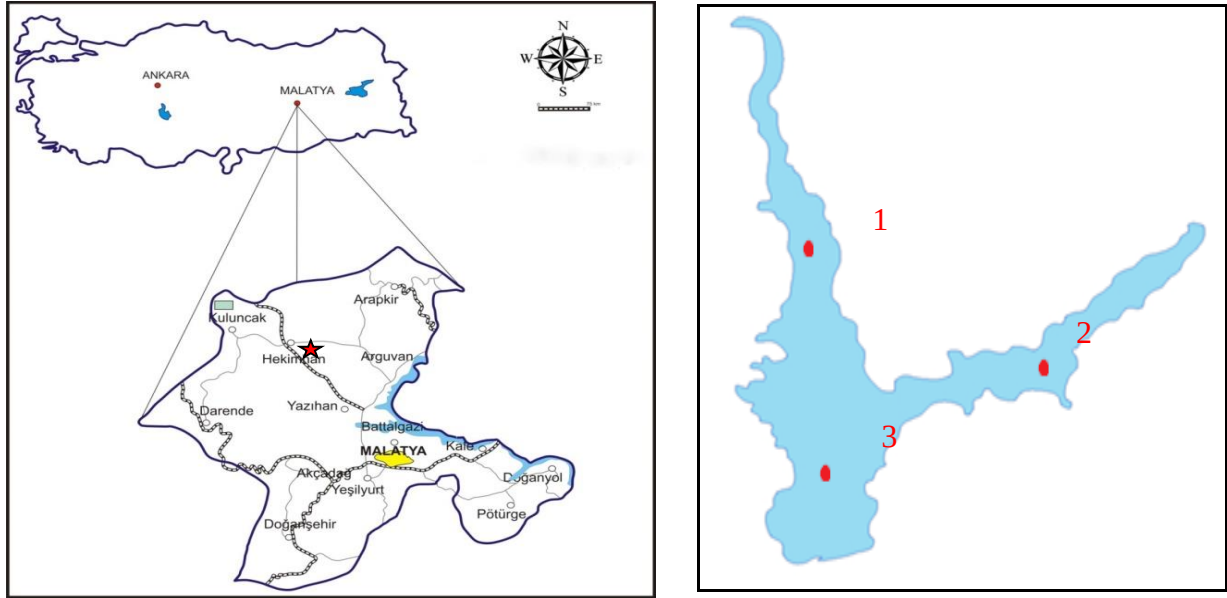
Çalışma alanı

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü, Malatya Yazihan ilçesi'ne 54 km olup, Malatya ili Hekimhan ilçesi yol güzergâhında Sarsap Dağları ile çevrili alanda olup Malatya'nın Arguvan ilçesi tarafından gelen Hasar Çayı, Yazihan ilçesi Molla İbrahim Köyü'nden gelen Ağıl Deresi ile Yağca Köyü'nden gelen Hırın ile beslenmektedir. Sulama amacıyla inşa edilen barajın 1997 yılında temeli atılmış ancak 14 yıl sonra su tutulmuştur. Zonlu toprak dolgu tipi olan barajın gövde hacmi 6,9 hm³, normal su

kotunda göl hacmi 116,1 hm³, normal su kotunda göl alanı 4,9 km²'dir (DSİ,2017).

Örneklerin alınması ve değerlendirilmesi

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'n de Ocak - Aralık 2014 tarihleri arasında, 3 örnekleme noktasında (Şekil 1) 12 ay boyunca aylık örneklemler yapılmıştır. Zooplankton örnekleri 55µm göz aralığına sahip Hydrobios tipi plankton kepçesi ile horizontal olarak alınırken, vertikal örnekler Nansen su şişesi ile alınmıştır. Örnekleri içerisinde % 4lük formaldehit bulunan plastik şişelere konmuştur. Vertikal ve horizontal olarak toplanan bu örnekler etiketlenerek laboratuvara getirilmiştir. Laboratuvara getirilen zooplankton örnekleri kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca örneklerin kantitatif değerlendirilmesi sonucu göl suyunun m³ deki birey sayıları ve bu bireylerin aylara, göre dağılımları da belirlenmiştir.



Şekil 1. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü örnekleme istasyonları
Figure 1. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü Dam Lake sampling stations

Tür teşhisleri için Edmondson (1959), Kolisko (1974), Kiefer, (1978). Koste (1978), Negrea, S. (1983), Koste, ve Shiel, (1987). Segers (2007), Einsle (1996), Nogrady ve Segers (2002), Altındağ ve Kaya (2007), Kaya ve Altındağ (2007b) kullanılmıştır. Tür çeşitliliği indeksleri aşağıdaki formüllerle hesaplanmıştır (Jorgensen vd., 2005).

$$\text{Shannon Wiener} = H' = -\sum p_i \ln(p_i)$$

$$\text{Margalef indeks: } M = (S-1) \ln N$$

$$\text{Simpson İndeksi } D = 1 / \sum (p_i)^2$$

$$\text{Pielou indeksi } J = H' / H'_{\text{maks}}$$

Burada S tür sayısını, N birey sayısını, p_i n'inci türün S ile oranını ifade etmektedir.

Shannon-Wiener (H') tür çeşitlilik indeksinde tür sayısı kadar türlerin birbirleri arasında oransal katılım payları da göz önüne alınır. Türce zengin ve türler arasında nicelik açısından eşit paylaşımın olduğu durumlarda indeks değeri yüksek çıkar.

Pielou indeksi, düzenlilik indeksi olarak bilinir. İndeks değeri örneklemede kaydedilen türlerin birey sayılarının nasıl dağıldığını, dağılımın düzenli bir yapıda olup olmadığını belirtir. Ortamda baskın tür sayısının az olması indeks değerini düşürmektedir. İndeks değeri 0 ile 1 arasında değişim gösterir. Değerin 0'a yakın çıkması düzensiz, 1'e yakın çıkması düzenli dağılımı ifade eder (Jorgensen vd., 2005).

Margalef tür zenginliği indeksi, ortamın tür çeşitliliği ve zenginliğinin bolluğunu ifade eder. İndeks değeri tür zenginliğine bağlı olarak artar (Jorgensen vd., 2005).

Su örnekleri 1 litrelik polietilen şişeler kullanılarak yüzeyden dibe doğru şişelerde hava boşluğu kalmayacak şekilde suya daldırılarak alınmıştır. Örnek almadan önce şişeler bir miktar göl suyuyla çalkalanmıştır. Örnekleme noktalarında sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen YSI 6600 V2 model ölçüm cihazı ile ışık geçirgenliği Secchi diski ile yerinde ölçülmüştür. Alınan örnekler uygun şartlar altında laboratuvara ulaştırılarak analizleri gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvara getirilen su örneklerinde Nitrat, Nitrit, Amonyum (Dionex ICS-1000 model İyon Kromatografi cihazı ile), klorofil a (Whatman GF C filtresinin alkali asetonla ekstraktının fluorometrik tayiniyle) standart metotlara göre, toplam azot (Persülfat ayrıştırma işleminin ardından 2,6-

dimetilfenol metodu ile) ve toplam fosfor (Asitle ayrıştırma işleminin ardından askorbik asit metodu ile) parametreleri ISO standartlarına göre analizleri gerçekleştirilmiştir (APHA, 1998).

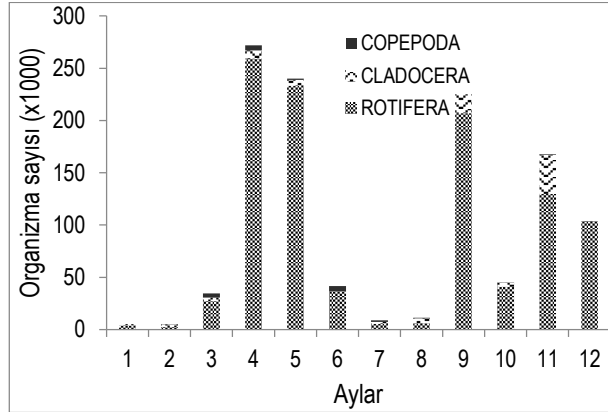
BULGULAR

Baraj Gölü'nden alınan su örneklerinde toplam 33 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Bu türlerden 17 tür Rotifera, 13 tür Cladocera ve 3 tür Copepoda grubundandır. Araştırma süresince teşhis edilen türlerin aylara göre yoğunlukları Tablo 1' de verilmiştir. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde tespit edilen zooplankton gruplarından en fazla takson sayısı 17 tür ile Rotifera (%51,5) en az takson sayısı ise 3 tür ile Copepoda (% 9,1) grubundandır.

Tablo 1. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'ndeki zooplankton gruplarının aylara göre dağılımı (birey/m³)
Table 1. Distributions of zooplankton groups in Boztepe Recai Kutan Dam Lake (individual/m³)

TÜRLER	AYLAR											
	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
ROTIFERA												
<i>Ascomorpha ecaudis</i> (Petty, 1850)									636			636
<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870									848	636		
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850				3180					636	2544	4876	28832
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)				636						4664	2332	16748
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851					212	212	636					
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766					636			636	848			
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783			425	425	212	1272						
<i>Cephalodella catellina</i> (O.F.Müller, 1786)				212								
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)												212
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)				212								
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)		425	425	5088	207972	215180	4876	212		848	424	
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	212	636	1060	11024	42612	11872	19504	2332	212	1484	848	425
<i>Keratella quadrata</i> (O.F.Müller, 1786)		425	636	425	3816	4664	10812	636	848	425	11872	425
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	3816			6148	4028				1060	189952	11872	29256
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1831	3604							1784	425	425		
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	95824	2544								2756	6148	53212
<i>Synchaeta verrucosa</i> (Nipkow, 1961)							425		636	3180	2756	
CLADOCERA												
<i>Alona rectangula</i> Sars, 1862											212	
<i>Bosmina coregoni</i> Baird, 1857				636	1060	1484						
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Müller, 1785)		1068	1060	636			212		636	1272	1696	
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)										1908		
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Müller, 1785)						1484						
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Müller, 1776)					2756							
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862			212	425	425	212			636	4664	1696	4240
<i>Daphnia galeata</i> Sars, 1864					2544	2544						8692
<i>Daphnia longispina</i> O.F.Müller, 1875	212							1908	3392	3180		
<i>Daphnia magna</i> (Straus, 1820)												23532
<i>Diaphanosoma birgei</i> Korinek, 1981										4664		1060
<i>Diaphanosoma lacustris</i> Korinek, 1981				848						1908		
<i>Sida crystallina</i> (O.F.Müller, 1776)			1060	848	636					425		
COPEPODA												
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	212			3180	4664	425	4664	425	425		425	425
<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851			425	425	212	212	212	212				
<i>Nitokra hibemica</i> (Brady, 1880)				212		425	425	636				212
Toplam tür sayısı	103880	5098	5303	34560	271780	239986	41766	8781	11238	224935	45157	167907

Gölde en fazla organizma mayıs ayında 271780 birey/m³ olarak hesaplanırken, en az organizmanın kaydedildiği dönem ise 5098 birey/m³ ile şubat ayı olmuştur (Şekil 1). Organizmalardan *K. cochlearis* tüm aylarda gözlenmiştir. *K. quadrata* ise sadece ocak ayında bulunamamıştır. Cladocera'dan *D. cucullata* 8 örneklemede, Copepoda'dan *C. vicinus* 9 örneklemede kaydedilmiştir (Tablo 1). Toplam zooplankton miktarının aylara göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Toplam zooplanktonun (birey/m³) aylara göre değişimi
Figure 2. Monthly changes of total zooplankton (individual/m³)

Boztepe Recai Kutun Baraj Gölü'nde en fazla türe nisan ve ekim aylarında (17 tür) rastlanılmıştır. En az tür ise şubat ayında (5 tür) kaydedilmiştir. Shannon Wiener tür zenginliği indeksi değeri en yüksek eylül ayında ($H' = 2,17$) en düşük ise ocak ayında ($H' = 0,35$) hesaplanmıştır (Tablo 2). Simpson indeksi değeri ise ocak ayında en yüksek değerinde ($D = 0,85$) kaydedilmiştir. Pielou indeksi değeri mart ayında ($J = 0,94$) ile en yüksek değerinde hesaplanırken, ocak ayında ($J = 0,19$) ile en düşük değerde kaydedilmiştir.

Boztepe Baraj Gölü'nde sıcaklık, pH elektriksel iletkenlik, çözülmüş oksijen, nitrit, nitrat, amonyum, toplam azot, çözülmüş reaktif fosfor, toplam fosfor klorofil a ve Secchi disk derinliği belirlenerek minimum, maksimum ve ortalama değerleri Tablo 3'te verilmiştir.

İstatistiksel analizde su kalitesi - zooplankton tür yoğunluğu ilişkisinin daha sağlıklı yorumlanması amacıyla Kanonik Uyum Analizi (CCA) kullanılmıştır. Boztepe Baraj Gölü'nde türlerin vektör değerleri ve toplam varyansları Tablo 4'te grafik üzerindeki dağılımları ise Şekil 3'te görülmektedir.

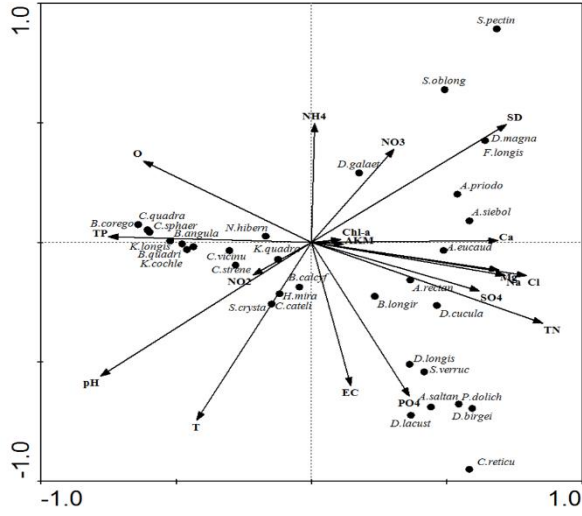
Örneklemler sonucunda elde edilen tüm zooplankton türleri Kanonik Uyum Analizi (CCA)'ne dahil edilmiştir. Çoklu değişken aksislerinin vektör değerleri 0,900 (CCA 1) ile 0,284 (CCA 4) arasında değişim göstermiştir. Toplam varyans 2,811 olarak elde edilmiştir.

Tablo 2. Boztepe Recai Kutun Baraj Gölü'ndeki zooplanktonun aylara göre indeks değerleri
Table 2. Monthly indices values of zooplankton of Boztepe Recai Kutun Dam Lake

İndeks türü	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	E	K	A
Margalef indeksi (M)	0,43	0,46	0,80	1,50	1,03	0,88	0,75	0,88	1,25	1,29	1,03	1,08
Simpson indeksi (D)	0,85	0,32	0,15	0,15	0,61	0,80	0,31	0,17	0,16	0,71	0,18	0,19
Shannon Wiener indeksi (H')	0,35	1,34	1,95	2,13	0,85	0,50	1,41	1,90	2,17	0,82	1,95	1,83
Pielou indeksi (J)	0,19	0,83	0,94	0,75	0,32	0,20	0,64	0,86	0,84	0,29	0,78	0,44
Toplam takson sayısı (N)	6	5	8	17	14	12	9	9	13	17	12	14

Tablo 3. Boztepe Baraj Gölü'nde izlenen bazı fiziksel ve kimyasal değişkenlerinin ortalaması ve değişimi
Table 3. Mean and range of some physical and chemical variables in Boztepe Recai Kutun Dam Lake

Sıcaklık (°C)				pH				Elektriksel iletkenlik (µS/cm)				Çözülmüş oksijen (mg/L)			
min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss
5,9	24,9	16,3	6,7	7,5	9,2	8,6	0,6	256	434	344	51	6,9	14,0	9,4	2,3
Nitrit (mg/L)				Nitrat (mg/L)				Amonyum (mg/L)				Toplam azot (mg/L)			
min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss
0,002	0,035	0,010	0,010	0,014	1,663	0,360	0,524	0,017	0,141	0,084	0,039	0,100	0,944	0,489	0,254
Çözülmüş Reaktif Fosfor (mg/L)				Toplam Fosfor (mg/L)				Klorofil a (µg/l)				Secchi Disk (m)			
min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss	min	mak	ort	ss
0,001	0,034	0,014	0,010	0,005	0,070	0,028	0,017	2,8	16,8	5,9	4,2	0,6	3,1	1,9	0,9



Şekil 3. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü su kalitesi verileri ve zooplankton tür yoğunluğunun Kanonik Uyum Analiz (CCA) şeması
Figure 3. Boztepe Recai Kutan Dam Lake's water quality data and diagram of Conical Correspondence Analysis (CCA) of zooplankton species density

Tablo 4. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde türlerin vektör değerleri ve toplam varyansları
Table 4. Vector values and total variances of species in Boztepe Recai Kutan Dam Lake

Aksisler	1	2	3	4	Toplam Varyans
Vektör Değeri	0,900	0,640	0,357	0,284	2,811
Tür-Çevre İlişkisi	32,0	54,8	67,5	77,6	
Kümülatif Varyansı					

Eksenin orijinine yakın konumlanması, klorofil a ve nitrit alansal ve zamansal değişiminin göldeki türlerin dağılımı üzerine etkisinin zayıf olduğunu göstermiştir. Türlerin dağılımını etkileyen çözünmüş oksijen, pH, toplam azot, toplam fosfor ve secchi disk derinliği 1'inci aksis üzerinde etkili değişkenler olarak görülmüştür. Sıcaklık, elektriksel iletkenlik, amonyum, çözünmüş reaktif fosfor ve nitrat 2'nci aksis üzerinde etkili değişkenler olarak görülmüştür.

Uygulanan CCA (Kanonik Uyum Analizi) türlerin bazı parametrelerle olan ilişkileri ortaya çıkarmıştır. Sularda ötrofikasyon indikatörü olarak kabul edilen Rotifera' dan *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina* ve Cladocera'dan *Ceriodaphnia quadrangula*, *Bosmina coregoni* ve *Chydorus sphaericus*, Copepoda' dan *Cyclops vicinus*, *C. strenuus* ve *Nitokra hibernica* türlerinin beklendiği gibi toplam fosfor değişimi ile etkileşim içinde olmuştur.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde zooplankton türlerinin toplam birey sayılarına göre Rotifera (% 51,5) baskın grup olup,

Cladocera (% 39,4) ve Copepoda (% 9,1) onları takip eden gruplar olmuştur. *K. cochlearis* baskın Rotifer türü olurken *K. quadrata* onu izlemiştir. *D. cucullata* ve *B. longirostris* baskın Cladocera türleridir. Asartepe (Buyurgan vd., 2010), Hasan Uğurlu ve Suat Uğurlu (Bozkurt ve Akın, 2012), Uzunçayır (Saler vd., 2014), Zemek (Yıldız, 2012), Hancağız (Saler ve İpek Alış, 2014) baraj göllerinde de *K. cochlearis* en fazla gözlenen türlerden olmuştur.

C. vicinus en çok gözlenen Copepoda türü olmuştur. Bu tür Göksu (Bekleyen, 2003), Keban (Tellioglu ve Yilmaztürk, 2005), Çatalan (Aladağ vd., 2006), Gelingüllü (Kaya ve Altındağ, 2007a) baraj göllerinde de en fazla kaydedilen Copepoda türü olmuştur.

Ustaoglu vd. (2012) ve Ustaoglu (2015), tarafından yapılan Türkiye iç suları zooplankton biyoçeşitliliği konulu araştırma incelendiğinde Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde belirlenen zooplankton türlerinin tamamı Türkiye iç sularında daha önceden yapılan çeşitli araştırmalarda da tespit edilmiş olan türlerdir.

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde kış ayları zooplankton tür çeşitliliğinde belirli bir azalmanın kaydedildiği dönem olmuştur. Bu bulgunun aksine ilkbahar aylarında zooplankton tür çeşitliliğinde bir artış kaydedilmiştir. Bu bulgular Kesikköprü (Yiğit, 2006), Kepektaş (Saler, 2009), Hasan Uğurlu ve Suat Uğurlu (Bozkurt ve Akın, 2012), Beyhan (Bulut ve Saler, 2014), Özlüce (İpek Alış ve Saler, 2016), Sürgü (İpek Alış ve Saler, 2013) baraj göllerinin zooplankton dağılım profili ile örtüşmektedir.

Bekleyen (2003) Göksu, Yiğit (2006) Kesikköprü, Kaya ve Altındağ (2007a) Gelingüllü, Dirican ve Musul (2008) Çamlığöze ile Bozkurt ve Sagat (2008) Birecik baraj göllerinde yaptıkları çalışmalarda rotiferlerin hem tür hem de türlere ait birey sayıları bakımından zooplankton içinde baskın grubu teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Benzer bir şekilde bu araştırmada da gölde kaydedilen toplam 33 zooplankton türünün 17 türü Rotifera grubundandır. Yiğit ve Altındağ (2005), Hirfanlı Baraj Gölü zooplankton faunasını belirlemek için yaptıkları çalışmada 19 Rotifera, 9 Cladocera, 4 Copepoda türü belirlemişlerdir. Bekleyen vd (2014), Kralkızı Baraj Gölü'nün (Diyarbakır) zooplanktonu üzerine yaptıkları araştırmada Rotifera'dan 38, Cladocera'dan 9 ve Copepoda'dan 2 tür rapor etmiş ve Rotifera yoğunluğunu % 56, Cladocera yoğunluğunu % 27,3 ve Copepoda yoğunluğunu % 15,8 bulmuştur. Saler ve İpek Alış (2014), Hancağız Baraj Gölü'nde 34 Rotifera, 11 Cladocera, 7 Copepoda türü bildirirken zooplankton yoğunluğunun % 65,4 Rotifera, % 21,2 Cladocera % 13,4 Copepoda'dan oluştuğunu belirtmiştir. Özdemir Mis vd. (2009), Tahtalı Baraj Gölü'nde Rotifera'dan 37, Cladocera'dan 20, Copepoda'dan 8 tür kaydı vermişlerdir. Bekleyen vd (2009), Dicle Baraj Gölü (Diyarbakır)'nde Rotifera'dan 37, Cladocera'dan 9 ve Copepoda'dan 4 tür bildirirken Rotifera bolluğunu % 60,82 olarak kaydetmiştir. Görüldüğü gibi Anadolu'nun birçok baraj gölünde yapılan çalışmalarda Rotifera grubu hem tür hem de nispi yoğunluğu bakımında ilk sırayı alırken bunu Cladocera ve

Copepoda izlemektedir. Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde yapılan bu çalışmada elde edilen veriler bu bulgularla benzerlik göstermektedir. Tatlı su ekosistemlerinde Rotifera türlerinin diğer zooplankton türlerine göre sayısal olarak fazla olması, besin düzeyinin yüksek olmasına, Rotifera türlerinin üreme başarısına ve en önemlisi Cladocera ve Copepoda populasyon artışının balıklar tarafından baskı altında tutulmasına bağlıdır (Emir ve Demirsoy, 1996). Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde de Rotifera bireylerinin fazla olması muhtemelen özellikle de büyük vücutlu Cladocera ve Copepoda bireylerinin planktivor balıklar tarafından baskı altında tutulmasından kaynaklanmaktadır.

Zooplanktonik organizmaların mevsimsel bolluğuna baktığımızda, değerler birbirlerine yakın olmakla birlikte en fazla organizma sayısı ilkbaharda, en azda kış mevsiminde bulunmuştur. Genel olarak tatlı su habitatlarında ilkbaharda havaların ısınmaya başlaması ve artan besin tuzlarıyla birlikte öncelikle fitoplanktonik organizmalarda bir artış meydana gelir. Bu artışı zooplankton tür çeşitliliği ve sayısındaki artışlar takip eder. Sıcaklık, zooplanktonik organizmaların bulunuşunda ve dağılımında sınırlayıcı faktördür (Mikschi, 1989). Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde de ilkbaharda ısınan hava ve artan besin miktarına bağlı olarak zooplanktonik organizma sayısındaki bu artış beklenen bir durumdur.

Zooplanktonik organizmalar su kalitesi, ötrofikasyon ve su kirlilik seviyesinin belirlenmesinde indikatör olarak önemli rol oynamaktadırlar (Sladeck, 1983; Saksena, 1987). Rotifera türlerinin, özellikle çevresel değişimlere karşı Cladocera ve Copepoda türlerine nazaran çok daha hızlı tepki verdikleri ve su kalitesindeki değişimlere daha duyarlı indikatör organizmalardır. Rotifera türleri genellikle ötrofik göllerde daha yoğun bulunurken, Copepoda türleri ise daha çok oligotrofik göllerde yoğun olarak bulunmaktadır (Herzig, 1987).

KAYNAKÇA

- Aladağ, A.T., Erdem, C. & Karaytuğ, S. (2006). Cladocera and Copepoda (Crustacea) fauna of Çatalan Dam Lake (Adana, Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4): 427-428.
- Altındağ, A. & Kaya, M. (2007). Some Cladoceran Species From Turkish Inland Waters. *Süleyman Demirel University Journal of Science*, 2(1), 60-76.
- Anonymous, (2012). *Yüzeyel su kalitesi yönetimi yönetmeliği*, Resmi Gazete 30.11.2012, sayı 28483.
- APHA, (1998). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th Ed. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Bekleyen, A. (2003). A Taxonomical study on the zooplankton of Göksu Dam Lake. (Diyarbakır). *Turkish Journal of Zoology*. 27: 95-100.
- Bekleyen, A., Gökot, B. & Varol M. (2009). 2009. Dicle Baraj Gölü'nün (Diyarbakır) zooplanktonu *Ulusal Su Günleri 2009*, Elazığ.
- Bekleyen, A., Gökot, B., Varol, M. (2014). Kalkıcı Baraj Gölü'nün (Diyarbakır) zooplanktonu, 5. *Doğu Anadolu Bölgesi Su Ürünleri Sempozyumu 2014* (s. 322-323) Elazığ Türkiye.
- Berzins, B. & Bertilsson, J. (1989). On limnic micro-crustacean and trophic degree. *Hydrobiologia*, 185: 95-100.

Ötrofi indikatörü olan *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *B. longirostris* türlerinin sıklıkla çok sayıda kaydedilmiş olması gölün ötrof karakterde olabileceğini düşündürmektedir (Kolisko, 1974).

P.dolichoptera, *K.cochlearis*, *B. longirostris*, *D.longispina*, *C.sphaericus* ve *C. vicinus* ötrofi indikatörleridir (Ryding ve Rast, 1989; Berzins ve Bertilsson, 1989). Bu türlerin tümü Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde de kaydedilmiştir. Ötrof göllerinin karakteristik organizmalarının gölde bulunmasına rağmen Shannon Wiener indeks değeri sadece eylül ayında $H'=2,17$ değerinde kaydedilmiştir. Ortalama indeks değeri ise bu değerin oldukça altında olup $H'_{ort}=1,43$ değerinde tespit edilmiştir. Bu değer gölün tür çeşitliliği bakımından fakir bir ortam olduğunu göstermektedir.

Boztepe Recai Kutan Baraj Gölü'nde Pielou indeksi (J) değeri mart ayında en yüksek değerinde ($J=0,94$) ocak ayında ise en düşük değerinde ($J=0,19$) hesaplanmıştır. Türlerin aylık birey sayılarına bakıldığında mart ayında gözlenen türlerin birey sayıları değişimleri arasında farkın az olduğu, fakat ocak ayında birey sayılarındaki maksimum ve minimum değerler arasındaki farkın fazla olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Dolayısıyla J değerine bakarak türlerin mart ayında düzenli bir dağılım gösterdiği söylenebilir.

Baraj gölün de tüm istasyonlarda yerinde yapılan ölçümler ve alınan su örneklerinde analizi yapılan parametrelerin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Yüzeyel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nin (Anonymous, 2012) "Kıtaçi Yüzeyel Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine" göre genel şartlar bakımından "I. Sınıf", oksijenlendirme parametreleri ve nutrient parametreleri bakımından "II. Sınıf" kalite olarak kategorize olduğu, aynı yönetmeliğin "Göl, Gölet ve Baraj Göllerinde Trofik Sınıflandırma Sistemi Sınır Değerleri" dikkate alındığında baraj gölünün mezotrofik seviyede olduğu belirlenmiştir.

- Bozkurt, A. & Sagat, Y. (2008). Vertical distribution of Birecik Dam Lake (Turkey) zooplankton. *Journal of FisheriesSciences.com*, 2(3):332-342.
- Bozkurt, A. & Akın, Ş. (2012). Zooplankton Fauna of Yeşilirmak (between Tokat and Blacksea), Hasan Uğurlu and Suat Uğurlu Dam Lakes. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12: 777-786. doi: 10.3153/jfscom.mug.200721
- Bulut, H. & Saler, S. (2014). Zooplankton of Beyhan Dam Lake (Elazığ-Turkey). *Turkish Journal of Science & Technology*, 9(1): 23-28.
- Buyurgan Ö., Altındağ, A. & Kaya, M. (2010). Zooplankton community structure of Asartepe Dam Lake (Ankara, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 135-138. doi: 10.4194/trjfas.2010.0119
- Dirican, S. & Musul, H. (2008). Çamlığöze Baraj Gölü zooplankton faunası üzerine bir çalışma. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1): 17-21.
- DSİ, (2017). Boztepe Barajı, Alıntılanma adresi: <http://www.dsi.gov.tr/baraj-arama> (24.01.2017).
- Edmondson, W. T. (1959). *Fresh Water Biology*. 2nd Ed. Seattle: University of Washington.
- Einsle, U. (1996). *Copepoda: Cyclopoida, Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of*

- the *Continental Waters of the World*. No. 10, Amsterdam: SBP Academic Publishing 82 s.
- Emir, N. & A. Demirsoy, (1996). Karamuk Gölü zooplanktonik organizmalarının mevsimsel değişimleri, *Turkish Journal of Zoology*, 20:137-144.
- Herzig, A. (1987). The analysis of planktonic rotifer populations: a plea for long-term investigations, *Hydrobiologia*, 147:163-180.
- İpek Aış, N. & Saler, S. (2013). Zooplankton of Sürgü Dam Lake (Malatya - Turkey) *Bitlis Eren University Journal of Science*, 2(1):39-43.
- İpek Aış, N. & Saler, S. (2016). Zooplankton Fauna of Özlüce Dam Lake (Bingöl - Turkey) *Bitlis Eren University Journal of Science*, 5(1):86-90.
- Jorgensen S.E., Costanse, R. & Fu-Liu Xu. (2005). *Handbook of Ecological Indicators for Assessment of Ecosystem Health*. London: Taylor and Francis Group Edition.
- Kaya M. & Altındağ, A. (2007a). Brachionidae (Rotifera: Monogononta) species from Turkey, *Asian Journal of Animal Sciences*, 1(1): 40-47.
- Kaya M. & Altındağ, A. (2007b). Zooplankton Fauna and Seasonal changes of Gelingülü Dam Lake (Yozgat, Turkey) *Turkish Journal of Zoology*: 31: 347-351.
- Kiefer F (1978) Freilebende Copepoda. In: Elster H-J, Ohle W (eds), *Das Zooplankton der Binnengewässer* 2. Teil, Schweizerbart'sche Velagsbuchhandlung, Stuttgart, 343 p.
- Kolisko, R.A. (1974). *Plankton Rotifers biology and taxonomy*. Biological Station Lunz of the Austrian Academy of Sciences, Stuttgart, 145 p
- Koste, W. (1978). *Rotatoria – Dieradertiere Mitteleuropas EinBestimmungswerk, begründet von max voigt Überordnung Monogonta*. Berlin: Gebrüder Borntraeger. 234 p.
- Koste, W. & Shiel, R.J. (1987). Rotifera from Australian inland waters. II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebrate Taxonomy*, 7: 949-1021.
- Mikschi, E. (1989). Rotifer distributions in relation to temperature and oxygen content, *Hydrobiologia*, 86 (187):209-214,
- Negrea, S. (1983). Cladocera. In Fauna R.S. Romania, Ed. Academiei Romane, Bucuresti 4 (12): 399 pp.
- Nogrady, T. & Segers, H. (2002). *Rotifera 6: The Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodinidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae*. In Dumont, H. J. (ed.), *Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World* Dordrecht, the Netherlands: Backhuys Publishers BV.
- Özdemir Mis, D., Aygen, C., Ustaoglu, M.R. & Balık, S. (2009). Tahtalı Baraj Gölü (İzmir) zooplankton kompozisyonu. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 26(2):129-134.
- Ryding S.O. & Rast, W. (1989). *The control of eutrophication of lakes and reservoirs*. Man and the Biosphere Series, Vol. 1. Unesco, Paris and The Parthenon Publishing Group, UK & USA. 314 s
- Saksena, N.D. (1987). Rotifer as indicators of water quality, *Hydrobiologia*, 15: 481-485.
- Saler (Emiroğlu), S. & Şen, D. (2000). Cip Baraj Gölü (Elazığ) Rotifera Faunasının Taksonomik Yönden İncelenmesi. *Firat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(1): 329-339.
- Saler, S. & İpek Aış, N. (2014). Zooplankton of Hancağız Dam Lake (Gaziantep - Turkey), *Journal of Survey in Fisheries Science*, 1(1):36-45.
- Saler, S. (2009). Rotifers of Kepektaş Dam Lake. (Elazığ-Turkey). *Iranian Journal of Science and Technology*. Transaction 33: A1: 121-126.
- Saler, S. & Şen, B. (2010). Long term changes in rotifera fauna of Güllüşkür bay (Keban Dam Lake. Elazığ-Turkey), *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9:1909-1912.
- Saler, S., Haykır, H. & Baysal, N. (2014). Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of fisheriesciences.com*, 8(1): 1-7.
- Saler, S., İpek, N. & Eroğlu, M. (2010). Karakaya Baraj Gölü Battalgazi Bölgesi Rotiferleri. *e-Journal of New World Sciences Academy, vEcological Sciences*, 5:3.
- Segers, H. (2007). Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 1564: 1-104.,
- Sladeck, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100: 169-201.
- Tellioglu, A. & Yilmaztürk, Y. (2005). Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi'nin Kladoser ve Kopepod Faunası Üzerine Taksonomik Bir Çalışma. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 22: 3-4: 431-433.
- Ustaoglu, 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
- Ustaoglu, M. R., Altındağ, A., Kaya, M., Akbulut, N., Bozkurt, A., Özdemir Mis, D., Atasagun, S., Erdoğan, S., Bekleyen, A., Saler, S. Okgerman, H.C. (2012). A checklist of Turkish rotifers. *Turkish Journal of Zoology*, 36(5): 607-622.
- Tuna A. & Ustaoglu, M.R. (2016). Kemer Baraj Gölü (Aydın-Türkiye) zooplankton faunası. *Limnofish-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research* 2(2): 95-106.
- Yıldız, Ş. (2012). Zemek-Baraj Gölü (Van/Türkiye) zooplankton faunası. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*. 5(1):57-59.
- Yiğit, S. (2006). Analysis of the zooplankton community by the Shannon-Weaver Index in Kesikköprü Dam Lake. Turkey. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2): 216-220.
- Yiğit, S. & Altındağ, A. (2005). *Hırfanlı Baraj Gölü (Kırşehir, Türkiye) zooplankton faunası üzerine taksonomik bir çalışma*. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(4):563-571.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Doğu Karadeniz Bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri

Technical characteristics of set nets used in artisanal fisheries the East Black Sea Region

Serap Samsun*  • Öğünç Emirbuyuran

Ordu Üniversitesi, Fatsa Deniz Bilimleri Fakültesi, Fatsa, Ordu, Türkiye
* Corresponding author: serapsamsun@hotmail.com

Received date: 27.05.2016

Accepted date: 26.04.2017

How to cite this paper:

Samsun, S. & Emirbuyuran, Ö. (2017). Technical characteristics of set nets used in artisanal fisheries the East Black Sea Region. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 269-275. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.04

Öz: Bu çalışmada Doğu Karadeniz'de faaliyet gösteren küçük ölçekli balıkçı teknelerinin kullandığı av araçlarının yapısal ve teknik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Örneklemeler 2010-2011 yılları arasında balıkçı kooperatifi ve balıkçı barınaklarında (Samsun-Ordu-Giresun) yürütülmüştür. Buna göre araştırma bölgesinde dördü fanyalı, altısı sade olmak üzere 10 tip uzatma ağı tanımlanmış ve FAO standartlarına göre teknik planları çizilmiştir. Ağların tamamı PA materyalden yapılmış olup donam faktörü 0,29-0,65 arasında değişmektedir. Yapılan değerlendirmelerde ağların herhangi bir standardının olmadığı ve değişik bölgelerde kullanılan ağlarla farklılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Uzatma Ağları, teknik özellikler, kıyı balıkçılığı, Doğu Karadeniz

Abstract: In this study it is aimed to determine the structural and technical characteristics of the fishing gears used by small-scale fishing boats operating in the East Black Sea. The samplings were carried out in fishery cooperatives and fishing ports (Samsun-Ordu-Giresun) during 2010-2011. Accordingly, 10 various types set nets, four of which are trammel and six of which are gill nets, have been identified in the research area and their technical plans have been drawn according to the FAO standards. All of the nets were made of PA material and the hanging ratio vary from 0.29 to 0.65. The results showed that the nets had no standard technical specifications and indicates differences nets used in the different regions.

Keywords: Set nets, technical characteristics, artisanal fisheries, East Black Sea

GİRİŞ

Kıyı ve kıyı ötesi balıkçılık karakterini koruyan ülkemizde, balıkçı tekneleri büyük ölçüde kıyılarda avlanan yakın sahil teknesi olma özelliklerini göstermektedir. Türkiye'de su ürünleri avcılığı yapan balıkçı gemisi sayısı 14.595 olup, uzatma ağları ile avcılık yapan 7565 balıkçı gemisinin 2043 adedi Doğu Karadeniz Bölgesi'nde faaliyet göstermektedir. (TÜİK, 2015).

Bölgesel denizlerimiz içerisinde Doğu Karadeniz Bölgesi üretim miktarında ilk sırada gelmekte ve bölgedeki halkın büyük bir kısmı geçimini balıkçılık sayesinde sağlamaktadır (Kırda, 2016). Karadeniz, deniz ürünleri avcılığı ile yapılan üretimin % 80,6'sını karşılamakta olup bunun % 60,8'i Doğu Karadeniz'den sağlanmaktadır (TÜİK, 2015).

Balıkçılık sektörünün denetim altına alınması ve en uygun yönetilmesi, canlı kaynaklarının iyi izlenmesi ve ölçülmesi yanında av araç ve gereç teknolojisinin amaca uygun olarak geliştirilmesi ve çok iyi kullanılmasına bağlıdır. Aşırı ve bilinçsiz avcılık nedeniyle giderek azalan balık stoklarının korunması ve

geliştirilmesi için av araçlarının stoka zarar vermeden en etkin avlamayı sağlayacak şekilde kullanılması gerekmektedir (Samsun vd., 2006). Su ürünleri stoklarının korunması, sürdürülebilir kullanımı ve yönetiminde doğru karar ve politikalar üretilmesinde, bir balıkçılık sahasındaki av araçlarının teknik yapılarının bilinmesi önemlidir (Kara, 2004; Doyuk, 2006).

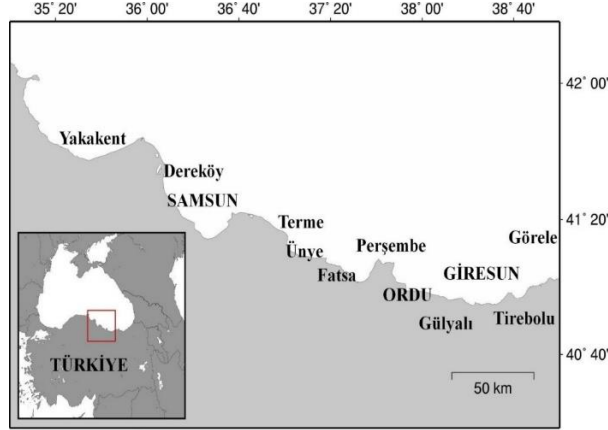
Bir bölgedeki balıkçılık yapan kişi ve balıkçı tekne sayısı, av araçları çeşitliliği ve kapasitesi, avlanan türler ve av miktarları, en az avcılığı yapılan türlerin stok bilgileri kadar gerekli ve önemlidir (Tokaç vd., 2007). Türkiye'de gerek su ürünlerinin avcılığı gerekse kullanılan av araçlarının genel yapısı ve avcılık yönetimine ilişkin çok sayıda araştırma bulunmasına rağmen bu araçların yapısal özelliklerine göre uluslararası çizim standartlarında sınıflandırılmasının yapıldığı çalışmalar yeterli sayıda değildir.

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde (Samsun,

Ordu, Giresun) sınırlı bir av sahası içerisinde faaliyet gösteren, küçük ölçekli balıkçıların kullandıkları av araçları ve teknik özellikleri ile bu av araçlarının avlanma yöntemi ve hedef türlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, Eylül 2010-Ağustos 2011 tarihleri arasında, Samsun, Ordu ve Giresun'da yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma Sahası
Figure 1. Research Area

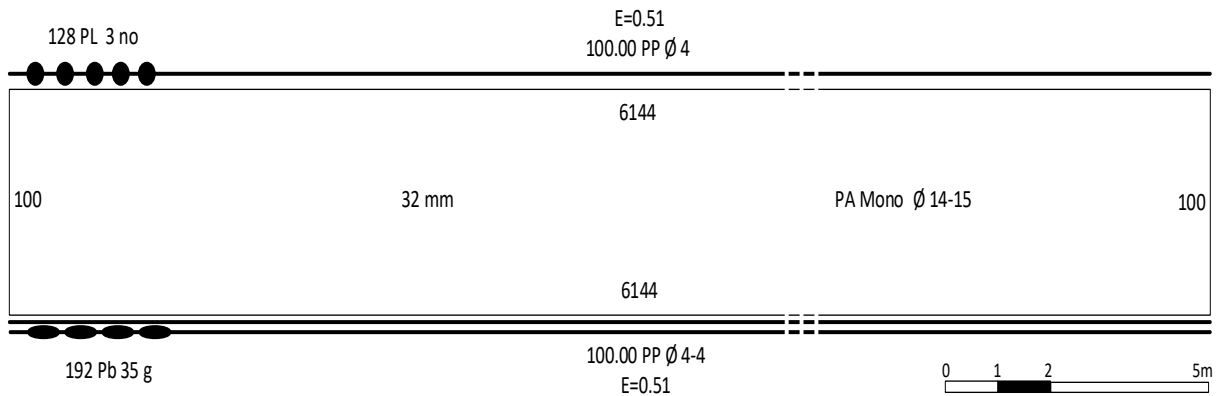
Araştırma verileri, 35 adet balıkçı barınağına gidilmek suretiyle, balıkçı ve kooperatif başkanlarıyla yüz yüze yapılan anketler yoluyla elde edilmiştir. Kullanılan ağların teknik özellikleri, tekne üzerinde yapılan ölçümler ve gözlemlere dayanılarak kaydedilmiştir. Av araçlarının teknik özellikleri FAO (FAO, 1975) standartlarına göre MS Visio 2010 programı kullanılarak çizilmiştir.

BULGULAR

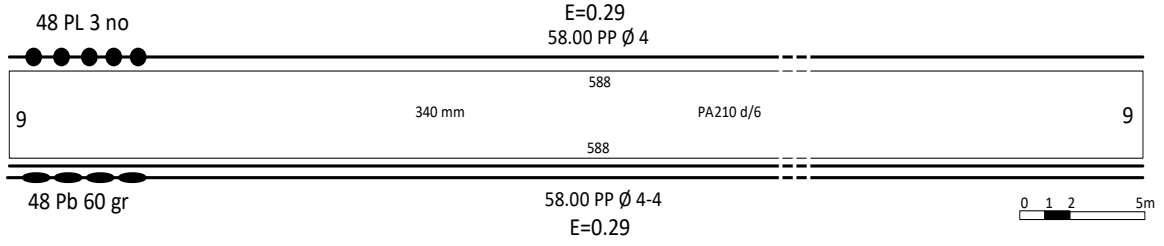
Araştırma bölgesinde kullanılan 6'sı sade, 4'ü fanyalı olmak üzere en fazla kullanılan uzatma ağları; mezgıt misina ağı, kalkan ağı, zargana ağı, lüfer ağı, barbun misina ağı, palamut ağı, fanyalı barbun ağı, fanyalı voli ağı, fanyalı kefal ağı ve fanyalı lüfer ağıdır.

Mezgıt ağları, 0,14-0,15 mm kalınlığında polyamid (PA) monofilament materyalden yapılmış, tam göz boyu (TGB) 32-40 mm olan 65-70 kulaç uzunluğunda, 1-1,5 kulaç derinliğinde ağlardır. Yaka donamı 130 mm'ye 8 göz alınarak yapılmaktadır. 3 numara plastik (PL) mantar sıklığı 5 boş 1 dolu, 35-40 g ağırlığındaki kurşun (Pb) sıklığı ise 3 boş 1 dolu şeklindedir. Mantar yakada 4 mm ve kurşun yakada 4-4 mm çapında (biri koşma halatı) polipropilen (PP) halat kullanılmaktadır. Donam faktörü (E) 0,51'dir (Şekil 2). Ağlar genellikle kıyı kenarlarında, rüzgâr ve akıntıya bağlı olarak sahile paralel veya dik şekilde serilerek kullanılır. Avcılık ağın gece atılıp gün doğumuyla beraber denizden toplanması şeklindedir. Ağların atıldığı yerler genellikle dip yapısı kumlu, çamurlu bölgelerdir. Bu ağlarla mezgıt dışında istavritte yakalanmaktadır.

Kalkan ağları; 210d/6 numara kalınlığında 340 mm TGB'da PA multifilament materyalden donatılmıştır. Donam faktörü 0,29'dur. Ağ uzunluğu 40-45 kulaç, ağ derinliği 6,5-9 gözdür. 2-3 numara PL mantar ve 40-60 gr arası Pb kullanılır. Yaka donamı 300-330 mm'ye 3 göz olacak şekilde donatılır. Mantar yakada 4 mm ve kurşun yakada 4-4 mm kalınlıkta (biri koşma halatı) PP halat kullanılmaktadır. Mantar ve kurşun sıklığı 3 boş 1 doludur (Şekil 3). Avcılık, ağların 8-70 m derinliğe bırakılıp, 1 hafta - 10 gün kadar denizde bırakıldıktan sonra toplanması şeklinde gerçekleşir. Ağlar daha çok midyelik, kumlu dip yapısına sahip olan bölgelere genellikle kıyıya paralel olacak şekilde kurulur.



Şekil 2. Mezgit misina ağı
Figure 2. Whiting monofilament net

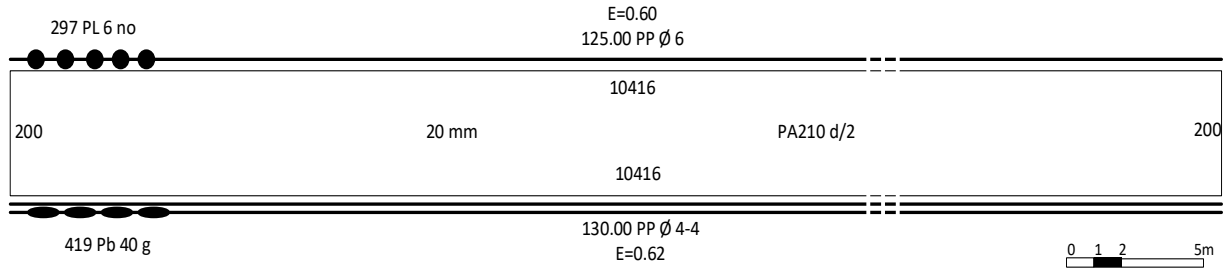


Şekil 3. Kalkan ağı
Figure 3. Turbot net

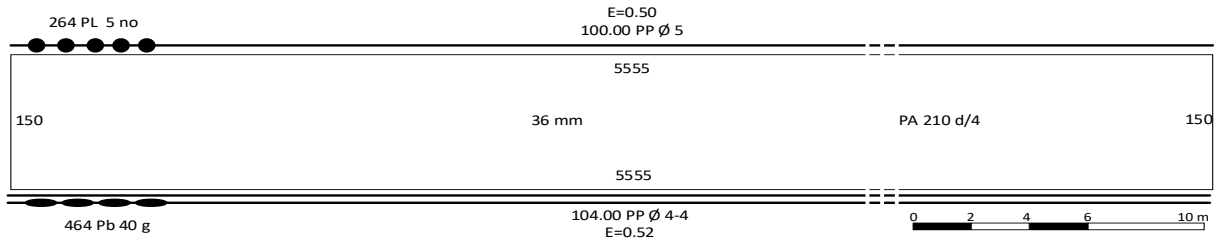
Zargana ağları 20 mm TGB'nda, PA multifilament materyalden donatılır. Ağ boyu 125 m ağ yüksekliği ise 200 gözdür. Çako boyu mantar yakada 60 mm, kurşun yakada 62 mm olup her bir donamda 5 göz bulunur. Yüzdürücü olarak 297 adet 6 numara PL mantar 6 boş 1 dolu şeklinde, batırıcı olarak ise 419 adet 40-50 gr'lık Pb 4 boş 1 dolu şeklinde donatılır. Donam faktörü mantar yakada 0,60 kurşun yakada ise 0,62'dir. Mantar yakada 6 mm, kurşun yakada 4-4 mm kalınlıkta (biri koşma halatı) PP halat kullanılır (Şekil 4). Avcılık genellikle zargana balığının yoğun olarak bulunduğu 1-10 kulaç arası derinlikte ve gece süreklilik avı şeklinde yapılmaktadır.

Lüfer ağlarında PA materyalden, TGB 28 ile 36 mm arasında değişen ağlar birbirine eklenerek kullanılır. Bunlardan

avlanıldığı dönemde hangi göz açıklığındaki ağla daha fazla av yakalanıyorsa o göz açıklığındaki ağ daha baskın olarak kullanılır. Ağların yüksekliği 150 göz dür. Çako boyu mantar yakada 54 mm, kurşun yakada 56 mm olup her bir donamda 3 göz bulunur. Yüzdürücü olarak 264 adet 5 numara PL mantar 6 boş 1 dolu şeklinde, batırıcı olarak 464 adet 40 gramlık Pb 3 boş 1 dolu olarak donatılmaktadır. Donam faktörü (E) mantar yakada 0,50 kurşun yakada ise 0,52'dir. Sade lüfer ağının bir boyu 100 m olup 3-5 boy (300 m-500 m) uzunluğunda olmaktadır. Mantar yakada 5 mm, kurşun yakada ise 4-4 mm (biri koşma halatı) kalınlığında PP halat kullanılmaktadır (Şekil 5). Ağlar bulunduğu bölgeye gecedan atılıp gün doğumunda toplanmaktadır. Bu ağlardan palamutta çıkabilmektedir.



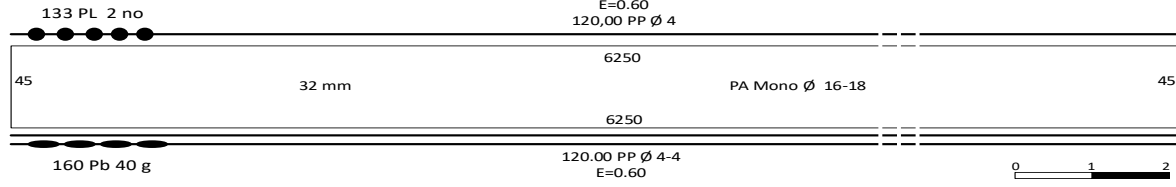
Şekil 4. Zargana ağı
Figure 4. Garfish net



Şekil 5. Lüfer ağı
Figure 5. Bluefish net

Barbun ağları, TGB 32-36 mm arasında, 0,16-0,18 mm çapında PA monofilament materyalden donatılır. 45 göz yüksekliğinde olan ağlarda, yüzdürücü olarak 133 adet 2 numara PL mantar 5 dolu 1 boş, batırıcı olarak 160 adet 40 gr'lık Pb ise 4 dolu 1 boş olacak şekilde donatılmaktadır. Çako boyu 150 mm'dir. Donam faktörü, mantar yaka ve kurşun

yakada 0,60'tır. Mantar yakada 4 mm PP, kurşun yakada ise 4-4 mm PP (biri koşma halatı) halat kullanılmaktadır (Şekil 6). Sade barbun ağları, genellikle dip yapısı kumlu daha çok çamurlu bölgelere gün doğumunda atılıp 2 saat kadar bekledikten sonra ağın toplanılması suretiyle kullanılır. Bu ağlarla barbun dışında iskorpit ve istavritte avlanmaktadır.



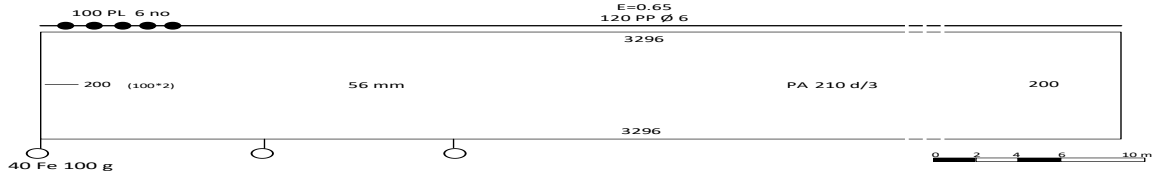
Şekil 6. Barbun misina ağı

Figure 6. Red mullet monofilament net

Palamut ağının ağ materyali PA multifilament olup, 300-350 kulaç uzunluğunda ve 4,5 kulaç derinliğindedir. TGB 56-72 mm'dir. Donam faktörü (E) mantar yakada 0,65 olup kurşun yaka donatılmaz. Genellikle her birinin derinliği 100 göz olan 2 kapak ağın üst üste eklenmesiyle kullanılır. Ağlar 210d/6-9 numara iplerle birbirine eklenir. Çako boyu 110 mm olup her donamda 3 göz bulunur. Mantar yaka 6 numara yüzdürücü 5

boş 1 dolu şeklinde, kurşun yaka ise 100 gr'lık mapalar kullanılacak şekilde donatılır. Mapalar PA materyal köstekle ağın 30 cm aşağısında durmaktadır (Şekil 7).

Ağlar denize bırakıldıktan sonra 1- 1,5 saat içerisinde toplanır. Bu ağlarla serbest ucunda şamandıra diğer ucu ile de tekneye bağlı olarak demir atılmadan akıntıya bırakılmak suretiyle avcılık yapılır.

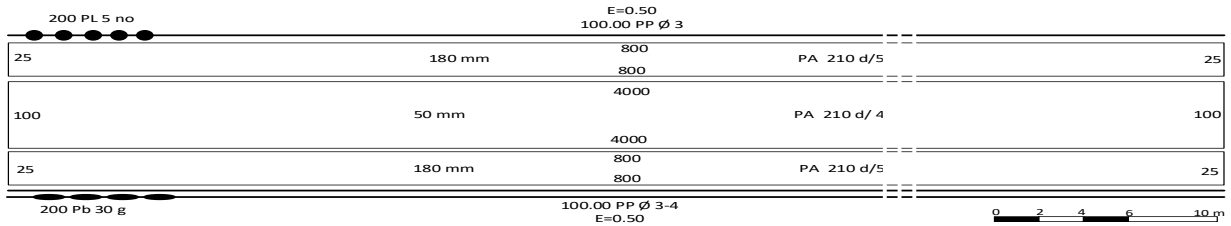


Şekil 7. Sürüklenen palamut ağı (salma ağı)

Figure 7. Driftnet bonito net

Fanyalı barbun ağları PA materyalden yapılmış olup, TGB tor için 50 mm, fanya için 90-100 mm'dir. 100 m uzunluğundaki ağların yüksekliği 1,5 kulaç kadardır. 3 numara PL mantar yüzdürücü ve 30 gr Pb batırıcı 3 boş 1 dolu şeklinde donatılır. Çako boyu olarak 125 mm'ye 5 adet tor, 1 adet fanya donatılır. Mantar yakada 3 mm PP, kurşun yakada ise 3-4 mm PP (biri koşma halatı) halat kullanılmaktadır (Şekil 8). Fanyalı barbun

ağları, yoğun olarak Kasım-Ocak ayları arasında, ağın gece atılıp sabah toplanması şeklinde kullanılır. Araştırma bölgesinde fanyalı barbunya ağı, ilkbahar aylarında 1-4 kulaç, kışın ise 10-25 kulaç derinliğindedir. Fanyalı barbun ağlarında, balığı daha çok cezbediği ve av verimini artırdığı için sarı renkli ip ağların tercih edildiği tespit edilmiştir. Bu ağlarla aynı zamanda mezgitte yakalanmaktadır.

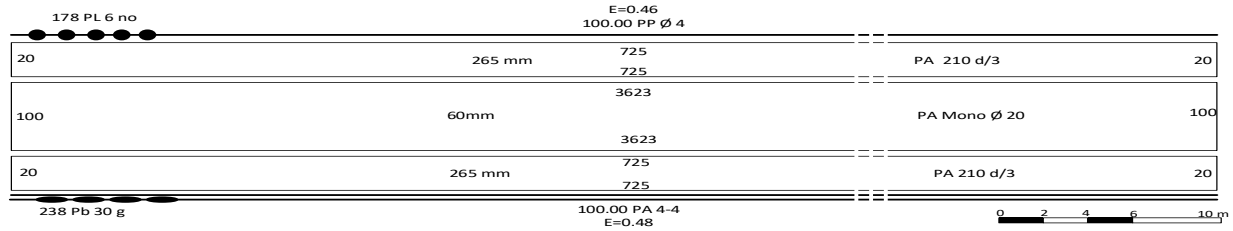


Şekil 8. Fanyalı barbun ağı

Figure 8. Trammel red mullet net

Fanyalı voli ağlarının tor kısmı 50-60 mm TGB'nda 0,20 mm çapında PA monofilament materyalden, fanya kısmı ise 240-265 mm TGB'nda PA multifilament materyaldendir. Donam faktörü 0,46'dır. Çako boyu 140 mm olup her bir donamda 5 göz tor, 1 göz fanya bulunur. 178 adet 6 numara mantar 3 boş 1 dolu, 238 adet 30 gr'lık kurşun ise 2 boş 1 dolu şeklinde donatılır. Mantar yakada 4 mm PP, kurşun yakada ise 4-4 mm

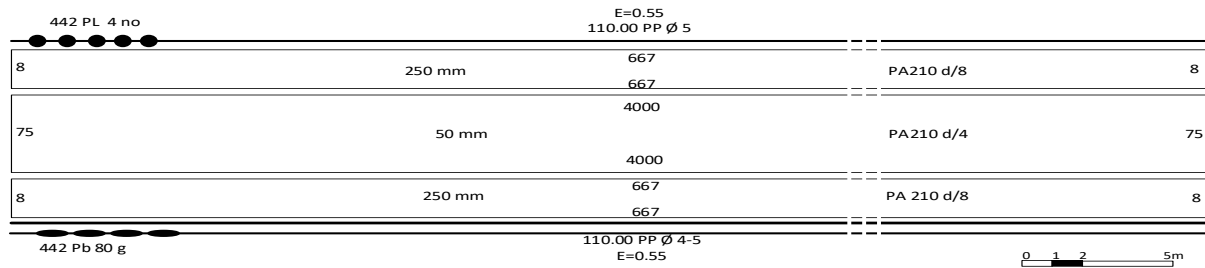
PP (biri koşma halatı) halat kullanılmaktadır (Şekil 9). Fanyalı voli ağları 15-20 m derinliğe kadar olan sularda, uzunlamasına değil daire ya da yarım daire şeklinde serilerek kullanılmaktadır. Avcılık, gece suyun üzerine kürek veya benzeri cisimlerle vurularak balıkların korkutulması ve bu suretle ağın içine doğru yönlendirilmesi şeklindedir. Özellikle palamut avcılığında kullanılmaktadır.



Şekil 9. Fanyalı voli ağı
Figure 9. Trammel cast net

Fanyalı kefal ağlarının materyali PA multifilament olup, tor TGB 50-60 mm, fanya TGB ise 250 mm'dir. Donam faktörü mantar ve kurşun yakada 0,55'tir. Bir boy ağın toplam uzunluğu 110 m'dir. Torun derinliği 75 göz iken fanya derinliği 8 gözdür. 4 numara mantar ve 80 gr'lık kurşun kullanılmaktadır. Mantar

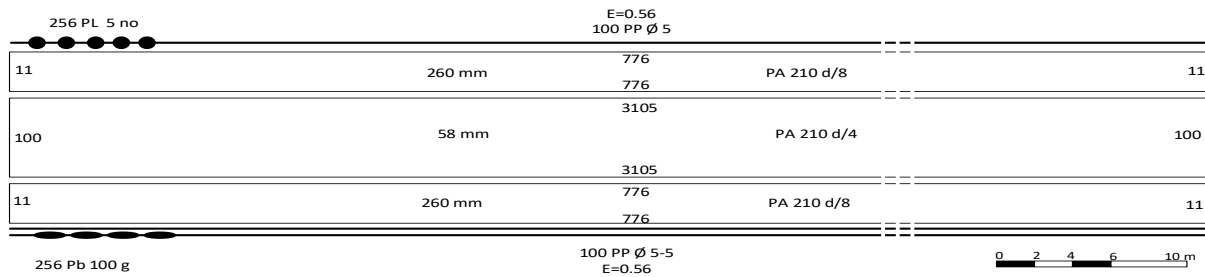
yakada 5 mm PP, kurşun yakada ise 4-5 mm PP (biri koşma halatı) halat kullanılmaktadır. Bir donama 3 göz tor 1 göz fanya konulup bunun devamındaki donamda sadece 3 göz tor konulur. Çako boyu 83 mm olup mantar ve kurşun donamı 2 boş 1 dolu şeklindedir (Şekil 10).



Şekil 10. Fanyalı kefal ağı
Figure 10. Trammel gray mullet net

Fanyalı lüfer ağlarının materyali PA multifilament olup, 55-58 mm TGB'nda tor ağından ve 260 mm TGB'nda fanya ağından oluşmaktadır. Donam faktörü 0,56'dır. Bir boy ağın toplam uzunluğu 100 m'dir. Torun derinliği 100 göz iken fanya

derinliği 11 gözdür. 256 adet 5 numara mantar ve 256 adet 100 gr'lık kurşun 2 boş 1 dolu şeklinde donatılmaktadır. Çako boyu 130 mm olup bir donama 4 göz tor 1 göz fanya donatılmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Fanyalı lüfer ağı
Figure 11. Trammel bluefish net

Araştırma bölgesinde, uzatma ağları ile kıyı balıkçılığının başlıca hedef türleri ve bu türlerin av dönemleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma bölgesi kıyı balıkçılığında kullanılan uzatma ağları ile avcılıkta hedeflenen türler ve av dönemleri

Table 1. The target species and fishing periods of set nets used in research region artisanal fisheries

Hedef Tür	Yoğun Av Dönemi
Barbun (<i>Mullus barbatus</i>)	Eylül-Haziran
İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i>)	Tüm yıl
Kalkan (<i>Psetta maxima</i>)	Ocak-Nisan
Kefal (<i>Mugil spp.</i>)	Tüm yıl
Lüfer (<i>Pomatomus saltatrix</i>)	Eylül-Kasım
Mezgit (<i>Merlangius merlangus</i>)	Tüm yıl
Palamut (<i>Sarda sarda</i>)	Eylül-Kasım
Zargana (<i>Belone belone</i>)	Ekim-Şubat

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Ordu, Samsun ve Giresun illerinde kıyı balıkçılığında kullanılan 4 tip fanyalı (fanyalı barbun ağı, fanyalı voli ağı, fanyalı kefal ağı, fanyalı lüfer ağı), 6 tip sade (mezgit ağı, kalkan ağı, zargana ağı, lüfer ağı, barbun ve palamut ağı) olmak üzere toplam 10 tip uzatma ağı tespit edilmiştir. Çoğunluğu döneğe bırakma şeklinde kullanılan ağların tamamı PA materyalden yapılmıştır. Donam faktörü 0,29-0,65 arasında değişen ağlardan, mezgit ağı, barbun ağı ve fanyalı voli ağının tor kısmı monofilament misina ağdan oluşmaktadır. Avlanan türler Karadeniz'in tipik türleri olup mezgit, barbun, istavrit, palamut, kalkan, kefal, zargana gibi balıklar ön plana çıkmaktadır.

Özekinci vd. (2006), uzatma ağlarını kullanan balıkçı teknelerinin boylarının 7-12 m arasında, motor güçlerinin ise 28-185 HP arasında değişim gösterdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada uzatma ağlarını kullanan balıkçı teknelerinin boyları 3-12 m, motor güçleri de 9-110 HP arasındadır.

Akyol ve Ceyhan (2011), Prens Adaları kıyı balıkçılığında kullanılan mezgit ağlarının 56 mm TGB'da, 60 göz yüksekliğinde 0,50 donam faktörüne sahip 3 mm monofilament materyalden donatıldığını bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki mezgit ağlarının ise 32-40 mm TGB'nda, 100 göz derinliğinde ve mantar yakada 0,50, kurşun yakada ise 0,51 donam faktörüne sahip 0,14-0,15 mm monofilament materyalden donatıldığı tespit edilmiştir. Her iki çalışmada TGB, ip kalınlığı ve ağ derinliği açısından farklılıklar görülmektedir. İstanbul bölgesinde ise TGB 50 mm, donam faktörü 0,63, 50-100 göz derinliğinde PA multifilament materyalden donatılmış mezgit ağları kullanılmaktadır (Yıldız ve Karakulak, 2010b).

Kalkan balığı avcılığında kullanılan ağlar İstanbul bölgesinde 320-330 TGB'da, 7,5 göz derinliğinde ve donam

faktörü 0,27 iken (Yıldız ve Karakulak, 2010b), bu çalışmada 340 mm TGB'da, 6,5-9 göz derinliğinde ve donam faktörü 0,29'dur. Kalkan ağlarının diğer ağlarda olduğu gibi çok bariz farklılıklar göstermeyip yakın donanım özelliklerine sahip oldukları görülmektedir.

Çanakkale bölgesinde kullanılan zargana uzatma ağları tekne büyüklüğüne göre 2-4 posta ağın bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Her bir posta ağ 32 mm TGB'nda, 100 göz derinliğinde ve 0,67 donam faktörüne sahiptir (Özekinci vd., 2006). Bu çalışmada tespit edilen zargana ağları ise 20 mm TGB'nda, 200 göz derinliğinde ve mantar yakada 0,60, kurşun yakada 0,65 donam faktörüne sahip ağlardır.

Altınağaç vd. (2008), Edremit Körfezi'nde yaptıkları çalışmada, 6 farklı mevkide, 10 tip barbun ağı tespit etmişlerdir. Yakın mevkilerde benzer yapısal özellik göstermekle birlikte ağlar 18-20-22 mm TGB'nda, 33-35-40-50 göz derinliklerinde olup 0,41-0,45-0,50 donam faktörüne sahiptirler. Ağlar iki mevkide 18 mm kalınlığında monofilament materyalden yapılmıştır. Datça- Bozburun Yarımadası'nda kullanılan fanyalı barbun ağları 44 mm TGB'nda ve 45 göz derinliğinde tor ağı ile 220 mm TGB'nda fanya ağına sahiptir. Aynı bölgede, 18 mm çapında monofilament materyalden 40-44 mm TGB'nda ve 25 göz derinliğinde sade barbun ağlarında kullanılmaktadır. Donam faktörü fanyalı ağlar için 0,66, sade misina ağlar için 0,50'dir (Akyol ve Ceyhan, 2007). Prens Adaları'nda ise 72 mm TGB ve 75 göz derinliğinde tor ağı ile 132 mm TGB'nda fanya ağından oluşan barbun ağlarının donam faktörü 0,66'dır (Akyol ve Ceyhan, 2011). Bu çalışmada tespit edilen sade ve fanyalı barbun ağları için donam özellikleri sırasıyla; TGB 32 mm, 45 göz derinliğinde, donam faktörü 0,60 ve 50 mm TGB'nda, 100 göz derinliğinde tor ağı, 180 mm TGB'nda fanya ağı, donam faktörü 0,50 şeklindedir.

Yıldız ve Karakulak (2010a), İstanbul kıyıları'nda yaptıkları çalışmada sürüklenen palamut ağlarının TGB 72-84 mm, donam faktörü 0,81 iken bu çalışmada 56-72 mm TGB'a sahip ağların donam faktörü 0,65 olarak tespit edilmiştir. Kullanılan ağların derinliklerinin farklı olmasına bağlı olarak mapa sayısı ve ağırlıkları da değişiklik göstermektedir. Yıldız ve Karakulak (2010a), İstanbul kıyı balıkçılığında yoğun olarak kullanılan ve düşük seçiciliğe sahip bu ağlara yönelik seçicilik, iskarta ve by-catch çalışmaları yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

İstanbul'da kullanılan fanyalı voli ağlarının tor ağının TGB 48-64 mm, fanyanın TGB 240-320 mm, donam faktörü 0,54 (Yıldız ve Karakulak, 2010a) iken bu çalışmada, tor ağın TGB 50-60 mm, fanyanın TGB 240-265 mm, donam faktörü ise mantar yaka için 0,46 kurşun yaka için 0,48 olarak tespit edilmiştir.

Araştırma bölgesinde, fanyalı lüfer ağları, 55-58 mm TGB'nda tor ağı ve 260 mm TGB'nda fanya ağından oluşmaktadır. Donam faktörü mantar yakada 0,55, kurşun yakada ise 0,60 olan ağların materyali PA multifilamenttir. Prens Adaları'nda kullanılan lüfer ağları PA monofilament materyalden yapılmış olup 64 mm TGB'nda, mantar yakada 0,50, kurşun yakada 0,51 donam faktörüne sahiptir (Akyol ve

Ceyhan 2011). İstanbul bölgesinde kullanılan lüfer ağları ise PA multifilament materyalden 64 mm TGB'nda olup donam faktörü 0,72 'dir. Görüldüğü gibi üç farklı araştırmada lüfer avcılığında kullanılan lüfer ağlarının hem donanım hemde materyal olarak farklılık gösterdiği dikkat çekmektedir.

Daha önceki yapılan çalışmalarda, farklı bölgelerde uzatma ağları ile yapılan avcılıkta, çok çeşitli tiplerde ağların kullanıldığı, yörelere göre bazı yapısal özelliklerin farklılık gösterdiği, bu farklılıkların, balıkçıların kendi tecrübeleri sonucunda elde ettikleri veriler yada çevrelerinden gördükleri ile ağlarını yapma eğiliminde olmalarından kaynaklandığı ifade edilmiştir (Altınağaç vd., 2008; Ayaz vd., 2008; Zengin ve Bozali, 1994). Bu araştırmada elde edilen verilerde önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında yapısal farklılıklar göze çarpmaktadır.

Ülkemizde kıyı balıkçılığı kapsamında yoğun olarak kullanılan uzatma ağlarına yönelik kısıtlamalara bakıldığında; 3/1 numaralı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğde fanyalı ağlarda ağ göz açıklığının 36 mm ve üzeri uygulanacağı belirtilirken (Anonim, 2012), 4/1 numaralı tebliğde bu kısıtlama kaldırılmıştır (Anonim, 2016). Diğer taraftan kalkan

ağlarında, halen geçerli olan ve ağ göz açıklığının 400 mm'den küçük olamayacağına dair getirilen sınırlama dikkate alındığında kullanılan ağların mevzuata uygun olmadığı görülmektedir. Yine 2/1 numaralı tebliğde monofilament (tek kat) misina ağların kullanımı yasaklanırken (Anonim, 2008), 3/1 numaralı tebliğde bu kısıtlama kaldırılmış (Anonim, 2012), daha sonra 4/1 numaralı tebliğde multimonofilament (çoklu tek kat) misina ağlarında ilavesiyle misina ağların kullanımı tekrar yasaklanmıştır (Anonim, 2016). Araştırma döneminde geçerli olan, 2/1 numaralı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğde, misina ağların kullanımı 1 Eylül 2010 tarihinden itibaren yasaklanmıştır. Bu dönemde yapılan çalışmalarda misina ağların halen kullanılıyor olması ve belli bir süreçte balıkçılıktan çekilmesi muhtemeldir.

Kullanılan uzatma ağlarının yapısal özelliklerine yönelik kısıtlamaların yetersiz olması ve bir standardın olmaması, bu ağların donatılmasında bölgeden bölgeye hatta kişiden kişiye farklılıkların doğmasına neden olmaktadır. Bu tür çalışmalar sürdürülebilir balıkçılık için av araçları potansiyelinin belirlenmesi, kullanılan ağların donam özelliklerinin ortaya konulması ve yapılacak düzenlemelere yön vermesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2007). Technical characteristics of set nets, used in Datça-Bozburun Peninsula (Aegean Sea) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(1-2): 117-120.
- Akyol, O. & Ceyhan, T. (2011). Coastal fishing gears of Prince Islands (İstanbul) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 28(4): 117-125.
- Altınağaç, U., Ayaz, A., Özekinci, U. & Öztekin, A. (2008). Technical features and structural differens of bottom gill and trammel nets in Edremit Bay (Turkey) (in Turkish with English abstract). *Journal of FisheriesScience*, 2(3): 432-439. doi: 10.3153/Jfscm.mug.200735
- Anonim (2008). 2/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlemesi Hakkında Tebliğ. TKB-KKGM, R.G. Sayı: 26974, No:2008/48, Ankara.
- Anonim (2012). 3/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlemesi Hakkında Tebliğ. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, R.G. Sayı: 28388, No: 2012/65, Ankara.
- Anonim (2016). 4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlemesi Hakkında Tebliğ. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, R.G. Sayı: 29783, No: 2016/35, Ankara.
- Ayaz, A., İşmen, A., Altınağaç, U., Özekinci, U. & Ayyıldız, H. (2008). Technical features and structural differens of bottom gill and trammel nets in Saroz Bay (Turkey) (in Turkish with English abstract). *Journal of Fisheriesciences.com*, 22(3): 499-505. doi: 10.3153/Jfscm.mug.200746
- Doyuk, S.A. (2006). A study on the determination technical specifications of fishing gear used on Çanakkale Region. Master Thesis. Çanakkale Onsekiz Mart University, Science Institute, Çanakkale.
- FAO (1975). Catalogue of small scale fishing gear, London, 191s.
- Kara, A. (2004). Marking of fishing gears and recommendations on its feasibility in Turkey (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(1-2): 157-165.
- Kırda, K. (2016). Doğu Karadeniz Bölgesinde Balıkçılık. *Karadeniz Araştırmaları*, 52: 233-252.
- Özekinci, U., Cengiz, Ö. & Bütüner, S. (2006). Gear characteristic of gillnet and trammel net used in Dardanelles Region and problems of fishermen (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1/3): 473-480.
- Samsun, O., Kalaycı, F., Bilgin, S. & Samsun, N. (2006). The importance, problem and analyzing in the light of sciences researches of fisheries in Samsun on the sector of fish catching in our country. Geçmişten Geleceğe Samsun Sempozyumu, 4-6 May 2006, Samsun.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbiçgin, H. & Gökçe, G. (2007). Ege Denizi Balıkçılığının Yapısal Analizi. Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri. 2002/SÜF/006, Bornova, 161 s.
- TÜİK (2015). Su Ürünleri İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Yıldız, T. & Karakulak, F. S. (2010a). Technical characteristics of pelagic set nets, used in Istanbul artisanal fisheries (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 27(1): 25-29.
- Yıldız, T. & Karakulak, F. S. (2010b). Technical characteristics of demersal nets, used in Istanbul artisanal fisheries (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 27(1): 19-24.
- Zengin, M. & Bozali, M. (1994). Marmara Denizi'nde Av Araçları İle Avcılık Potansiyelinin Tespiti. Trabzon Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Quantitative and qualitative observations of European sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816) gonad in Cesme Bay, Izmir, Turkey

Çeşme Körfezi'ndeki Avrupa Deniz Kestanesi gonadının (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816) kalitatif ve kantitatif incelenmesi

Aysun Küçükdermenci^{1*} • Aynur Lök¹ • Sefa Acarlı² • Selçuk Yiğitkurt¹ • Ali Kırtık¹ • Evrim Kurtay¹

¹ Ege University, Faculty of Fisheries, 35100 Bornova Izmir, Turkey

² Canakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Fisheries, Canakkale, Turkey

* Corresponding author: aysun.kose@ege.edu.tr

Received date: 13.06.2016

Accepted date: 11.05.2017

How to cite this paper:

Küçükdermenci, A., Lök, A., Acarlı, S., Yiğitkurt, S., Kırtık, A. & Kurtay, E. (2017). Quantitative and qualitative observations of European sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck 1816) gonad in Cesme Bay, Izmir, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 277-280. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.05

Abstract: This study examined fecundity, by means of the gonad index of the most common and abundant echinoderm species (*Paracentrotus lividus*) of the Aegean Sea (western Turkey). *Paracentrotus lividus* samples were collected monthly at the coast of Cesme for six months and biometric parameters were measured and then the animals' dissected. Gonad indices were calculated. The mean fecundity (number of eggs) was determined and eggs diameter were measured. Mean egg diameter was $91.14 \pm 1.46 \mu\text{m}$. There was a peak in fecundity in March (346.582 eggs/female) that correlated with the observed peak in GSI ($11.02 \pm 0.54 \%$) and egg size ($95.68 \pm 0.198 \mu\text{m}$). The results presented here show that a significant different was found in egg numbers and egg sizes between months ($p < 0.05$).

Keywords: Sea urchin, *Paracentrotus lividus*, gonad index, fecundity, egg size

Öz: Bu çalışmada, Ege Denizi'nde (Türkiye'nin batısı) yaygın bulunan echinoderm türlerinden *Paracentrotus lividus*'ün fekondite ve gonad indeksi özetlenmiştir. Çeşme kıyısı alanından aylık olarak *Paracentrotus lividus* toplanarak biyometrik ölçümleri yapıldıktan sonra kesme işlemi gerçekleştirilmiştir. Gonad indeksleri hesaplanmıştır. Ortalama fekondite (yumurta sayısı) belirlendi ve yumurta çapı ölçülmüştür. Ortalama yumurta çapı $91.14 \pm 1.46 \mu\text{m}$. Fekondite Mart ayında pik yaptı (346.582 eggs/female) ve ilişkili olarak gonad indeksi ($11.02 \pm 0.54 \%$) ve yumurta boyu da ($95.68 \pm 0.198 \mu\text{m}$) bu ayda en yüksekti. Buradaki sonuçlar, aylara göre yumurta sayısı ve yumurta boyunda önemli bir farklılık ($p < 0.05$) olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Deniz kestanesi, *Paracentrotus lividus*, Gonad indeksi, fekondite, yumurta boyu

INTRODUCTION

Sea urchins are known to be very reproductive (prolific) marine invertebrates, and females of some species, for example, can release as many as 100 million eggs in a single spawning period (Randall et al., 2002). Sea urchin gonad is consumed as food so gonad weight and content affect food quantity and quality (Xu and Barker, 1990). The field and laboratory studies indicate that the number of eggs produced tend to decrease when food level deteriorate (Bayne et al., 1975; Lucas and Crisp, 1987; Hirche, 1993). Gago and Luis (2010) observed that irrespectively of the broodstock stock density, mean number of eggs was always higher than $508 \pm 118 \times 10^3$ in *P. lividus*. Luis et al. (2005) indicated that *P. lividus* egg number was $788 \pm 119 \times 10^3$ and sea urchins emitted small and large oocytes ($\sim 65 \mu\text{m}$, $\sim 90 \mu\text{m}$ in diameter,

respectively) during the maturation season. Fenaux et al. (1985) recorded average $90 \mu\text{m}$ diameter in eggs of *P. lividus*.

Most life history models (McGinley et al., 1987; Roff, 1992) assume an interchange between egg size and number, i.e. females produce more, but smaller eggs in favorable environments and few, but larger eggs in unfavourable environments. Previous studies have predicted that bigger females with more resources for reproduction should produce bigger eggs and large numbers of eggs (McGindley, 1989 Sargent et al., 1987 and Venable 1992). For example, a female of 40mm in diameter generally produces around 5 to 7 millions of eggs (Grosjean et al., 1998). George (1990) observed that the egg diameter of *P. lividus* (body weight was between 46g

and 71.6g) was between 89.6 µm and 92µm. in field studies.

Gonad indices (GSI) were changed according to species and regions, such as lower than 8 % (Spirlet et al., 1998) and 6-12 % (Spirlet et al., 2000) in Brittany, France, 4.1-5.6 % in Algeria (Soualili and Guillou, 2009), 6 % in Turkey (Köse, 2005).

According to most experts, aquaculture of sea urchins is the best solution for sustainability of this valuable and expensive food resource with high demand whereas its natural stocks are drastically depleted due to overfishing. For sea urchin cultivation purposes, it is necessary to have an appropriate

knowledge on the dynamics of the sea urchin reproduction. Our aim was to investigate the reproductive cycle of *P. lividus* in Cesme from wild, through the monthly examination of its gonad index and fecundity variations.

MATERIALS AND METHODS

Sea urchin individuals, *P. lividus*, were gathered between December 2004 to May 2005 from (038°12'77"N; 026°25'46"E), Cesme, Izmir (Fig 1). Sea urchin samples kept in these months in order to get gamete because Kose (2005) referred this time period for natural spawning for this populations. (Agatsuma, 1998).

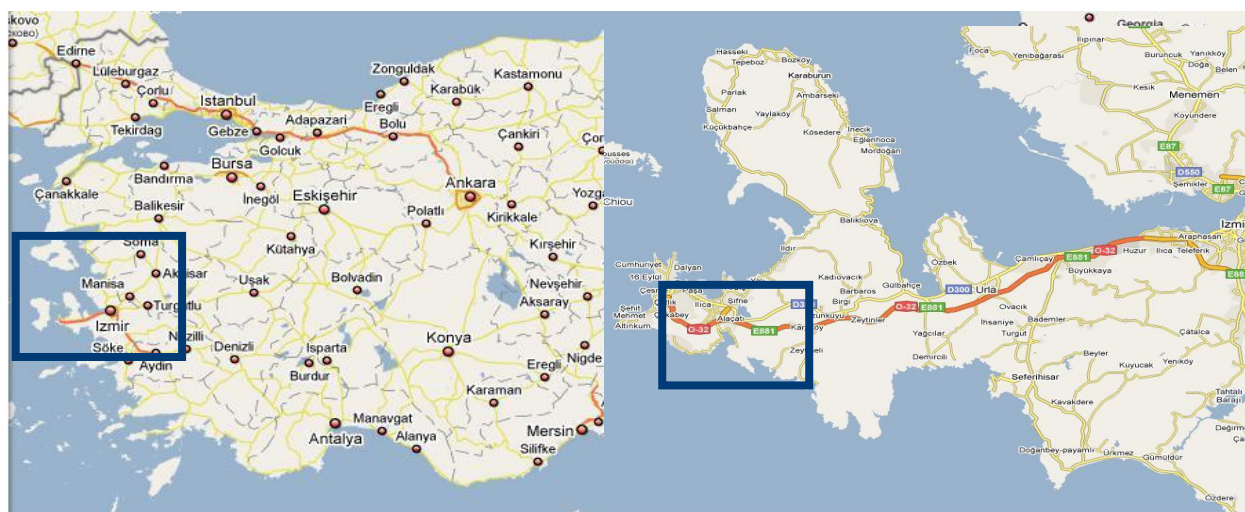


Figure 1. Geographical situation of the sampling site located in the Aegean Sea coast

On each sampling time, 30 specimens with test diameter (19-21mm) were collected by hand at 0.5-1m depth. The biometric measurements done were (test diameter and total weight). In addition, the surface water temperature was measured with a mercury thermometer. Following their removal, *P. lividus* samples were immediately taken to the laboratory where they were measured and dissected. Fecundity was determined by counting eggs were from each spawned females and the diameter of eggs was measured. In these samples, wet gonad index (WGI) was calculated as the ratio between the wet weight of the internal organs (WWI) and the total wet weight of the sea urchin (TWW) expressed in mg:

$$WGI (\%) = (Wet\ weight\ of\ gonad / Total\ wet\ weight\ of\ sea\ urchin) \times 100$$

Statistical Analysis

Results are expressed as the mean±standard error. The biometric calculations and the physiological indices were made using Microsoft Excel Program. Indices of the gonad were normalized using the arcsine transformation because gonad

indices are percent values. The values were subject to the analysis of Kruskal Wallis to compare indices between months. All statistical significance tests were at the $p < 0.05$ levels (Watts et al., 1998).

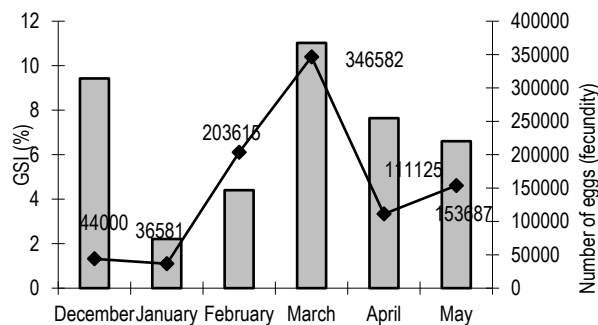
RESULTS

The total weight of sea urchins varied between $21.34 \pm 1.09g$ and $27.58 \pm 1.27g$. The lowest gonad weight was measured in January and the highest was in March. The maximum egg size was measured in March ($95.68 \pm 1.98\mu m$). Mean egg size was $91.14 \pm 1.46\mu m$. A significant difference was found in egg numbers and egg sizes between months ($p < 0.05$) (Table 1).

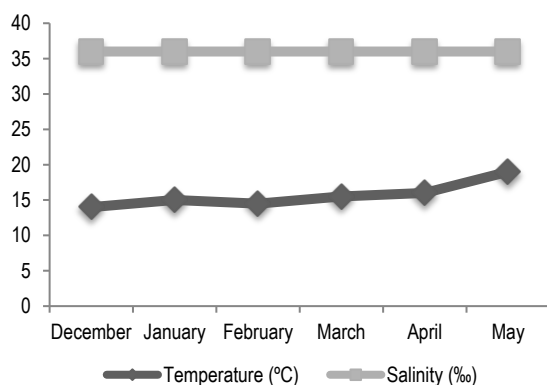
The GSI fluctuated during the study. There was an increase from January to March then it decreased. The GSI had two peaks in March ($11.02 \pm 0.54\%$) and in December ($9.42 \pm 0.47\%$). It was minimum in January ($2.21 \pm 0.90\%$). The fecundity was highest in March (346.582 eggs/female) and was lowest in January (44.000 eggs/female) (Figure 2).

Table 1. The biometric features of *Paracentrotus lividus* (mean $\pm$ SD)

	Diameter (mm)	±SD	Total weight (g)	±SD	Gonad weight (g)	±SD	Gonad index (%)	±SD	Eggs number	±SE	Eggs size (μm)	±SD
Dec	20.35±1.11		24.19±2.11		2.28±0.12		9.42±0.47		44.000±13.245		91.20±0.87	
Jan	21.90±0.96		27.58±1.27		0.61±0.13		2.21±0.90		36.581±9.589		89.60±0.69	
Feb	19.50±0.85		21.34±1.09		0.94±0.10		4.40±0.72		203.615±57.928		94.98±1.45	
March	19.20±1.66		22.68±2.82		2.50±0.15		11.02±0.54		346.582±61.074		95.68±1.98	
April	19.70±1.05		22.90±1.78		1.75±0.18		7.64±0.63		111.125±39.064		86.24±0.50	
May	19.60±1.95		22.70±0.04		1.50±0.83		6.60±1.57		153.649±59.729		89.25±1.37	
Total	20.00±0.41		23.56±0.88		1.59±0.30		6.88±1.28		149.256±47.303		91.14±1.46	

**Figure 2.** Time course of the gonadosomatic index and number of eggs in sea urchins during the study period

The surface water temperature at the sampling site did some variation within months. It ranged from 14°C to 19°C. The water salinity was stable (36 ‰) during the study (Figure 3).

**Figure 3.** Variations temperature and salinity monthly

DISCUSSION

Egg size and number varies within and among females at a site and between sites (Emlet et al., 1987). Luis et al. (2005) indicated that wild *P. lividus* egg number was $788 \pm 119 \times 10^3$ in Portugal. Gago and Luis, (2011) obtained that *P. lividus* female spawning was between $23 \pm 10 \times 10^3$ and $178 \pm 59 \times 10^3$ with different mechanical shock techniques. In this study, egg

numbers were higher ($36.58 \pm 9.58 \times 10^3$ and $346.582 \pm 61.07 \times 10^3$) than Gago and Luis (2011). Several factors such as temperature, photoperiod, dietary resources availability and water turbulence are pointed out as controlling gametogenesis of wild *P. lividus* populations (Fenaux, 1968) but taking spawning into account the main environmental trigger is not clearly known (Lopez et al., 1998). Fenaux (1968) indicated temperature as the main trigger of spawning episodes in field populations of *Paracentrotus lividus*, but this effect was not detected in present study because the temperature was not significantly different during the study. The differences in egg size or number observed in field studies might be due to differences in the abundance of preferred algae at the different sites. The field and laboratory studies indicate that the number of eggs produced tend to decrease when food conditions deteriorate (Bayne et al., 1975; Lucas and Crisp, 1987; Hirche, 1993). Morris (1992) predicted that adult and offspring survival might not be independent of environmental conditions, but increase as environmental conditions improve and decrease as environmental conditions deteriorate (McGinley et al., 1987).

Grosjean et al. (1998) observed that a female of 40mm in diameter produces around 5 to 7 millions of eggs. In the current study sea urchin individuals were smaller (19-21mm) and number of eggs were fewer (149×10^3) than the Grosjean et al. (1998) study. The present results are in agreement with Begon and Parker (1986) who predicted that bigger females should produce bigger eggs and a larger number of eggs. George (1990) observed that egg diameter of *P. lividus* (body weight 58.8g) was 90.8 μ m. in field studies. In the current study, body weight was lower (24.9g), egg diameter was higher (92.4 μ m.) than in the George (1990) study. These differences might be down food which influences both somatic growth and reproductive condition in sea urchins (Beddingfield and McClintock, 1998).

Gonadosomatic index of *P. lividus* in natural condition ranges between 6 % and 12 % (Spillet et al., 2000). Luis et al. (2005) referred to pooled data for captive fed urchins and showed that 49.0 ± 0.55 mm and 31.3 ± 0.8 g individuals had 10.5% gonad index. In the present study, 20.00 ± 0.41 mm. and 23.56 ± 0.88 g. *P. lividus* had a GSI of 6.8 %. The variations in body size and gonadosomatic index of sea urchins could be related to quantity and quality of feed. The algal community in the area of study is consist of only *Posidonia* sp. and a little

macralgae such as *Padina* sp. Therefore it could be reason for a low GSI.

Fenaux (1968) *Paracentrotus lividus* egg diameter was 90 µm assimilar to Luis et al., (2005). In present study, mean egg size (91.14 ± 1.46 µm) was close the values of other studies (George, 1990; Fenaux, 1968). The egg size and content increases irrespective of mode of development when environmental conditions improve (George, 1996). In most of individuals examined, egg size remained constant and in a few cases decreased when food conditions deteriorated (George,

1996). In current study, we observed that the egg size and number were higher in February and March. In these months, sea urchins might live favourable conditions such as food and water or might be spawning season.

Aquaculture of sea urchins is the best solution for sustainability of this valuable and expensive food resource with high demand whereas its natural stocks are drastically depleted due to overfishing. Therefore these conclusions can be used to develop increasing sea urchin aquaculture for human consumption.

REFERENCES

- Agatsuma, Y. (1998). Aquaculture of the sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) transplanted from coralline flats in Hokkaido, Japan. *Journal of Shellfish Research*, 17(5): 1541-1547.
- Bayne, B.L., Gabbott, P.A. & Widdows, J., (1975). Some effects of stress in the adult on the eggs and larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 55: 675-689.
- Beddingfield, S.D. & McClintock, J.B. (1998). Differential survivorship, reproduction, growth and nutrient allocation in the regular echinoid *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed natural diets. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 226(2): 195-215.
- Begon, M. & Parker, G. A. (1986). Should egg size and clutch size decrease with age? *OIKOS* 47: 293-382.
- Emler, R.B., McEdward, I. R., & Strathmann, R.R. (1987). Echinoderm larval ecology viewed from the egg. *Echinoderm Studies*. 2: 55-136.
- Fenaux, L. (1968). Maturation des gonades et cycle Saisonnier des larves chez *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* et *P. microtuberculatus* (Echinides) a Villefranche-sar-Mer. *Vie Milieu*, 19:1-52.
- Fenaux, L., Cellario, C. & Etienne, M. (1985). Croissance de la larve de l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Marine Biology* 86: 151-157.
- Gago, J. & Luis, O.J. (2010). Stocking density and captive sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) gamete production and fertilization (Report). *Journal of Shellfish Research*. doi: 10.2983/035.029.0230
- Gago, J. & Luis, O.J. (2011). Comparison of spawning induction techniques on *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) broodstock. What can trigger its spawning? *Aquaculture International*. 19: 181-191. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02467.x
- George, S.B., Cellario, C. & Fenaux, L. (1990). Population differences in egg quality of *Arbacia lixula* (Echinodermata: echinoidea): Proximate composition of eggs and larval development. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 141: 107-118.
- George, S.B. (1996). Echinoderm egg and larval quality as a function of adult nutritional state. *Oceanologica Acta*. Vol: 19 (3-4): 297-308.
- Giese, A.C. (1966). On the biochemical constitution of some echinoderms. In: R.A. Boolootian ed. *Physiology of Echinodermata*. New York., Wiley.
- Grosjean, P.H., Spirlet, C.H., Gassel, P., Vaitilingon, D. & Jangoux, M. (1998). Land-based closed cycle echinoculture of *Paracentrotus lividus* a long-term experiment at a pilot scale. *Journal of Shellfish Research*. 17(5): 1523-1531.
- Hirche, H. J. & Kattner, G. (1993). Egg production and lipid content of *Calanus glacialis* in spring: indication of a food-dependent and foodindependent reproductive mode. *Marine Biology*. 117: 615-622.
- Köse, A. (2005). A study about the gonad productivity and the indices changes of sea urchin (*Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816) These Doct. Ege University. Department of Aquaculture.
- López, S., Turon, X., Montero, E., Palacín, C., Duarte, C.M. & Tarjuelo, I. (1998). Larval abundance, recruitment and early mortality in *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). Interannual variability and plankton-benthos coupling. *Marine Ecology Progress Series* 172: 239-251.
- Lucas, M.I. & Crisp, D.J. (1987). Energy metabolism of eggs during embryogenesis in *Balanus balanoides*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 61: 27-54.
- Luis, O., Delgado F. & Gago, J. (2005). Year-round captive spawning performance of the sea urchin *Paracentrotus lividus*: relevance for the use of its larvae as live feed. *Aquating Living Resource* 18: 45-54. doi: 10.1051/2005004
- McGinley, M.A., Temme, D.H. & Geber, M.A. (1987). Parental investment in offspring in variable environments: Theoretical and empirical considerations. *The American Naturalist* 130: 370-398.
- McGinley, M.A. (1989). The influence of a positive correlation between clutch size and offspring fitness on the optimal offspring size. *Evololution Ecology* 3, 150-156.
- Morris, D.W. (1992). Optimum brood size: Tests of alternate hypotheses. *Evolution* 46, 1848-1861.
- Randall, D., Burggren, W. & French, K. (2002). Eckert Animal Physiology: Mechanisms and Adaptations. 5th edition. W. H. Freeman and Company, New York, USA.
- Roff, T D.A. (1992). The evolution of life histories. Theory and analysis. Chapman and Hall, New York. 535 p.
- Sargent, R.C., Taylor, P.D. & Gross, M.R. (1987). Parental care and the evolution of egg size in fishes. *The American Naturalist* 129, 32-46.
- Soualili, D. & Guillou, M. (2009). Variations in the reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Marine Biological Association of the United Kingdom*. Vol: 2. doi: 10.1017/S175526720900092X
- Spirlet, C., Grosjean, P., & Jangoux, M. (1998). Reproductive cycle of echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of the maturity index. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34: 1-69-81 Daleban, Philadelphia.
- Spirlet, C., Grosjean, P. & Jangoux, M. (2000). Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins, *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata). *Aquaculture*, 185: 85-99.
- Venable, D.L. (1992). Size-number trade-offs and the variation of seed size with plant resource status. *The American Naturalist*. 140: 287-304.
- Watts, S.A., Boettger, S.A., McClintock, J.B., & Lawrence, J.M. (1998). Gonad production in the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed prepared diets. *Journal Shellfish Research* 17: 1591-1595.
- Xu, R.A. & Barker, M.F. (1990). Photoperiodic regulation of oogenesis in the starfish *Sclerasterias mollis* (Hutton 1872) (Echinodermata: Asteroidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Vol: 141: 2-3. Pages: 159-168. doi: 10.1016/0022-0981(90) 90221-W

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Farklı su sıcaklıklarında deltamethrin uygulanan pullu sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)'da oksidatif stresin belirlenmesi

Determination of oxidative stress in scaly carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) exposed to deltamethrin in different water temperature

Ahmet Turan San¹ • M. Enis Yonar^{2*} 

¹ Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

² Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, 23119, Elazığ, Türkiye

* Corresponding author: meyonar@gmail.com

Received date: 22.02.2017

Accepted date: 26.05.2017

How to cite this paper:

San, A.T. & Yonar, M.E. (2017). Determination of oxidative stress in scaly carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) exposed to deltamethrin in different water temperature. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 281-286. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.06

Öz: Bu çalışmada, farklı sıcaklıklarda deltamethrin uygulanmış pullu sazanda oksidatif stresin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla balıklar, termostatlı ısıtıcılarla su sıcaklıkları 23 °C'ye ayarlanmış 6 farklı cam akvaryumda stoklanmıştır. 15 günlük adaptasyon süresinden sonra, balıkların yerleştirildiği akvaryumlardan ikisinin su sıcaklığı 18 °C'ye düşürülürken, diğer ikisinin ise 28 °C'ye yükseltilmiştir. Bu gruplara 0.036 µg/L konsantrasyonunda deltamethrin 14 gün süreyle verilmiştir. Deneme sonunda balıklardan karaciğer ve solungaç örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde lipid peroksidasyonun bir göstergesi olarak malondialdehit (MDA) düzeyi, redükte glutatyon (GSH) düzeyi ile glutatyon S-transferaz (GST) aktivitesi belirlenmiştir. Kontrol grubuyla kıyaslandığında, 18 °C ve 28 °C'deki grupların karaciğer ve solungaçlarındaki MDA düzeyinin arttığı görülmüştür. Sıcaklıktaki değişimle eşzamanlı olarak deltamethrin uygulanan gruplarda MDA düzeyleri 18 °C ve 28 °C'deki gruplardan daha yüksek bulunmuştur. Bu artış sıcaklığın 23 °C' de kaldığı ve deltamethrin uygulanan grupta da gözlemlenmiştir. Kontrol grubuyla kıyaslandığında, 18 °C ve 28 °C'deki grupların karaciğer ve solungaçlarındaki GSH düzeyleri ve GST aktivitelerinin azaldığı belirlenmiştir. Sıcaklıktaki değişimle eşzamanlı olarak deltamethrin uygulanan gruplarda GSH düzeyleri ve GST aktiviteleri 18 °C ve 28 °C'deki gruplardan daha düşük bulunmuştur. Bu azalma sıcaklığın 23 °C' de kaldığı ve deltamethrin uygulanan grupta da görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Balık, glutatyon-S-transferaz, malondialdehit, oksidatif stres, redükte glutatyon, sıcaklık

Abstract: In this study, it was aim to investigate oxidative stress in scaly carp (*Cyprinus carpio*) exposed to deltamethrin in different temperatures. For this purpose, fish were stocked to six different glass aquarium which was adjusted to 23 °C water temperature with adjustable thermostat heaters. After fifteen days adaptation period, temperatures of two aquarium were decreased to 18 °C, while temperatures of the other two were increased to 28 °C. These groups were exposed to 0.036 µg/L concentration of deltamethrin for 14 days. At the end of the experimental period, the liver and gills were taken. Malondialdehyde (MDA) level as an indicator of lipid peroxidation, reduced glutathione (GSH) level and glutathione S-transferase (GST) activity were determined in these samples. The MDA levels were increased in the liver and gill of the groups at 18 °C and 28 °C when compared to the control group. The liver and gill MDA levels of the groups treated deltamethrin simultaneously with the change in temperature were higher than the groups at 18 °C and 28 °C. This increase was also observed in the group treated deltamethrin at 23 °C. The GSH levels and GST activities were decreased in the liver and gill of the groups at 18 °C and 28 °C when compared to the control group. The GSH level and GST activity of the groups treated deltamethrin simultaneously with the change in temperature were lower than the groups at 18 °C and 28 °C. This increase was also observed in the group treated deltamethrin at 23 °C.

Keywords: Fish, glutathione-S-transferase, malondialdehyde, oxidative stress, reduced glutathione, temperature

GİRİŞ

Tüm canlı organizmalarda olduğu gibi balıklarda da tüm yaşamsal faaliyetler sıcaklık değişiminden etkilenmektedir. Ovaryum ve yumurta gelişimi, bağışıklık sisteminin çalışması, canlı ağırlık kazanımı, osmoregülasyon gibi birçok yaşamsal faaliyet su sıcaklığının etkisi altındadır. Sıcaklık balıklar için fizyolojik açıdan kilit bir rol oynamaktadır. Balıklar poikilotermik yani soğukkanlı canlılardır. Başka bir ifadeyle bu tür canlıların vücut ısıları içinde bulundukları su sıcaklığı ile aynıdır. Bunun bir sonucu olarak balıkların içinde bulunduğu su sıcaklığı

değişince vücut ısıları da değişmektedir. Tüm biyokimyasal işlemler sıcaklığa bağlı olarak gerçekleştiği için, sıcaklıkta oluşacak her 10 °C'lik bir yükselme türe ve türün yaşamsal alanına bağlı olmak şartıyla biyokimyasal süreci yaklaşık iki katına çıkarmaktadır. Diğer taraftan, çözünmüş oksijen, oksijen miktarı ve oksijen tüketimi de su sıcaklığından etkilenmektedir (Dikel, 2009).

Pestisitler; canlı veya cansız maddeler üzerinde yaşayan

ve besin maddelerinin üretimi, hazırlanması, depolanması veya tüketilmesi sırasında onların besin değeri ve kalitelerini azaltarak veya bozulmalarına sebep olarak etkisini gösteren her türlü böcek, kemirici, yabani ot, mantar, parazit vb., canlıları öldürmek amacıyla kullanılan bileşikler olarak tanımlanmaktadır. Bu maddeler canlı organizmaları öldürmek üzere üretildikleri ve kullanıldıkları için sucul hayat açısından potansiyel bir tehlike kaynağıdır (Lloyd, 1992). Pestisitler sulara, yağmur, drenaj, yüzey akışları, sulama kanalları, bu kanallarda yaşayan bitkilere karşı kullanılması ve sulara yapılan direkt uygulamalar sonucunda karışmakta ve balıkları etkilemektedir. Balıklarda toplu ölümlere neden olabileceği gibi, büyümelerinde azalma ve strese yol açarak hastalıklara karşı duyarlı hale gelme gibi sonuçlar doğurarak balık popülasyonlarını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca pestisitler balık vücudunda birikerek insanlara kadar ulaşabilmektedir (Atamanalp ve Yanık, 2001; Karasu Benli ve Gülen, 2009).

Piretroit sınıfı pestisitlerden olan deltamethrin geniş bir aktiviteye sahip olmasından dolayı oldukça yoğun olarak kullanılmaktadır. Balıklar için oldukça toksik olup özellikle sinir ve solunum sistemini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte hematolojik, immunolojik, histopatolojik ve biyokimyasal olarak da negatif belirtiler göstermektedir (Yonar ve Sakin, 2011).

Lipid peroksidasyon, membranda bulunan doymamış yağ asitlerinin, serbest oksijen radikalleri tarafından peroksitler, alkoller, aldehitler, hidroksi yağ asitleri, etan ve pentan gibi çeşitli ürünlere yıkılması reaksiyonudur. Lipid peroksidasyonunun en önemli ürünü malondialdehit (MDA)'dır. Oluşan MDA hücre membranlarında iyon alışverişine etki ederek membrandaki bileşiklerin çapraz bağlanmasına yol açar ve iyon geçirgenliğinin ve enzim aktivitesinin değişimi gibi olumsuz sonuçlara neden olur. Üç veya daha fazla çift bağ ihtiva eden yağ asitlerinin peroksidasyonunda tiyobarbitürik asitle ölçülebilen MDA lipid peroksid seviyelerinin ölçülmesinde sıklıkla kullanılır (Morales vd., 2004).

Oksijen radikallerinin oluşumunu ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta birçok savunma mekanizması mevcuttur. Antioksidan savunma mekanizmaları, birincil ve ikincil mekanizmalar olmak üzere iki kategoride sınıflandırılırlar. Birincil savunma sistemleri antioksidan bileşikler ve antioksidan savunma enzimleri olmak üzere iki grubu içerir. Antioksidan bileşikler, glutatyon, β -karoten, ürik asit, C ve E vitaminlerini içerirken, antioksidan savunma enzimleri süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-PX), glutatyon-S-transferaz (GST) ve glutatyon redüktaz (GR)'dan oluşur. İkincil savunma sistemleri, lipolitik ve proteolitik enzimleri içerir (Kaya, 2005).

Deltamethrin'in farklı balık türlerinde farklı oksidan/antioksidan parametrelere etkisini araştıran birçok çalışma yapılmış ve bu pestisit oksidatif strese sebep olduğu belirlenmiştir. Fakat farklı su sıcaklıklarında bu pestisit pullu sazandaki oksidatif etkilerinin hangi düzeyde gerçekleştiğini

araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmayla farklı sıcaklıklarda tutulan pullu sazanda deltamethrin' in bazı antioksidan parametrelere etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Çalışmada, DSİ IX. Bölge Müdürlüğü Keban Su Ürünleri Şube Müdürlüğü'nden temin edilen, yaklaşık ağırlığı 30 ± 5 g ve boyu 10 ± 2 cm olan 0+ yaş grubundaki 180 adet pullu sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) kullanılmıştır. Çalışma, Fırat Üniversitesi Deney Hayvanları Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır (Protokol No: 2015/113).

Araştırma, Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde bulunan balık havuzlarında ve Balık Hastalıkları Laboratuvarı'nda yürütülmüştür. Araştırmada $33 \times 100 \times 60$ cm boyutlarındaki 18 akvaryum kullanılmıştır.

Araştırmada ticari bir firmadan temin edilen kimyasal formülü (S)-alpha-cyano-3-phenoxybenzyl (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate olan deltamethrin (DECIS 2.5 EC, Bayer) kullanılmıştır.

Çalışmada canlı olarak temin edilen pullu sazan (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) örnekleri akvaryumlara her birinde 10 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. 15 günlük adaptasyon süresinden sonra, balıkların yerleştirildiği akvaryumlardan ikisinin sıcaklığı 18°C 'ye düşürülürken, diğer ikisinin ise 28°C 'ye yükseltilmiştir. Bu işlem her iki saatte bir sıcaklığın 1°C azaltılması/arttırılması şeklinde yapılmıştır. Böylece 18 , 23 ve 28°C su sıcaklığına sahip aşağıdaki gruplar oluşturularak deltamethrin uygulanmıştır.

Grup 1 (18°C): 18°C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar,

Grup 2 (23°C): 23°C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar (Kontrol grubu),

Grup 3 (28°C): 28°C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar,

Grup 4 ($18^\circ\text{C} + \text{DM}$): 18°C sıcaklıkta tutulan ve $0.036 \mu\text{g/L}$ konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar,

Grup 5 ($23^\circ\text{C} + \text{DM}$): 23°C sıcaklıkta tutulan ve $0.036 \mu\text{g/L}$ konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar,

Grup 6 ($28^\circ\text{C} + \text{DM}$): 28°C sıcaklıkta tutulan ve $0.036 \mu\text{g/L}$ konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar.

Çalışma sırasında su sıcaklığının ayarlanan seviyelerde sabit kalarak süreklilik göstermesi için günde 4 defa ölçüm yapılmıştır.

Sazanlar için optimum su sıcaklığı $22-24^\circ\text{C}$ olduğu için (Çelikkale, 1994), 23°C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar kontrol grubu olarak seçilmiştir. Deltamethrin konsantrasyonu ($0.036 \mu\text{g/L}$; LC_{50} değerinin yaklaşık $1/2'$ si) ise Köprücü ve Aydın (2004)' e göre belirlenmiştir. Çalışma 3 tekrarlı olarak yürütülmüş ve her bir

tekrar için 60 adet olmak üzere toplamda 180 balık kullanılmıştır.

Araştırma 14 gün sürmüş ve çalışmanın 3., 7. ve 10. günlerinde akvaryum sularının 2/3'ü sifonlama yapılarak değiştirilmiştir. Eksilen sular daha önceden sıcaklıkları 18, 23 ve 28 °C'ye ayarlanmış sularla tamamlanmıştır. Ayrıca bu günlerde deltamethrin konsantrasyonu da yenilenmiştir.

Çalışmanın sonunda her gruptaki balıklarda benzocain (25mg/L) ile derin anestezi sağlanmıştır. Anesteziden sonra klinik muayeneyi takiben usulüne uygun bir şekilde otopsi yapılan (Arda vd., 2005) balıkların karaciğeri ve solungaçları çıkarılarak folyolara sarılmış ve - 20 °C'de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Karaciğer ve solungaç örnekleri 30 gün içerisinde işlenmiştir.

Karaciğer ve solungaç örneklerinde antioksidan parametrelerin belirlenmesi için homojenatlar hazırlanmıştır. Bunun için örnekler serum fizyolojik (% 0,09 NaCl) ile yıkanmış, iki süzgeç kağıdı arasında suyu alındıktan sonra %1,15'lik KCl içinde 1/10 oranında sulandırılarak homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenatların 50 ml'lik propilen tüplerde soğutmalı santrifüjde 3200 rpm'de +4 °C'de 10 dakika santrifüjünden sonra süpernatantları alınmıştır.

Karaciğer ve solungaç örneklerinin MDA düzeylerinde meydana gelen değişimler Placer vd. (1966)'dan modifiye edilen yöntemle göre, GSH düzeylerinde meydana gelen değişimler Ellman (1959) tarafından bildirilen metotla ve GST aktivitesi Habig vd. (1974) tarafından bildirilen yöntemle göre spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. Doku protein miktarları MDA ve GSH düzeyleri ile GST spesifik enzim aktivitesini

hesaplamak amacıyla Lowry vd. (1951) tarafından tarif edilen yöntemle göre belirlenmiştir.

Denemede elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 12.0 istatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve deneme grubu balıklarının incelenen parametrelerinde meydana gelen değişimler tek yönlü varyans analizi (ONEWAY – ANOVA) ile test edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılığın tespitinde ise Tukey testinden yararlanılmıştır (Sümbüloğlu, 1998; Kocaçalışkan ve Bingöl, 2008; Kalaycı, 2010).

BULGULAR

Çalışmaya başlamadan önceki 15 günlük adaptasyon sürecinde balıklarda herhangi bir ölüm olayına rastlanmamıştır. Adaptasyon ve deneme süresi boyunca yem alımlarında herhangi bir aksaklık yaşanmamıştır. Deneme süresi boyunca kontrol ve deneme grubu balıklarında ölüm gözlenmemiştir. Su sıcaklığının ayarlanan seviyelerde sabit kaldığı ve değişiklik göstermediği tespit edilmiştir.

Kontrol ve deneme grubu balıklarının karaciğer ve solungaç MDA ve GSH düzeyleri ile GST enzim aktivitesindeki değişimler Tablo 1,2 ve 3' de gösterilmiştir.

Sıcaklığın azaldığı (18 °C) ve arttığı (28 °C) gruplarda karaciğer ve solungaç MDA düzeyleri kontrol grubu (23 °C)'na göre artarken, sıcaklıktaki değişimle eşzamanlı olarak deltamethrin uygulanan gruplar (18 °C + DM ve 28 °C + DM)'da MDA düzeyleri daha fazla artış göstermiştir ($p<0.05$). Bu artış, sıcaklığın 23 °C'de kaldığı ve deltamethrin uygulanan grup (23 °C + DM)'ta da görülmüştür ($p<0.05$).

Tablo 1. Kontrol ve deneme grubu balıklarının dokularındaki MDA düzeyleri (Ortalama $\pm$ standart hata, nmol/g protein, her bir grup için n=30)
Table 1. MDA levels in the tissues of fish in control and experimental groups (Mean $\pm$ standard error, nmol/g protein, n=30 for each group)

Gruplar	Karaciğer	Solungaç
18 °C	3,21 $\pm$ 1,39 ^b	2,58 $\pm$ 1,22 ^a
23 °C (Kontrol)	1,75 $\pm$ 1,49 ^a	2,02 $\pm$ 0,90 ^a
28 °C	4,09 $\pm$ 1,56 ^c	4,61 $\pm$ 1,87 ^b
18 °C + DM	6,06 $\pm$ 1,74 ^d	5,11 $\pm$ 1,30 ^c
23 °C + DM	3,24 $\pm$ 1,01 ^b	4,54 $\pm$ 1,33 ^b
28 °C + DM	7,34 $\pm$ 1,82 ^e	8,21 $\pm$ 1,77 ^d

18 °C: 18 °C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar, 23 °C: 23 °C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar (Kontrol grubu), 28 °C: 28 °C sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanmayan balıklar, 18 °C + DM: 18 °C sıcaklıkta tutulan ve 0.036 µg/L konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar, 23 °C + DM: 23 °C sıcaklıkta tutulan ve 0.036 µg/L konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar, 28 °C + DM: 28 °C sıcaklıkta tutulan ve 0.036 µg/L konsantrasyonunda deltamethrin uygulanan balıklar.

a,b,c,d,e Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($p<0.05$)

Sıcaklığın azaldığı (18 °C) ve arttığı (28 °C) gruplarda karaciğer ve solungaç GSH düzeyleri kontrol grubu (23 °C)'na göre azalmıştır ($p<0.05$). Bu azalmalar, sıcaklıktaki değişimle eşzamanlı olarak deltamethrin uygulanan gruplar (18 °C + DM ve 28 °C + DM)'da daha fazla olmuştur ($p<0.05$). Sıcaklığın 23 °C' de kaldığı ve deltamethrin uygulanan grup (23 °C + DM)'ta da bu azalma görülmüştür ($p<0.05$).

Sıcaklığın azaldığı (18 °C) ve arttığı (28 °C) gruplarda karaciğer ve solungaç GST aktiviteleri kontrol grubu (23 °C)'na göre azalmıştır ($p<0.05$). Bu azalmalar, sıcaklıktaki değişimle eşzamanlı olarak deltamethrin uygulanan gruplar (18 °C + DM ve 28 °C + DM)'da daha fazla olmuştur ($p<0.05$). Sıcaklığın 23 °C'de kaldığı ve deltamethrin uygulanan grup (23 °C + DM)'ta da bu azalma gözlemlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 2. Kontrol ve deneme grubu balıklarının dokularındaki GSH düzeyleri (Ortalama $\pm$ standart hata, $\mu\text{mol/g}$ protein, her bir grup için $n=30$)
Table 2. GSH levels in the tissues of fish in control and experimental groups (Mean $\pm$ standard error, $\mu\text{mol/g}$ protein, $n=30$ for each group)

Gruplar	Karaciğer	Solungaç
18 °C	30,75 $\pm$ 6,43 ^e	12,53 $\pm$ 1,99 ^d
23 °C (Kontrol)	39,23 $\pm$ 5,90 ^f	15,70 $\pm$ 2,62 ^e
28 °C	23,86 $\pm$ 5,07 ^d	9,73 $\pm$ 1,47 ^c
18 °C + DM	11,13 $\pm$ 3,03 ^b	8,29 $\pm$ 1,07 ^b
23 °C + DM	16,30 $\pm$ 4,91 ^c	13,09 $\pm$ 1,58 ^d
28 °C + DM	9,95 $\pm$ 2,68 ^a	7,09 $\pm$ 1,24 ^a

a,b,c,d,e,f Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($p<0.05$)

Tablo 3. Kontrol ve deneme grubu balıklarının dokularındaki GST aktiviteleri (Ortalama $\pm$ standart hata, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein, her bir grup için $n=30$)

Table 3. GST activities in the tissues of fish in control and experimental groups (Mean $\pm$ standard error, $\mu\text{mol/dakika/mg}$ protein, $n=30$ for each group)

Gruplar	Karaciğer	Solungaç
18 °C	108,71 $\pm$ 21,75 ^c	102,57 $\pm$ 8,09 ^b
23 °C (Kontrol)	139,04 $\pm$ 19,09 ^e	114,72 $\pm$ 9,53 ^c
28 °C	99,01 $\pm$ 17,51 ^b	98,21 $\pm$ 10,81 ^b
18 °C + DM	94,74 $\pm$ 22,74 ^b	89,03 $\pm$ 12,65 ^a
23 °C + DM	117,22 $\pm$ 19,39 ^d	99,09 $\pm$ 10,07 ^b
28 °C + DM	81,26 $\pm$ 11,81 ^a	85,88 $\pm$ 10,10 ^a

a,b,c,d,e Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($p<0.05$)

TARTIŞMA VE SONUÇ

Diğer yüksek omurgalı canlılarda olduğu gibi balıklarda da lipid peroksidasyonun bir ürünü olan MDA hücrel bileşenlerde meydana gelen oksidatif zararın en önemli göstergesidir (Morales vd., 2004). Bu çalışmada da organ ve dokularda meydana gelen oksidatif stresin belirlenmesi için MDA düzeyindeki değişimler incelenmiştir.

Pestisitler serbest radikal oluşumuna yol açarak veya serbest radikalleri inhibe eden antioksidan enzimleri etkileyerek oksidatif strese neden olmaktadır. Lipid peroksidasyon pestisitlerin neden olduğu toksik etkilerden biridir (Özcan Oruç ve Usta, 2007). Farklı araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarda deltamethrinin balıklarda oksidatif strese yol açtığı ifade edilmiştir. Örneğin; Yonar ve Sakin (2011) 24 °C su sıcaklığında yürüttükleri çalışmalarında 0.018 $\mu\text{g/L}$ ve 0.036 $\mu\text{g/L}$ konsantrasyonlarındaki deltamethrinin sazanların kan, karaciğer, böbrek ve solungaçlarında MDA düzeyini artırarak oksidatif strese sebep olduğunu bulmuşlardır. Benzer bir sonuç Sayeed vd. (2003) tarafından bulunmuş, 25 $\pm$ 2 °C'de 48 saat için 0.75 $\mu\text{g/L}$ konsantrasyonundaki deltamethrin uygulanan *Channa punctatus* türü balıkların karaciğer, böbrek ve solungaçlarında lipid peroksidasyon düzeyinin arttığı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada da kontrol grubuyla aynı sıcaklıkta (23 °C) tutulan ve deltamethrin uygulanan balıklarda MDA düzeyinin önemli düzeyde arttığı dolayısıyla balıklarda oksidatif strese neden olduğu belirlenmiştir.

Miş Yonar vd. (2013) kontrol (24 °C) grubuna göre 20 °C ve 28 °C'lik sıcaklıkların uygulandığı pullu sazanın karaciğer ve böbrek dokusundaki MDA düzeyinin önemli düzeyde arttığını ifade etmişlerdir. Vinagre vd. (2012), 16 °C'ye adapte ettikleri

deniz levrekleri (*Dicentrarchus labrax*)'nde su sıcaklığının 18, 24 ve 28 °C'ye yükseltilmesiyle kas MDA düzeyinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Roche ve Bogé (1996) aynı balık türünde oksidatif stres üzerine sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak uygulamadan 12 saat sonra lipid peroksidasyon ve katalaz aktivitesinin termal stresle arttığını bulmuşlardır. Hwang ve Lin (2002) tarafından yapılan bir çalışmada da 25 °C ve 35 °C'de 10 hafta için ayrı ayrı kültüre alınan sazanlarda hepatopankreas ve kas dokusundaki TBARS (thiobarbituric acid reactive substances) düzeyinin 35 °C'de tutulan balıklarda 25 °C'de tutulanlara kıyasla arttığı, bu balıklara C vitamini uygulamasıyla bu olumsuzluğun giderildiği belirlenmiştir. Diğer taraftan düşük sıcaklığın balıklarda oluşturduğu oksidatif stres de araştırılmıştır. Örneğin sıcaklığın 11 °C'den 8 °C'ye sıcaklığın düşürülmesiyle strese sokulmuş somonların karaciğer, böbrek ve beyin dokularındaki lipid peroksidasyon düzeyleri araştırılmış, 48. saatten itibaren MDA düzeylerindeki artış en yüksek böbrekte en az karaciğerde belirlenmiştir. Bunun nedeni de karaciğerde E vitamini düzeyinin yüksek, böbrekte ise düşük olmasına bağlanmıştır (Welker ve Congleton, 2004). Bu çalışmada da kontrol grubu (23 °C)'na kıyasla düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklıkta tutulan fakat deltamethrin uygulanmayan balıkların karaciğer ve solungaç MDA düzeyleri istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Bu sonuç yukarıdaki araştırmacıların bulgularıyla paralel bulunmuştur.

Diğer taraftan düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklıkla birlikte pestisit uygulaması oksidatif stresin şiddetini daha da arttırmıştır. Kaur vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışma da, 3 saat için sıcaklığın 32 °C'ye yükseltilmesiyle strese sokulmuş ve daha sonra 0.75 ppb konsantrasyonunda 48 saat süreyle deltamethrin uygulanmış *Channa punctata* türü balıklarda

karaciğer, böbrek ve solungaç lipid peroksidasyon düzeylerinin arttığı belirlenmiştir.

GSH, serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasardan koruyan, enzimatik olmayan, tripeptit karakterinde, endojen, çok önemli bir antioksidandır. GSH protein yapısındaki sülfhidril gruplarını indirgenmiş halde tutarak çoğu protein ve enzimin inaktive olmasını engeller (Hayes ve McLellan, 1999). GST, GSH ile birlikte elektrofilik gruplar taşıyan bileşikler arasındaki konjugasyonu katalizleyen, birçok farklı ksenobiyotik ve endojen bileşiklerin detoksifikasyonu ve biyotransformasyonunda rol alan, çok fonksiyonlu faz II enzim ailesinin bir üyesidir (Hamed vd., 2003). Zebra balığı (*Danio rerio*)'na 25 ± 2 °C'de 16 gün için 0,016, 0,025 ve 0,043 µg/L (sırasıyla 96 saat için LC₅, LC₁₀ ve LC₂₀ değeri) konsantrasyonlarında deltamethrin uygulanan çalışmada beyin ve kas GSH düzeyi kontrol grubuna göre azalmıştır (Sharma ve Ansari, 2013). Benzer bir sonuç 25 ± 2 °C'deki optimum su sıcaklığında 5.19 µg/L konsantrasyonunda deltamethrin uygulanmış Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*)'nda belirlenmiş, karaciğer, böbrek ve solungaçtaki GSH seviyelerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Hamed, 2016). Sayeed vd. (2003) 25 ± 2 °C'de 48 saat için 0.75 µg/L konsantrasyonundaki deltamethrin uygulanan *Channa punctatus* türü balıkların karaciğer, böbrek ve solungaçlarında GST aktivitesini araştırmışlardır. Sonuçta solungaç dokusunda GST aktivitesi kontrol grubundan düşük bulunmuştur. Benzer sonuçlar bu çalışmada da elde edilmiş kontrol grubu (23 °C)'yla aynı sıcaklıkta tutulmuş ve deltamethrin uygulanmış gruplarda karaciğer ve solungaç dokusunun her ikisinde de GSH düzeyi ve GST aktivitesi azalmıştır.

Bu çalışmada düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklıklarda tutulan fakat deltamethrin uygulanmayan balıkların karaciğer ve solungaçındaki GSH düzeyi ve GST aktivitesi, kontrol grubu (23 °C)'na göre düşük bulunmuştur. Hwang ve Lin (2002) tarafından yapılan bir çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş, 25 °C'de tutulanlara kıyasla 35 °C'de tutulan sazanlarda hepatopankreas ve kas dokusundaki GSH düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Yine kısa süreli yüksek sıcaklık uygulanan *Heteropneustes fossilis* türü balıklarda solungaç GSH-Px aktivitesi ve GSH düzeyi azalmıştır (Parihar vd., 1997). Kaur vd. (2005), kontrol grubu (20 °C)'na göre 3 saat için sıcaklığın 12 °C artırılmasıyla 32 °C'de strese sokulmuş *Channa punctata* türü balıklarda GST enzim aktivitesinin karaciğer, böbrek ve solungaç dokusunda azaldığını ifade etmişlerdir.

KAYNAKÇA

- Arda, M., Seçer, S. & Sarıyüpeoğlu, M. (2005). Balık Hastalıkları. Ankara: Medisan Yayın Serisi.
- Atamanalp, M. & Yanık, T. (2001). Pestisitlerin Cyprinidae'lere toksik etkileri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18:555-563.
- Çelikkale, M.S. (1994). *İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği (Cilt II)*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Dikel, S. (2009). Su sıcaklığının balık yetiştiriciliğine etkisi. *Alinteri*, 16(B): 42-49.

Ayrıca GSH düzeyinin ve GST aktivitesinin, düşük ve yüksek sıcaklıkla birlikte deltamethrin uygulanan gruplarda daha fazla azaldığı görülmüş, düşük (18 °C) ve yüksek (28 °C) sıcaklıklarda tutulan ve deltamethrin uygulanan balıkların karaciğer ve solungaçındaki GSH düzeyi ve GST aktivitesi kontrol grubu (23 °C)'na göre düşük bulunmuştur. Bu sonucun aksine sıcaklık stresine sokulan ve arkasından deltamethrin uygulanan ve yine deltamethrin uygulandıktan sonra sıcaklık stresine sokulan *Channa punctata* türü balıkların farklı dokularında, non-enzimatik antioksidan (total tiyol ve protein tiyol) düzeylerinin yalnız sıcaklık stresine sokulan veya yalnız deltamethrin uygulananlara kıyasla daha fazla arttığı belirlenmiştir (Kaur vd., 2011). Yine aynı çalışmada araştırmacılar, kontrol grubu (20 °C)'na göre 32 °C'de 3 saat için strese sokulmuş ve daha sonra 0.75 ppb konsantrasyonunda 48 saat süreyle deltamethrin uygulanmış balıklarda GST enzim aktivitesinin karaciğer ve solungaç dokusunda azaldığını, böbrekte ise arttığını ifade etmişlerdir. Karaciğer ve solungaç dokusunda belirlenen azalma bu çalışma sonuçlarıyla paralellik göstermektedir.

Yapılan bu çalışma sonuçlarına göre kontrol grubu (23 °C)'yla aynı sıcaklıkta tutulan ve deltamethrin uygulanan balıklarda karaciğer ve solungaç dokusunun her ikisinde de GSH düzeyi ile GST aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir. Her iki dokuda da antioksidan kapasitenin deltamethrin uygulamasıyla oluşan radikallerle aşıldığı ve radikalleri temizlemede antioksidan mekanizmanın başarısız olduğu görülmüştür. Bu sonuç MDA düzeyindeki artışla da desteklenmektedir. Bunun nedeninin antioksidanların sentezi üzerine deltamethrinin inhibisyonu olabilir.

Bu sonuçlar sıcaklık farklılıklarının balıkların fizyolojisi üzerine güçlü etkilerinin olduğunu tekrar kanıtlamıştır. Balıkların özellikle optimum aralıklar dışındaki çevresel sıcaklığa oldukça duyarlı olduğu, antioksidanların etkilerinin su sıcaklığıyla değiştiği ve sıcaklığın deltamethrinin toksisitesi üzerinde belirgin bir etkisinin olduğu sonucuna varılabilir. Fakat farklı balık türlerinde, farklı sıcaklık, süre ve konsantrasyonlarda pestisit uygulamalarının sonuçlarına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; yüksek lisans tezinden özetlenmiş ve Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Yönetim Birimi tarafından SÜF.16.04. nolu proje olarak desteklenmiştir..

- Ellman, G.L. (1959). Tissue sulphhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 82:70-77. doi: 10.1016/0003-9861(59)90090-6

- Habig, W.H., Pabst, M.J. & Jakoby, W.B. (1974). Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *The Journal of Biological Chemistry*, 249:7130-7139.

- Hamed, H.S. (2016). Ameliorative effects of *Spirulina platensis* on deltamethrin-induced biochemical alterations and oxidative stress in the African catfish; *Clarias gariepinus*. *Open Journal of Marine Science*, 6:1-10.

- Hamed, R.R., Farid, N.M., Elowa, S.H.E. & Abdalla, A.M. (2003). Glutathione related enzyme levels of freshwater fish as bioindicators of pollution. *The Environmentalist*, 23:313-322.
- Hayes, J.D. & McLellan, L.I. (1999). Glutathione and glutathione-dependent enzymes represent a coordinately regulated defence against oxidative stress. *Free Radical Research*, 31:273-300.
- Hwang, D.F. & Lin, T.K. (2002). Effect of temperature on dietary vitamin C requirement and lipid in common carp. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 131(1):1-7. doi: 10.1016/S1096-4959(01)00449-3
- Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri*. Ankara: Asil Yayınları.
- Karasu Benli, A.Ç. & Gülen, Z. (2009). Fenitrothion'un etkisinde bırakılan tilapia'da (*Oreochromis niloticus* L.) sekonder stres indikatörleri hematokrit ve plazma glukoz seviyesinin değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 19:19-22.
- Kaur, M., Atif, F., Ali, M., Rehman, H. & Raisuddin, S. (2005). Heat stress-induced alterations of antioxidants in the freshwater fish *Channa punctata* Bloch. *Journal of Fish Biology*, 67:1653-1665. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00872.x
- Kaur, M., Atif, F., Rizwan, A.A., Ahmad, F. & Raisuddin, S. (2011). The interactive effect of elevated temperature on deltamethrin-induced biochemical stress responses in *Channa punctata* Bloch. *Chemico-Biological Interactions*, 193:216-224. doi:10.1016/j.cbi.2011.06.011
- Kaya, E. (2005). Klorprifos ve deltamethrin'in kan ve beyin lipid peroksidasyon ve antioksidan enzim aktivitelere etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Isparta.
- Kocaçalışkan, İ. & Bingöl, N.A. (2008). *Biyoistatistik*. Ankara: Nobel Yayınları.
- Köprücü, K. & Aydın, R. (2004). The toxic effects of pyrethroid deltamethrin on the common carp (*Cyprinus carpio* L.) embryos and larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 80:47-53. doi: 10.1016/j.pestbp.2004.05.004
- Lloyd, R. (1992). *Pollution and Freshwater Fish*. Cornwall: A Buckland Foundation Book, Fishing News Books.
- Lowry, O.H., Rosenberough, N.J., Farr, A.L. & Randal, R.J. (1951). Protein measurement with folinphenol reagent. *Journal of Biochemistry*, 193:265-275.
- Miše Yonar, S., Yonar, M.E., Sağlam, N. & Silici, S. (2013). Farklı su sıcaklıklarında tutulmuş pullu sazan (*Cyprinus carpio carpio* linnaeus, 1758)'nın karaciğer ve böbreğindeki bazı antioksidan parametreler üzerine propolisin etkisi. *Menba, Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1:11-16.
- Morales, A.E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., Abellán, E. & Gabriel C.G. (2004). Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 139(1-3):153-161. doi: 10.1016/j.cca.2004.10.008
- Özcan Oruç, E. & Usta, D. (2007). Evaluation of oxidative stress responses and neurotoxicity potential of diazinon in different tissues of *Cyprinus carpio*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23(1):48-55. doi: 10.1016/j.etap.2006.06.005
- Parihar, M.S. Javeri, T., Hemnani, T., Dubey, A.K. & Prakash, P. (1997). Responses of superoxide dismutase, glutathione peroxidase and reduced glutathione antioxidant defenses in gills of the fresh water catfish (*Heteropneustes fossilis*) to short-term elevated temperature. *Journal of Thermal Biology*, 22:151-156. doi: 10.1016/S0306-4565(97)00006-5
- Placer, Z.A., Cushman, L. & Johnson, B.C. (1966). Estimation of products of lipid peroxidation (Malonyl dialdehyde) in biological fluids. *Analytical Biochemistry*, 16:359-364.
- Roche, H. & Boge, G. (1996). Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. *Marine Environmental Research*, 41:27-43. doi: 10.1016/0141-1136(95)00015-1
- Sayeed, I., Parvez, S., Pandey, S., Bin-Hafeez, B., Haque, R. & Raisuddin, S. (2003). Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish, *Channa punctatus* Bloch. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 56:295-301. doi: 10.1016/S0147-6513(03)00009-5
- Sharma, D.K. & Ansari, B.A. (2013). Effects of deltamethrin on CAT, LPO and GSH in tissues of zebrafish *Danio rerio*. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 7(1):38-46.
- Sümbüloğlu, K. (1998). *Biyoistatistik*. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi.
- Vinagre, C., Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H.N. & Diniz, M. (2012). Effect of temperature on oxidative stress in fish: Lipid peroxidation and catalase activity in the muscle of juvenile seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Ecological Indicators*, 23:274-279. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.04.009
- Welker, T.L. & Congleton, J.L. (2004). Oxidative stress in juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 35:881-887. doi: 10.1111/j.1365-2109.2004.01080.x
- Yonar, M.E. & Sakin, F., 2011. Ameliorative effect of lycopene on antioxidant status in *Cyprinus carpio* during piretiroit deltamethrin exposure. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99:226-231. doi: 10.1016/j.pestbp.2010.12.008

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Some morphometric features and length - weight relationships of F₁ hybrid juveniles (*Umbrina cirrosa* ♀ X *Argyrosomus regius* ♂)

F₁ juvenil hibritleri (*Umbrina cirrosa* ♀ X *Argyrosomus regius* ♂)'nin bazı morfolojik özellikleri ve boy- ağırlık ilişkileri

Şule Gürkan^{1*}  • Kutsal Gamsız² • Bilge Karahan² • Emel Özcan Gökçek²

¹ Ege University Faculty of Fisheries Dep.of Hydrobiology, 35100 Bornova İzmir, Turkey

² Ege University Faculty of Fisheries Dep.of Aquaculture, 35100 Bornova İzmir, Turkey

* Corresponding author: sule.gurkan@ege.edu.tr

Received date: 02.01.2017

Accepted date: 05.06.2017

How to cite this paper:

Gürkan, Ş., Gamsız, K., Karahan, B. & Özcan Gökçek, E. (2017). Some morphometric features and length - weight relationships of F₁ hybrid juveniles (*Umbrina cirrosa* ♀ X *Argyrosomus regius* ♂). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 287-291. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.07

Abstract: In this study, length-weight relations and some morphometric characteristics of hybrid juveniles obtained by crossing of *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758) and *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) via artificial fertilization under aquaculture conditions were investigated. Lengths, weights and condition factors of 39 hybrid juvenile specimen varied between 26.12 and 48.67 mm, 0.7 and 0.99 g, 0.81 and 1.09 respectively. Length-weight relationship (W) was calculated ($0.000009 * TL^{3.006} r = 0.99$). Individuals have shown isometric growth ($b=3$) according to the results of regression analyze by b value. All 10 morphometric measurements presented significant differences between the examined species in this study at the end of biometrical analyses except distance of maxilla and pectoral fin (MPL) ($P<0.05$). However, the strongest correlation was found between head length (HL) and total length (TL) ($P<0.05$). As a result, body height of hybrid fish was respectively lower than the parent species and length was shorter compared to Mediterranean populations indicating growth values were equal to those of natural populations

Keywords: Length-weight relationships, morphometric characters, *Umbrina cirrosa*, *Argyrosomus regius*, hybrid

Öz: Bu çalışmada, *Umbrina cirrosa* (Linnaeus, 1758) ve *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)'un akuakültür şartlarında suni döllenme yoluyla çaprazlanmasıyla elde edilen hibrit bireylerinin bazı morfolojik özellikleri ve boy-ağırlık ilişkileri incelenmiştir. 39 bireyde boy, ağırlık ve kondisyon faktörü değerleri sırasıyla 26,12 - 48,67 mm, 0,7 - 0,99 g, 0,81- 1,09 arasındadır. Boy-ağırlık ilişkisi, $0,000009 * TL^{3,006} r = 0,99$ olarak hesaplanmıştır. Regresyon analizi sonuçlarına göre bireyler b değerine göre izometrik büyüme ($b=3$) göstermiştir. Biyotrik analizler sonunda örnekler arasında 10 morfolojik ölçüm içinde en önemli farklılık üst çene-pektoral yüzgeç (MPL) arasında ($P<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın en yüksek korelasyon baş boyu (HL) ve total boy (TL) arasındadır ($P<0,05$). Sonuç olarak, hibrit balıkların vücut yüksekliği ebeveynlerinden nispeten düşük, Akdeniz popülasyonlarına göre daha kısa ve büyüme değerlerinin doğal popülasyonlarla eşittir.

Anahtar kelimeler: Boy-ağırlık ilişkisi, morfolojik karakterler, *Umbrina cirrosa*, *Argyrosomus regius*, hibrit

INTRODUCTION

The parent species of the hybrids considered in this study cannot mate in the natural environment due to the different reproduction period and behaviors and different natural habitats (Chao, 1986; Griffiths and Heemstra, 1995; Barbaro et al. 1996; Cardellini et al. 1999). On the other hand, the two closely related species in the same habitat can mate and generate hybrids when there is no any genetic barrier (Majumder and Sharma, 1997).

There are significant morphological variations between the fish species that may point out ecological and evolutionary interests and sometimes heritable (Mattson and Belk, 2013). Morphometric measurements are used to determine similarities or differences between taxonomic categories and to

demonstrate ontogenetic changes of body shape in the fisheries biology area (Turan, 1999; Dwivedi and Dubey, 2013). In other words, the degree of morphologic similarities or differences between populations as well as the morpho - ecological results of the genetically rising characteristics can be defined by the morphometric studies (Chan, 2001). Morphometric measurements are widely used to identify differences between fish populations and shape-based recognition can be performed to obtain size and species information (To and Ci, 2015). According to Mattson and Belk (2013), the formation of different morphologies within same species that are specified by using of different resources can be a great power for the evaluation of new species. Recently several studies that were focused on the some hybrid culture

under aquaculture conditions. For example, Hamad (2014) reported that the significance of the morphometric characteristics of *C. gariepinus* is, due (in the Asian aquaculture) the hybrids of its with other species are cultured and detailed characteristics of the morphometric features may be needed to distinguish the different species and hybrids within the *Clarias* genus.

Also Interspecies morphologic variations are observed to be related together with the habitat, food and other factors (Moles et al. 2010). Therefore, while length-weight, length-length relations near the morphologic characteristics are useful tools to evaluate local and regional growth characters (Ricker, 1968), condition factor is the other important feature to express growth in aquaculture (Agbebi et al. 2009).

Argyrosomus regius (Asso, 1801) which is one of the 10 closely related species of *Argyrosomus* genus, is distributed across the marine and brackish waters of East Atlantic coasts, Black Sea, West African coasts (Poli et al. 2003; Sumila et al., 2007; El-Sheibly et al. 2007). These species are considered as an alternative aquaculture species to gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) in the Mediterranean region, especially in France, Italy, Spain and Turkey due to their high economic value since 1990 (García - Mesa et al. 2014; Gamsiz et al., 2008). Total production amount of meagre and brown meagre in the world is 43.735 tones (in aquaculture and fishing) according to FAO records in 2015. However the literature on its taxonomic status of parents of hybrid is still know and there was no knowledge about morphological characteristics of juvenile hybrids from Turkish aquaculture. Studies are carried out to reproduce more efficient species in order to close the gap in aquaculture. Hybridization studies in aquaculture aim to improve productivity via crossing available stocks of different but related species (Karahan et al. 2013). In this case, determination of the quantitative characters via molecular studies of offspring obtained by crossing two different species is becoming important (Cailliet et al. 1986). The earliest detailed studies on morphometric characters of the species belong to *Argyrosomus* genus were presented by Griffiths and Heemstra (1995), and García- Mesa et al. (2014). However, there is no any study considering morphometric measurements of hybrids. The aim of this study is to investigate and fill a gap in the knowledge some of the morphometric characters such as body height, head length and weight-length relations during juvenile stage of F₁ hybrids.

MATERIALS AND METHODS

F₁ samples were taken from the larvae tanks of the hatchery (AKVATEK) where they were hatched after crossing two species (*Umbrina cirrosa* ♀ x *Argyrosomus regius* ♂) via artificial fertilization and transferred to Fish Breeding and Molecular Genetics laboratory of Ege University, Fisheries Faculty, Aquaculture Department in the sterile plates. Randomly chosen 120 day old of 39 F₁ specimen within the samples were kept in tubes containing 70% ethanol for a month in order to assess their morphometric characteristics (Figure 1)

(To and Ci, 2015). In this study, potential effects of 70% alcohol preservation to 39 juvenile individuals were ignored.



Figure 1. Sample of hybrid fish

Eleven morphometric measurements from hybrid fish were performed according to Hubbs and Lagler (1964). These measurements were 1.Total Length (TL), 2.Distance of lower jaw and anal fin (MaAL), 3.Pre-dorsal length (MDL), 4.Pre - pectoral length (MPL), 5.Pre -pelvic length (MaPL), 6.Body height (BH), 7.Head length (HL), 8.Interorbital distance (IOD), 9.Eye diameter (ED), 10.Oblic distance of second dorsal fin base and caudal fin (OD), 11. Distance of snout and eyes (MuD) respectively (Figure 2). Digital compass with 0.001 mm sensitivity was used for morphometric measurements and analytical scale with 0.0001g sensitivity was used for measuring body weight. Eight morphometric characters were evaluated as TL % and other two characters (eye diameter and distance of muso and eye) were evaluated as HL % (Carlender and Smith, 1954; Hile, 1948). Regression of various body parts against TL of the fish were drawn by least square method. Dependent and independent variables, total length and morphometric measurements, respectively, were transformed using log 10.

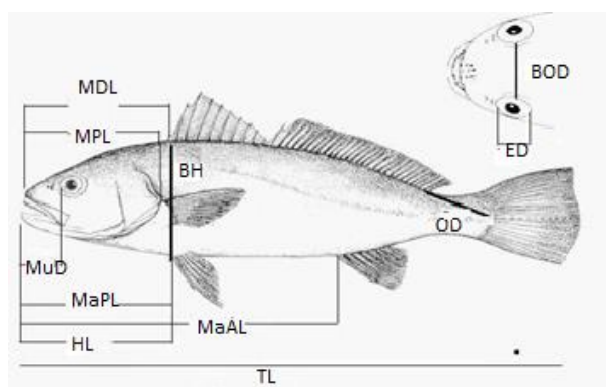


Figure 2. Diagram of morphometric characters in samples

Length- weight relation (WLR) of the hybrid samples were calculated as follows:

$$W = a \cdot L^b \text{ (Ricker, 1979)}$$

W is weight (g),

L is total length (cm),

a is intersection point,

b is determination coefficient.

This formula was converted into its logarithmic expression: $\ln a + b \ln TL$. The parameters (a and b) were calculated by least-square regression, as was the coefficient of determination (r^2). The regression co-efficient for isometric growth is '3' and values greater or lesser than '3' indicate allometric growth. Regression analysis was used to estimate confidence interval of b value and statistical relationships of morphometric measurements. Determination coefficient (r^2) was used to

determine linear regression degree. The Fulton's condition factor values (K) of F₁ juvenile hybrids was computed following Froese (2006). Regression analysis was used to compare morphometric characters. Statistically significant differences were computed with a one-way analysis of variance (ANOVA) with $P < 0.05$. All data were analyzed using the Statistica V4.0 software program.

RESULTS

Total lengths were found between 26.12 and 48.67 mm and weights were found between 0.70 and 0.99g of 39 juvenile hybrid fish in this study. Total length-weight relationship was $W = 0.000009 \cdot TL^{3.006}$ ($r = 0.99$) (Figure 3). Morphometric parts of juvenile hybrid samples were defined proportionally as Total Length (TL) to Head Length (HL) (Table 1).

Table 1. The morphometric characteristics of F₁ hybrid samples (n = 39)

Morphometric Characters	Range	M ± SD	%	P
Total length (TL)	26.12 - 48.62	37.51 ± 7.69	100.00	P>0.05*
Distance of mandibula and anal fin (MaAL)	14.07 - 32.26	20.55 ± 4.82	54.79 TL	P> 0.05*
Distance of maxilla and dorsal fin (MDL)	3.42- 9.89	11.28 ± 2.90	30.09 TL	P> 0.05*
Distance of maxilla and pectoral fin (MPL)	7.57- 3.86	10.48 ± 1.67	27.94 TL	P<0.05
Distance of mandibula and pelvic fin (MaPL)	7.94- 5.76	11.29 ± 1.75	30.09 TL	P> 0.05*
Body height (BH)	6.96 -10.86	8.57 ± 0.91	22.85 TL	P> 0.05*
Head length (HL)	7.57- 4.22	10.28 ± 1.69	27.41 TL	P> 0.05*
Interorbital distance (OD)	2.12- 4.34	3.19 ± 0.61	31.03 TL	P> 0.05*
Eye diameter (ED)	0.78- 2.44	1.39 ± 0.36	13.52 HL	P> 0.05*
Oblic distance of II. Dorsal fin and caudal fin (OD)	2.02- 6.33	4.35 ± 1.18	11.59 TL	P> 0.05*
Distance of muso and eye (MuD)	1.35- 4.3	2.88 ± 0.67	28.02 HL	P> 0.05*

*: Statilcally differences

As a result of the regression analysis of b value calculated within length-weight relationship, the samples showed isometric growth ($3.006 \pm [0.06 \text{ 95 C.I. } \%]$). Condition factor values varied between 0.81 and 1.09.

Regression analysis was used for differences between morphometric measurements. According to Table 1, significant differences were found between all measurements except between distance of maxilla and pectoral fin base (MPL) ($P < 0.05$). Correlation coefficients of morphometric lengths-total length relationships were given in Table 2.

The closest relationship was found between total length (TL) and head length (HL) according to linear regression values ($P < 0.05$). MaAL had the 55 % of total variation according to variation relations. Thus, an increase starting from distance of mandibular and anal fin and distance of maxilla and pelvic fin can be described. Other variation relation is IOD which constitutes 31.03 % of total variation. Therefore, the interval between head area and eyes is respectively wider.

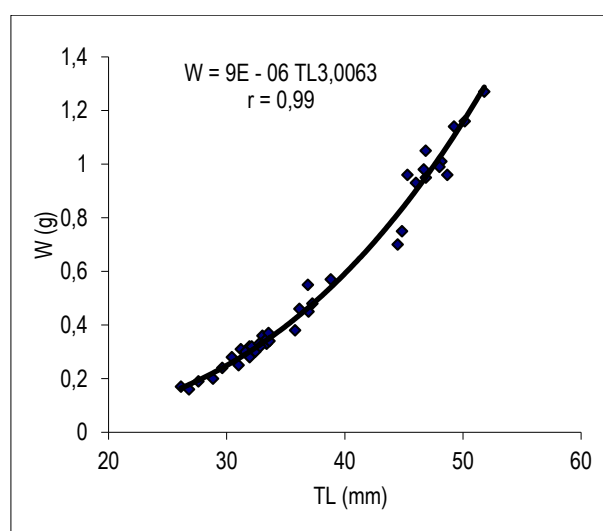


Figure 3. Total length-weight relationships of hybrid fish

Table 2. Regression relationships and transformation formulas in morphometric characters. (n= 39)

Morphometric Characters	Formulas	r ²
Distance of mandibula and anal fin (MaAL)	0.327 TL+ 0.751	0.02
Distance of maxilla and dorsal fin (MDL)	1.069TL- 0.637	0.06
Distance of maxilla and pectoral fin (MPL)	0.749 TL- 0.158	0.91
Distance of mandibula and pelvic fin (MaPL)	1.708 TL- 1.155	0.09
Body height (BH)	0.488 TL+ 0.166	0.85
Head length (HL)	0.756 TL- 0.177	0.92
Oblic distance of II. Dorsal fin and caudal fin (OD)	1.235 TL- 1.324	0.08
Distance of muso and eye (MuD)	1.007 TL- 0.518	0.74

DISCUSSION

There are rather various records about the maximum length size of *A. regius* in the natural populations. Some of these records are: 87 cm along France coasts, 152.5cm along England coasts and 182cm along Spain coasts (Quero and Vayne, 1987; Froese and Pauly, 2011). On the other hand, average length values of 1 year old individual in a culture environment were reported as 29.3cm, 28cm, and 27.1cm in some studies (El-Shebly et al. 2007; Rizk and Hashem, 1981; García- Mesa et al. 2014; Campoverde et al.2017). Thereby, the total length values in this study were compatible with Campoverde et al. (2017) .

b values of some species belong to *Argyrosomus* genus were given as 3.025 for *A. japonicas*, 3.055 for *A.indorus* (Griffiths and Heemstra, 1995), 2.67-3.05 (Froese and Pauly, 2011) and 2.85 (Shabana et al. 2012) for *A.regius*. *b* values (3.006) of hybrid juveniles showed an isometric growth as a result of this study. Condition factor which indicates any changes in food reserves that were stocked in the fish muscle is another important fact. The high mean condition values in the aquaculture environments presented by García - Mesa et al. (2014), El-Shebly et al. (2007) and Poli et al. (2003) are promoting our study results as well. Although one of the main reasons for the condition factor changes is known to be gonadal development and increasing metabolic activities, the possible effects of the food composition that juveniles were fed, feeding interval, water temperature and number of the samples in the various results of condition must be kept in mind (Tesch 1971; Wotton 1992). The results of condition coefficient values suggest crossing of these two species in commercial scale strongly.

Total Length (TL) and Head Length (HL) values are considerable morphometric measurements showing a strong relationship and there are significant variations between these characteristics in our study ($P < 0.05$). The results of pre-anal,

pre-dorsal, pre-pelvic, pre-pectoral, body height, head length and pre-orbital length measurements of the individuals were compared to those of Froese and Pauly (2011). Thus, all measurements except pre-anal distance of the individuals were higher in this study. These results indicate that hybrid individuals that obtained from Mediterranean originated breeders (*A. regius* and *S. umbra*) may carry morphometric features of Mediterranean Sciaenid populations (Shabana et al. 2012). Indeed, a molecular investigation of the considered hybrid offspring showed 100 % of the individuals exhibited a genotypic signature combining specific alleles from each species (Karahan et al. 2014). Our morphometric measurements that were demonstrated in this study was a clear evidence of the hybrids' acquire of mix characteristics that came from both parent species (Majumder and Sharma, 1997). Mattson and Belk, (2013) presented different morphometric variations resulting from using different niches depending on the different resources in benthic and pelagic locations for *A. inodorus* which is a bento-pelagic species. Yet, gen flow is not an expected factor or is low effective for interspecies morphological variations for marine fish compared to fresh water fish (Mattson and Belk, 2013). In this case, morphologic variations between marine fish require more investigations.

As conclusion, hybrid individuals have reached even growth speed of the natural populations (Hudson, 1989), despite of having shorter length. The variations of morphometric characteristics obtained in this study present valuable findings in the terms of referring morphometric changes of populations. But preservation in alcohol effect must be considered in the size lengths (Jawad 2003). Both hybrids of *A. regius* and *S. umbra* in the close future are likely to be cultured all over the world.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to acknowledge that the study was supported by the marine fish hatchery, AKVATEK.

REFERENCES

- Agbebi, O.T., Oluféagba, S.O., Ezeri, G.N.O., Otubusin, S.O. & Omoniyi, I.T. (2009). Length-weight relationship of *Heterobranchius bidorsalis*, diploid and triploid progenies raised under the same environmental condition. *Journal of Fisheries International* 4(4):79-82. doi: 10.3923/jfish.2009.79.82
- Barbaro, A., Bozzato, G., Fanciulli, G., Franceson, A., Libertini, A. & Rinhard, J. (1996). Maturità gonadica in *Umbrina cirrosa* (L.), riproduzione ed allevamento in cattività. *Biologia Marina Mediterranea*, 3: 394 – 395.
- Cailliet, G.M., Love, M.S., & Ebeling, A.W. (1986). Fishes: A Field and laboratory Manual on their Structure, Identification and Natural History. *Watdswoth Publishing*, Belmont, California.
- Campoverde, C., Rodriguez, C., Perez, J., Gisbert, E. & Esteve, A. (2017). Early weaning in meagre *Argyrosomus regius*: Effects on growth, survival, digestion and skeletal deformities. *Aquaculture Research*, 1–11. doi: 10.1111/are.13342
- Cardellini, P., Franceson, A., Zanella, S., Bozzato, G., Benedetti, P., Borgoni, N., & Barbaro, A. (1999). Captive rearing of shi drum, *Umbrina cirrosa* (L.), in different thermal conditions. *Biologia Marina Mediterranea*, 6: 287 – 290.
- Carlander, K.D. & Smith, L.L. (1954). Some factor to consider in choice between standard, fork or total length in fishery investigations. *Copeia*, 3: 7-12.
- Chan, M.D. (2001). Fish eco morphology: predicting habitat preference of stream fishes from their body shape, Doctor of Philosophy Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
- Chao, L.N. (1986). Sciaenidae. P.J.P. Whitehead, M.L. Bauchot, J.C. Hureau, J. Nielsen, E. Tortonese (Eds.), *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, vol. 2 UNESCO, (pp 515–1007) Paris.
- Dwivedi, A.K., & Dubey, V.K. (2013). Advancements in morphometric differentiation: a review on stock identification among fish populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 23: 23–39. doi: 10.1007/s11160-012-9279-1
- El- Shebly, A.A., El-Kady, M.A.H., Hussin, A.B., & Hossain, M.Y. (2007). Preliminary observations on the pond culture of Meagre *A. regius* (Asso, 1801) (Scainidae) in Egypt. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Sciences*, 2 (15): 345-352
- FAO (2010). FishStat Fishery Statistical Collections: Aquaculture Production (1950–2008; released March 2010). Food and Agriculture Organization of the United Nation
- Froese R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22:241–253, Rome, Italy. doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805.xs
- Froese, R., & Pauly, D. (2011). Fishbase. World Wide Web Electronic publication. <http://www.fishbase.org> (02/2015)
- Gamsiz, K., Cihaner, A., Altan, Ö., & Korkut, A.Y. (2008). X-ray usability for determination of gastric and digestive track evacuation time in meagre *Argyrosomus regius*. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25 (2):165-167.
- García – Mesa, S., Suárez, M.D., Rodríguez – Rúa, A., Cárdenas, S., & García – Gallego, M. (2014). Productive and physiological implications of different feeding frequencies in meagre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). *Aquacultural Engineering*, 60: 6–13. doi: 10.1016/j.aquaeng.2014.03.003
- Griffits, M.C., & Heemstra, P.C. (1995). A Contribution to the taxonomy of the marine fish genus *Argyrosomus* (Perciformes: Sciaenidae), with descriptions of two new species from Southern Africa. *Ichthyological Bulletin*, 65: 1-40.
- Hamad, A.E. (2014). Morphometric characteristics of *Clarias gariepinus* from Lake Nubia (Sudan). *International journal of advanced research in biological sciences*, 1(4):72-77.
- Hile, R. 1948. Standardization of methods expressing length and weight of fish. *Transactions of the American Fisheries Society*, 75:157-164.
- Hubbs, C.L., & Lagler, K.F. (1964). Fishes of the Great Lakes Region. The University of Michigan Press.
- Hudson, R.G. (1989) Hybrid Striped Bass Biology and Life History. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No. 300.
- Jawad, L.A., (2003). Biochemical approaches: their present usage and future application in the systematic problems of the freshwater fishes of Mesopotamia. *Animal Biology*, 25:199-208.
- Karahan, B., Gamsiz, K., Özcan, & Gökçek, E. (2013). Comparison of Early Growth and Survival Rate of Hybrid Meagre (*Argyrosomus regius*) x shi-drum (*Umbrina cirrosa*) and Its parent species. *Israel Journal of Aquaculture*, 65(2): 6.
- Karahan, B., Gamsiz, K., Özcan, Gökçek, E., Mahla, R., & Haffray, P. (2014). Diploid and triploid unilateral Shi-Meagre hybrid between two Sciaenid species: the meagre (*Argyrosomus regius*) and the shi-drum (*Umbrina cirrosa*). EAS Aquaculture Europe 2014. Donostia – San Sebastián, Spain.
- Nikolina Kružić, N., Mustać, B., Župan, I., & Čolak, S. (2016). Meagre (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) Aquaculture In Croatia. *Croatian Journal of Fisheries*, 14-19.
- Majumder, T., Ram, & Sharma, A.C. (1997). Cytological and morphological variation in hybrid swarms and introgressed population of interspecific hybrids (*Oryza rufipogon* Griff. *Oryza sativa* L.) and its impact on evolution of intermediate types. *Euphytica*, 94: 295–302. doi: 10.1023/A:1002983905589
- Mattson, E., & Belk, M.C. (2013). Intraspecific Morphological variation in two common marine fish species from South Africa. *The Open Fish Science Journal*, 6:87-91. doi: 10.2174/1874401X01306010087
- Moles, M.D., Robinson, B.W., & Johnson, T.A. (2010). Morphological and trophic differentiation of growth morphotypes of walleye (*Sander vitreus*) from Lake Winnipeg, Canada. *Canadian journal of zoology*, 88: 950-60. doi: 10.1139/Z10-062
- Poli, B.M., Parisi, G., Mecatti, M., Lupi P., Lurzan, F., Zampacavallo, G., & Gilmozzi, M. (2003). The meagre (*Argyrosomus regius*), a new species for Mediterranean aquaculture. 1. Morphological, merchantable and nutritional traits in a commercial wide size-range. *Special Publication European Aquaculture Society*: 29: 209-210.
- Quero, J.C., & Vayne, J.J. (1987). The meagre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Pisces, Perciformes, Sciaenidae) from Gulf of Gascony and some more Northern waters. *Magazine of Jobs of the Institute of Maritime Peches*, 49:35-66.
- Ricker, W.E. (1979). Growth Rates and Models in Fish Physiology. In: Hoar, W.S, Randall D J, Brett J, (eds.) Vol VIII *Bioenergetics and* (pp.677-743) *Growth Academic Press*.
- Rizk, M.H., & Hashem, M.T. (1981). Some biological aspects of *Sciaenidae* Risso in Abu-Kir Bay. *Bulletin Institute Oceanography Fisheries A.R.E*, 7:505-516.
- Shabana, N.M., Abou Abd El Rahman, Solimanş H., Al Absawy, Mohamed, A., Assem, & Samira, S. (2012). Reproductive biology of *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) inhabiting the south eastern Mediterranean Sea, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 38: 147-156 doi: 10.1016/j.ejar.2012.12.002
- Sumaila, U.R., Marsden, A.D., Watson, R., & Pauly, D. (2007). A global ex-vessel fish price database: construction and applications. *Journal of Bioeconomics*, 9: 39-51. doi: 10.1007/s10818-007-9015-4
- Tesch, W. (1971). Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in fresh waters, 2nd ed. In: W.E. Ricker (Ed.). International Biological Programme Oxford and Edinburgh, 97-130.
- To, M. & Ci, A. (2015). Advanced Techniques for Morphometric Analysis in Fish. *Aquaculture Research & Development*, 6:8 doi: 10.4172/2155-9546.1000354
- Turan, C. (1999). A note on the examination of the Morphometric Differentiation among Fish populations: The Truss System. *Turkish Journal of Zoology*, 23:259–263.
- Wotton, R.J. (1992). Fish Ecology. *Blackwell Glasgow*, Springer Netherlands. doi: 10.1007/978-94-011-3832-1

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Effects of deep-frying to sardine croquettes' chemical composition

Derin yağda kızartmanın sardalya kroketlerin kimyasal kompozisyonuna etkisi

Ekrem Cem Çankırılıgil¹ • Nermin Berik^{2*} 

¹ Central Fisheries Research Institute, Vali Adil Yazar Cad., No:14, 61250 Yomra, Trabzon, Turkey

² Department of Fisheries and Processing Technology, Faculty of Marine Sciences and Technology, Canakkale Onsekiz Mart University, 17100 Canakkale, Turkey

* Corresponding author: nberik@yahoo.com

Received date: 16.03.2017

Accepted date: 05.06.2017

How to cite this paper:

Çankırılıgil, E. C. & Berik, N. (2017). Effects of deep-frying to sardine croquettes' chemical composition. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 293-302. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.08

Abstract: Fish croquettes were produced with sardine meat and effects of deep-frying on chemical composition of the products were determined in this study. The crude fat and ash increased in the sardine croquettes while water and crude protein decreased with frying process ($P<0.05$). Amino acid analyses showed that amount of glutamic acid, lysine and leucine were the highest ones respectively. The amount of leucine, isoleucine, lysine, phenylalanine and threonine decreased while the amount of the methionine remained in the same level statistically after deep-frying. The essential amino acids for human expect tryptophan were specified in sardine meat and croquettes. Total of saturated fatty acids in sardine meat decreased associated with increasing of unsaturated fatty acids during the croquette production and deep-frying process. Polyunsaturated fatty acids such as docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid and linoleic acid were detected in all groups. Considering the elemental composition of the final product after deep-frying, this research study indicates that deep-frying does not effect a number of trace elements. Also, toxic elements for human health were not detected in any products.

Keywords: Sardine, deep-frying, croquette, amino acid, fatty acid

Öz: Bu çalışmada sardalya etinden elde edilen kroketlere derin yağda kızartmanın ürünlerin kimyasal kompozisyonuna etkisi belirlenmiştir. Amino asit analizlerine göre, sırasıyla en yüksek miktarda glutamik asit, lizin ve lösin bulunmuştur. Lösin, isolösin, lizin, fenilalanin ve treonin miktarı kızartma sonrasında düşerken, metiyonin miktarı istatistik olarak değişmemiştir. Triptofan hariç insanlar için elzem amino asitlerden hepsi sardalya eti ve kroketlerde tespit edilmiştir. Kroket üretimi ve kızartma işlemi sırasında sardalya etindeki toplam doymamış yağ asidi miktarının artmasına bağlı olarak toplam doymuş yağ asidi miktarı azalmıştır. Çoklu doymamış yağ asitlerinden dokosaheksaenoik asit, eikosapentaenoik asit ve linoleik asit tüm gruplarda tespit edilmiştir. Final ürünlerin mineral kompozisyonlarını dikkate aldığımızda ise, derin yağda kızartmanın iz element miktarlarını etkilemediği bu çalışma ile gösterilmiştir. Ayrıca, insanlar için toksik olan elementler hiçbir üründe bulunmamıştır.

Anahtar kelimeler: Sardalya, derin yağda kızartma, kroket, amino asit, yağ asidi

INTRODUCTION

Seafood processing technology offers diversity along with an ascending trend on commercially coated or breaded products just like fish croquettes in recent years. Consequently, researchers vary the formulations to improve the sensorial quality of these products (Grodner et al., 1991). Coated products such as croquettes, nuggets, fish crackers and breaded ones ranked among the most desired seafood by the consumers (Gokoglu, 2002). Seafood coating technology was implemented on fish meat for the first time in Newfoundland and it has been growing rapidly since 1950's. The coating is a process of acquiring new and desired texture to fish meat with batter mixes including several ingredients like breadcrumbs, flour, starch kinds, spices and food additives in some products (Cakli, 2007). In Europe, usually, croquettes were usually first

coated with batter and secondly coated with breadcrumbs and packaged as a frozen product by manufacturers after the deep-frying process to create sensorial quality (Soto-Jover et al., 2015). Also, biologically valuable and secure coated products can be developed with fish and shellfish meats from waste processing (Khan et al., 2013; Ribeiro Palmeira et al., 2016). However, various seafood like skinless fish fillets, fish mince and several shellfish and crustacean meats could be used in croquette production (Hall, 1997). Besides, some aquatic organisms have a high market value such as shrimp, scallop and commercial fish species are also used in seafood coating industry (Cakli, 2007; Khazaei et al., 2016) Especially, commercial fish species are regulated by fishing legislations (fishing seasons, fishing quota and time limitations) in the

world. Those valuable fish species especially pelagic ones like sardine and anchovy are caught only during their fishing season. Commercial fish species must be supplied to consumers for all year long by processing tasty and healthy seafood products having long shelf-life.

Different sardine species have been caught all over the world. In 2014, European pilchard (*Sardina pilchardus*) was the most caught sardine species in the world with an amount of 1.207.764 tonne obtained from coasts of Africa, Europe and Asia respectively (FAO, 2014; Froese and Pauly, 2016). European pilchard distributed the Northeast Atlantic to Senegal and Mediterranean, the Sea of Marmara and the Black Sea (Froese and Pauly, 2016). Sardine is one of the most commercial species in Turkey and generally caught from the Aegean Sea (TSI, 2015). Small-sized marine pelagic fishes like sardine play an important role in human nutrition consisting of essential amino acids, fatty acids, vitamins and minerals (Tacona and Metian, 2013). In the view of such information, European pilchard was preferred in order to use in croquette production due to their nutritional and significant market value and a wide variety of products and by-products (Leonardo et al., 2016).

The aim of this study was the implementation of croquette technology to sardine meat and determination of the effects of deep-frying on the nutritional value of croquettes produced from sardine meat. The consumption of coated seafood as a convenience food especially as fish croquettes and as breaded or battered fish fillets will become more prevalent in upcoming years. Thus, the consumers will have an opportunity of different consuming options of sardine with high quality throughout the year while, the producers can profit from low manufacturing costs by mainstreaming the sardine croquette production in the long term. Eventually, with this prevalence of croquette production technology based on aquatic food sources, the opportunity for sustainably utilise these resources may be increased.

MATERIALS AND METHODS

Materials

One of the most favoured fish in the world, European pilchard (*Sardina pilchardus*) was preferred in croquette production. Sardines caught by purse seine nets were provided freshly from a local fish market and brought immediately to the Laboratory of Fish Processing Technology in Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Marine Sciences and Technology without losing their freshness. The amount of 15 kg of sardine fillets and several ingredients such as wheat flour, corn flour, bread crumbs, wheat starch, dried coconut, dried onion, dried garlic, cilantro, black pepper, white pepper and salt were used in the croquette production. Sunflower oil was preferred in the deep-frying process.

Croquette production

Previously, sardines were eviscerated and hand skinned as avoiding the tail section. In the following step, sardine fillets

were minced by 3mm-long grinder for 60 seconds and then all the ingredients mentioned before were added in to the minced fish. Obtained croquette paste was kneaded for approximately 5 minutes until the acquiring a homogenous fish paste which was shaped by hand and sliced evenly. The coating process was made through two covering steps. Formerly, it was battered with baking soda-water based liquid coating material and latter, it was breaded with a dry coating material including wheat flour, corn flour and bread crumbs. Finally, sardine croquettes were stored at +4°C until the frying process. Production of sardine croquettes stages and the croquette formulation are shown in Figure 1.

Deep-frying

Deep-frying was executed with sunflower oil in a deep electric fryer with heat controls. Croquettes were fried at 180°C for 2 minutes and the central point temperature was exactly at 180°C throughout the frying (Figure 1). Besides, frying oil renewed before all deep-frying process for healthy nutrition. Afterwards, the chemical composition of deep-fried croquettes was determined.

Determination of proximate composition

Total moisture, crude protein, crude fat and crude ash contents were specified to identify proximate composition. Moisture content was analysed via moisture analyser (Xm50 Precisa) at 100°C for 10 minutes in each sample (Horwitz, 2000). Crude protein content was determined by Kjeldahl (AOAC, 2000) method. According to this method, the samples were digested at 120°C with 15 ml sulphuric acid and Kjeldahl catalyst containing selenium until the mixture became clear. Afterwards, the samples were distilled in automatic distillation unit with sodium hydroxide. In the sequel, the samples were titrated with 0.1N HCl and then the acquired data were calculated as a percentage by using 6.25 nitrogen conversion factor. The crude fat content was determined by Folch et al., (1957). First of all, the samples were extracted with the mixture of chloroform:methanol (2:1) for 12 hours. After that, the samples were evaporated under reduced pressure with a rotary evaporator at 55°C until the mixture was concentrated. The total amount of crude ash was determined by Horwitz (2000) method. According to the method, the samples were burned by muffle furnace (Nuve MF 120) at 600°C for 6 hours till the samples were turned to ashes. Finally, the acquired data of crude fat and ash contents were calculated and reported as percentages.

Amino acid analysis

The samples were digested with HCl and N₂ at 110°C in a drying oven for 24 hours according to the amino acid analysis based on AOAC (2000) method. The obtained mixtures were distilled with 0.20 µm PTFE syringe filter and after evaporation, all the hydrolysates samples were dissolved in a citrate–sodium citrate buffer (0.1 mole/L, pH 2.2) (Chi et al., 2008; Srivastava et al., 2006). Thereafter, samples were evaporated under

reduced pressure with a rotary evaporator at 65°C till the HCl was removed from the mixtures. The amounts of amino acids were detected with EZ:faast kits in gas chromatography (Badawy et al., 2008). The internal standard (IS; Norvaline) used for GC analysis was 200 mole/ml Gas chromatography (Finnigan Trace GC Ultra AI 3000 Thermo Finnigan analyser, Milan, Italy) and capillary GC column (Zebron Zebron™ ZB-

HAAC 10 m x 0.25 mm) were used for determination of amino acids. The conditions of the GC device during the injection process was Split 1:15 at 250°C, 2.0 µL; carrier gas: helium 1.0 mL/min; oven program: 35°C/min from 110°C to 320°C, hold at 320°C for 1 min with flame ionization detector at 320°C. Retention times of amino acid shown in Figure 2.

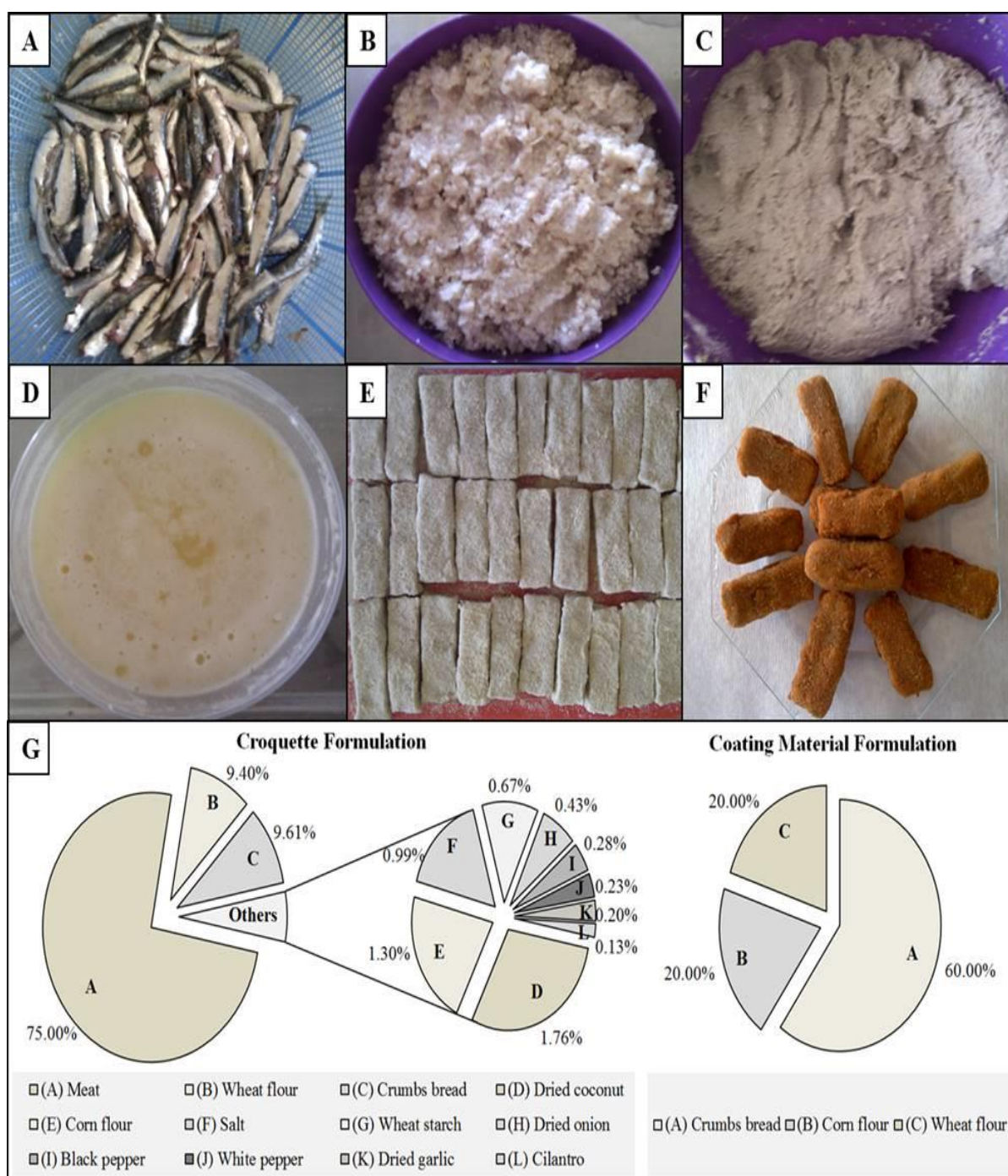


Figure 1. Croquette production stages: filleting (A), mincing (B), forming (C), liquid coating (D), dry coating (E), fried croquette (F) and croquette formulations (G)

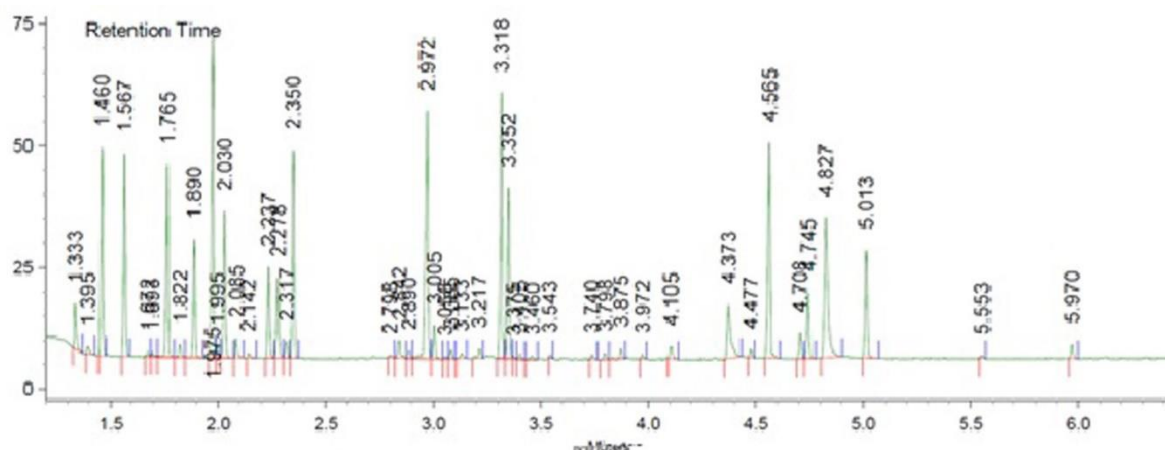


Figure 2. Retention times of amino acids (mn)*

Fatty acid analysis

Fatty acid analysis was carried out according to the IUPAC (1979). First of all, crude fat was obtained by Folch et al., (1957) method and crude fat samples were stored up to analysis. Afterwards, samples with 5ml methanolic 0.5N NaOH were evaporated in soxhlet evaporator at 55°C for 15 minutes. 2ml Heptane was added to mixtures and evaporated for 1 minute after 5ml BF₃ reagent was added to the mixtures and evaporated for 2 minutes. The concentrated mixtures were blended with saturated NaCl solution in order to create a liquid phase consisting of fatty acids. This liquid phase was extracted with 2uq injector filter. The filtrates were filled in 2-millilitre vials and Hexane was added onto them. The GC-MS analysis was performed on Thermo Finnigan Trace GC coupled with a

Multiplier Quadrupole Mass Selective Detector and a Thermo auto sampler AI 3000 injector and operated with Xcalibur Home Page version 1.4 SR1 Software. A capillary column ZB-5MS (5% phenyl methylsiloxane) with a dimension of 30 m × 0.25 mm I.D × 0.25 m film thickness (Phenomenex, Zebron, USA) was used for the separation of the fatty acids. The data were calculated by comparing the retention times and mass spectras of known standards (Supelco 37 Component FAMES Mix) in order to identificate the fatty acids.

Libraries of NIST and Wiley were used to compare the chromatograms and the attained data were calculated via Qual Browser version 1.4 SR1 (Xcalibur Home Page) software. All data were presented as percentages according to method of Paul and Southgate (1978). Retention times of fatty acids shown in Figure 3.

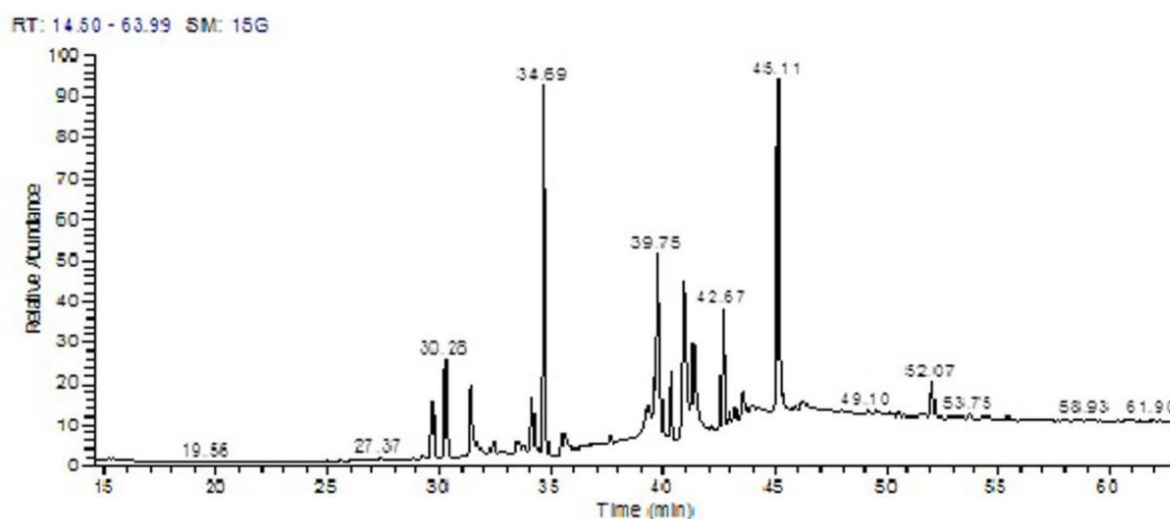


Figure 3. Retention times of fatty acids (mn)*

Mineral analysis

The element analysis was carried out by considering NMKL (1998). After 0.25mg of the samples were weighted in analytic balance, 7ml of concentrated HNO₃ was added to them. The samples were burned in a microwave (Speedwave Berghof) and its heat was gradually increased degree of 10°C per 10 minutes until it reached to final degree of 120°C. Following the burning process at 120°C for 2 minutes, the temperature was increased up to 160°C and burning process was continued 5 more minutes. Subsequent to the burning process, the mixtures were filtered by using 2uq filter paper. The filtrates were analysed via ICP- AES (Varian Liberty AX Sequential ICP-AES) in Çanakkale Onsekiz Mart University Central Laboratory. The elements of B, Br, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb and Zn were detected. The results were compared with the standards and then calculated as milligramme per kilogramme of the wet matter (g/100g).

Statistical analysis

The results of the study were expressed as mean $\pm$ SD (n=3). The differences between groups were determined by

Tukey's multiple comparison tests using one-way analysis of variance ANOVA in SPSS 22 after testing the normality (Anderson–Darling test) and homogeneity of the data (Levene test). The level of significance was set as P=0.05 (Zar, 1999).

RESULTS AND DISCUSSION

Proximate composition

A various kind of sardine species has a range of 65.9-77.1% water (moisture), 19.0-22.3% crude protein, 3.70-20.0% crude fat and 1.3-2.6% crude ash (Sidwell et al., 1977). The ratios of fat and ash increased in the sardine croquettes while ratios of water and crude protein decreased in frying process (P<0.05). Some water-soluble proteins were lost as moisture contents of sardine croquettes were degraded by the deep-frying. The reasons for a relative increase in the crude ash ratio in sardine croquettes are; the added ingredients including high mineral matters and water loss depends on the frying process. According to Dean (1990) moisture and crude fat ratios are inversely correlated with food. Besides, this situation is seen in several studies. Our findings compatible with the literature are shown as in Figure 4.

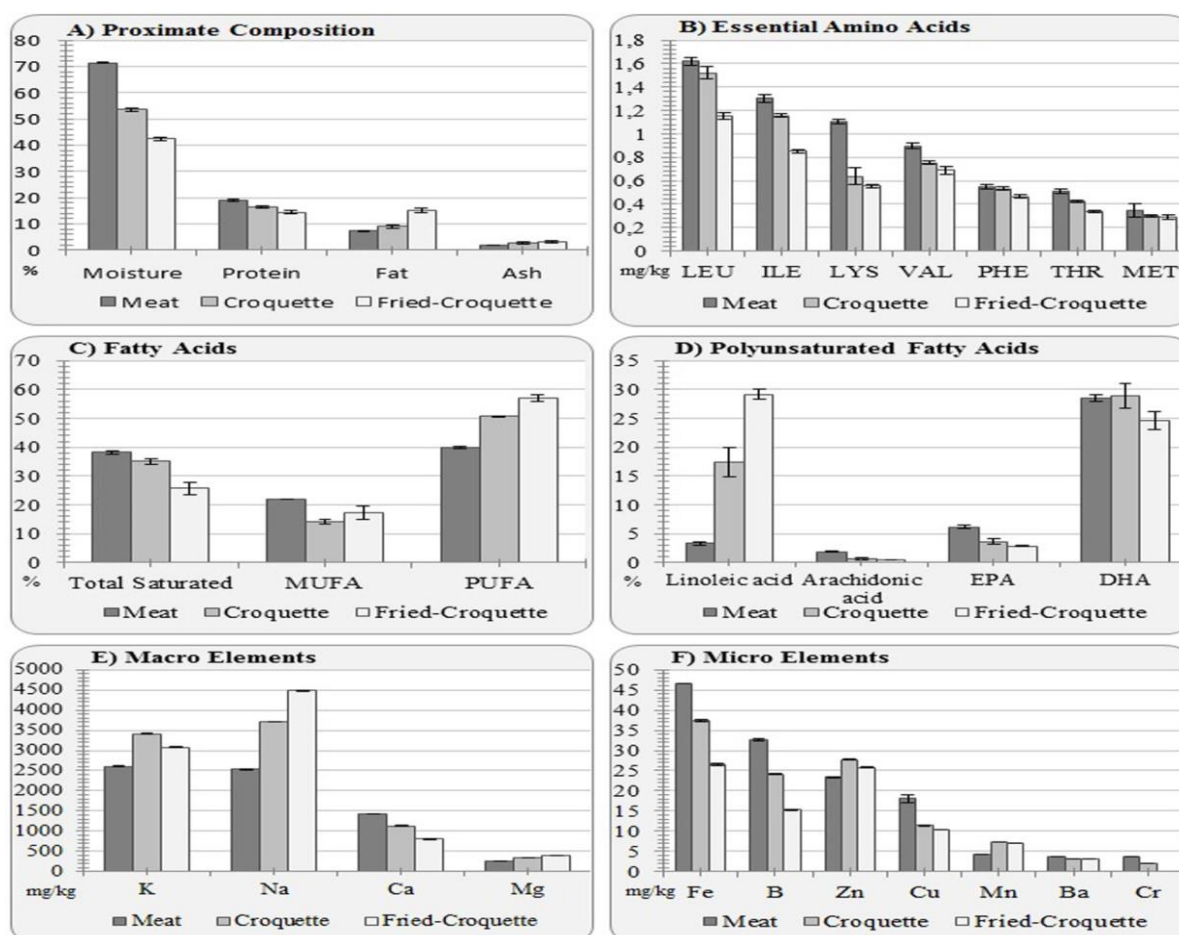


Figure 4. Chemical compositions of sardine meat, croquettes and deep-fried croquettes: (A) proximate composition; (B) essential amino acids; (C) fatty acids; (D) polyunsaturated fatty acids; (E) macro elements; (F) micro elements

Amino acid composition

Amino acids are aromatic compounds that responsible for taste and flavour (Ruiz-Capillas and Moral, 2001). Fish and seafood are valuable proteins and essential amino acids resources that are biologically important (Köksal and Ozel, 2008). The number of eighteen of twenty amino acids were determined in all groups. The amount of total amino acids found were 14.662 ± 0.37 g/100g in meat, 12.818 ± 0.35 g/100g in croquettes and 10.810 ± 0.30 g/100g in fried croquettes. The total amount of amino acids in fresh meat degraded in all stages ($P < 0.05$). Ozden (2005) reported that total amount of amino acid in fresh trout meat were 15g/100g. A similar research done by Berik et al. (2011) about the production of trout fingers indicated the amounts of total amino acids as 16.5g/100g in fresh trout meat, 14g/100g fish paste and 13.2g/100g in fried croquettes. In croquette production, various ingredients were added to minced fish. Some of these ingredients were rich in terms of carbohydrates like wheat grain, corn grain, breadcrumbs and wheat starch. The decline observed in the total protein and amino acid ratios of croquettes were related to these supplementations. Besides, the amount of crude fat increased along with the loss of water after deep-frying. Hence, Ayas (2006) reported that the decline in the protein ratios of smoked sardines was associated with cooking loss of some proteins, small peptides and free amino acids.

Aspartic acid, glutamic acid, lysine and leucine were found to be highest, respectively. Aspartic acid and glutamic acid are the most common amino acids in fish responsible for taste and flavour (Park et al., 2006). Also, other researchers state that fish and seafood are rich in terms of these amino acids (Erkan et al., 2010; Ozden, 2005). In the amino acid analyses, samples were digested with HCl at high temperature. As a result of

these severe conditions, it was observed that some of the amino acids degraded. Especially, asparagine and glutamine are the most vulnerable amino acids enduring to low pH and high temperature. For this reason, during the burning process, these amino acids hydrolysed into glutamic and aspartic acid. Thus, glutamic acid and aspartic acid were determined to be more than other amino acids. The amounts of alanine, glycine, serine, proline, glutamic acid and aspartic acid decreased after deep-frying, while histidine, tyrosine, cysteine, glutamine and asparagine increased in sardine croquettes ($P < 0.05$).

Essential amino acids necessary for protection and growing of body tissues must be taken (Turan et al., 2006). Leucine, isoleucine and valine are the essential amino acids that are in charge of stability of lean zones of a human body and ascendant compounds coordinating with protein metabolism in skeletal muscles (Aksoy, 2007; Nair et al., 1992). Unless taken daily, the lack of these amino acids may cause increasing autoxidation and deteriorating amino acid metabolism. Several studies indicate that seafood is rich in terms of essential amino acids. Seven of the eight essential amino acids for human nutrition were specified in sardine meat, croquettes and fried ones. Tryptophan as an essential amino acid hydrolyzed easily is also vulnerable to the acidic environment. As a result, it is hard to detect tryptophan's occurrence, thereby tryptophan was not detected in sardine meat and croquettes.

The amounts of leucine, isoleucine, lysine, phenylalanine, threonine, valine decreased ($P > 0.05$) while the amounts of the methionine remain in the same level statistically after deep-frying in the sardine croquettes ($P < 0.05$) (Figure 4). Amino acid composition of the sardine meat, croquette and fried croquettes are seen in Table 1.

Table 1. Amino acid composition of sardine meat, croquette and deep-fried croquettes (g/100g)

Amino Acids	Meat	Croquette	Fried-Croquette
ALA	0.787 ± 0.01^a	0.648 ± 0.02^b	0.555 ± 0.02^c
ASN	0.076 ± 0.01^a	0.036 ± 0.01^b	0.026 ± 0.01^b
ASP	2.363 ± 0.14^a	1.619 ± 0.09^b	1.309 ± 0.04^c
C-C	0.100 ± 0.01^a	0.098 ± 0.01^a	0.097 ± 0.01^a
GLN	0.074 ± 0.01^a	0.041 ± 0.01^b	0.027 ± 0.01^b
GLU	1.815 ± 0.04^c	2.302 ± 0.07^a	2.082 ± 0.07^b
GLY	1.156 ± 0.03^a	0.634 ± 0.01^b	0.541 ± 0.01^c
HIS	0.443 ± 0.01^a	0.306 ± 0.07^b	0.290 ± 0.02^b
ILE	1.303 ± 0.03^a	1.158 ± 0.05^b	0.853 ± 0.01^c
LEU	1.620 ± 0.03^a	1.521 ± 0.02^b	1.152 ± 0.03^c
LYS	1.108 ± 0.01^a	0.638 ± 0.07^b	0.555 ± 0.01^c
MET	0.347 ± 0.05^a	0.303 ± 0.01^a	0.289 ± 0.01^a
PHE	0.552 ± 0.02^a	0.532 ± 0.01^a	0.467 ± 0.01^b
PRO	0.942 ± 0.01^a	0.877 ± 0.02^b	0.598 ± 0.04^c
SER	0.406 ± 0.01^a	0.398 ± 0.01^a	0.259 ± 0.02^b
THR	0.512 ± 0.01^a	0.424 ± 0.01^b	0.336 ± 0.01^c
TYR	0.504 ± 0.05^a	0.363 ± 0.01^b	0.304 ± 0.02^b
VAL	0.898 ± 0.02^a	0.755 ± 0.01^b	0.690 ± 0.03^c
Total Amino Acids	14.662 ± 0.37^a	12.818 ± 0.35^b	10.810 ± 0.30^c

Values are expressed as mean $\pm$ SD ($n=3$), and values in row with different superscripts were significantly different ($P < 0.05$)

Fatty acid composition

Total saturated fatty acids were determined as $38.17 \pm 0.48\%$, $35.08 \pm 0.95\%$ and $25.71 \pm 1.84\%$ in sardine meat, croquettes and fried croquettes, respectively. Total unsaturated fatty acids in sardine meat increased during the deep-frying process ($P < 0.05$). Palmitic acid was found as the highest saturated fatty acid in meat and all products. The

remarkable amounts of saturated fatty acids like stearic and myristic acids as well as lauric and capric acids originated from coconut oil (Ghosh and Bhattacharyya, 1997) were also found. That's why capric and lauric acids were detected in too low levels or not detected at all in sardine meat whereas, they were significantly detected in coconut powder added croquettes. The saturated fatty acids compositions of meat and croquettes are shown in Table 2.

Table 2. Saturated fatty acid composition of sardine meat, croquette and deep-fried croquettes (%)

Fatty Acids	Meat	Croquette	Fried-Croquette
C _{10:0} Capric Acid	-	0.720 ± 0.08^a	0.339 ± 0.02^b
C _{12:0} Lauric Acid	0.059 ± 0.03^c	8.642 ± 0.25^a	4.256 ± 0.26^b
C _{13:0} Tridecylic Acid	0.017 ± 0.01^a	0.010 ± 0.01^b	-
C _{14:0} Myristic Acid	3.985 ± 0.13^a	4.045 ± 0.06^a	2.112 ± 0.15^b
C _{15:0} Pentadecylic Acid	0.614 ± 0.03^a	0.199 ± 0.01^b	0.139 ± 0.01^b
C _{16:0} Palmitic Acid	27.121 ± 0.07^a	18.136 ± 0.10^b	15.189 ± 0.49^c
C _{17:0} Heptadecanoic Acid	0.834 ± 0.02^a	0.254 ± 0.01^b	0.815 ± 0.62^a
C _{18:0} Stearic Acid	4.658 ± 0.07^a	2.687 ± 0.05^b	2.475 ± 0.07^b
C _{20:0} Arachidic Acid	0.648 ± 0.03^a	0.275 ± 0.03^b	0.175 ± 0.01^c
C _{21:0} Heneicosylic Acid	0.020 ± 0.01^a	0.022 ± 0.01^a	-
C _{22:0} Docosanoic Acid	0.096 ± 0.01^b	0.057 ± 0.01^c	0.135 ± 0.01^a
C _{23:0} Tricosylic Acid	0.020 ± 0.01^c	-	-
C _{24:0} Lignoceric Acid	0.085 ± 0.01^a	0.024 ± 0.01^b	0.074 ± 0.01^a
Total Saturated Fatty Acids	38.17 ± 0.48^a	35.08 ± 0.95^b	25.71 ± 1.84^c

Values are expressed as mean $\pm$ SD (n=3), and values in row with different superscripts were significantly different ($P < 0.05$)

The amount of total MUFA were determined as $18.86 \pm 0.87\%$, $14.26 \pm 0.70\%$ and $17.21 \pm 1.43\%$ in sardine meat, croquettes and fried croquettes, respectively. Total MUFA decreased during the croquette production process while they increased after the deep-frying ($P < 0.05$). Oleic acid

was found as the highest monosaturated fatty acid in all the samples and palmitoleic acid pursued secondly.

The monounsaturated fatty acids compositions of meat and croquettes are shown in Table 3.

Table 3. Monounsaturated fatty acid composition of sardine meat, croquette and deep-fried croquettes (%)

Fatty Acids	Meat	Croquette	Fried-Croquette
C _{14:1} Myristoleic Acid	0.182 ± 0.01^a	0.152 ± 0.01^b	0.069 ± 0.01^c
C _{16:1} Palmitoleic Acid	5.171 ± 0.10^a	1.414 ± 0.09^b	1.069 ± 0.10^b
C _{18:1(n-9)} Cis-Oleic Acid	15.479 ± 0.05^b	11.916 ± 0.39^b	16.074 ± 1.22^c
C _{20:1(n-9)} Eicosenoic Acid	0.928 ± 0.04^a	0.763 ± 0.15^a	-
C _{24:1} Nervonic Acid	0.092 ± 0.07^a	0.008 ± 0.01^b	-
Total Monounsaturated Fatty Acids	21.86 ± 0.87^a	14.26 ± 0.70^c	17.20 ± 1.43^b

Values are expressed as mean $\pm$ SD (n=3), and values in row with different superscripts were significantly different ($P < 0.05$)

The amount of total PUFA were found to be $39.86 \pm 0.41\%$, $50.63 \pm 0.26\%$ and $57.00 \pm 1.22\%$ in sardine meat, croquettes and fried croquettes, respectively. The total amount of polyunsaturated fatty acid increased during the deep-frying process ($P < 0.05$). Sunflower oil used in this study included polyunsaturated fatty acids such as oleic and linoleic acid in high quantity (Gary, 2015). Bilgin et al. (2010) reported that saturated fatty acid decreased while polyunsaturated fatty acids increased in the rainbow trout fillets fried with sunflower oil. DHA was found as the highest polyunsaturated fatty acid and it was followed by EPA and linoleic acid in all the samples in that order. Also, sardine meat includes monounsaturated and

polyunsaturated fatty acids in high quantities. Some of these fatty acids are essential or conditionally essential acids for the human. According to Burke et al. (2001) linoleic and linolenic acids are essential fatty acids and they must be taken with foods for keeping healthy. On the other hand, EPA, DHA and arachidonic acid were conditionally essentials. Indeed, they become essentials in case of some diseases or developmental stages. Several researchers also indicated that fish meat has palmitic acid as the highest saturated fatty acid and high amounts of DHA and EPA (Louly et al., 2011; Zhong et al., 2007). The polyunsaturated fatty acids compositions of meat and croquettes are shown in Table 4.

Table 4. Polyunsaturated fatty acid composition of sardine meat, croquette and deep-fried croquettes (%)

Fatty Acids	Meat	Croquette	Fried-Croquette
C _{18:2} (n-6) Linoleic Acid	3.301 ± 0.14 ^c	17.393 ± 1.51 ^b	29.110 ± 0.51 ^a
C _{20:4} (n-6) Arachidonic Acid	1.860 ± 0.08 ^a	0.679 ± 0.12 ^b	0.375 ± 0.01 ^b
C _{20:5} (n-3) Eicosapentaenoic Acid (EPA)	6.180 ± 0.20 ^a	3.657 ± 0.29 ^b	2.854 ± 0.09 ^b
C _{22:6} (n-3) Docosahexaenoic Acid (DHA)	28.517 ± 0.36 ^a	28.902 ± 1.19 ^a	24.660 ± 0.91 ^b
Total Polyunsaturated Fatty Acids	39.86 ± 0.41^c	50.63 ± 0.26^b	57.00 ± 1.22^a

Values are expressed as mean ±SD (n=3), and values in row with different superscripts were significantly different (P <0.05)

Omega-3 fatty acids were found to be 34.69%, 32.55%, 27.51% and omega-6 fatty acids were found 5.16%, 18.07%, 29.48% in fish meat, croquettes and fried croquettes, respectively. As a result of the deep-frying process omega-6 fatty acids increased, whereas omega-3 fatty acids decreased in croquettes (P<0.05). The scientists recommend that omega-3 and omega-6 must be taken regularly for a healthy diet. These fatty acids reduce both blood viscosity and the risk of thrombosis development, whereas they increase regeneration speed of erythrocytes. They also reduced deaths caused by cardiac diseases and some cancer types (Simopoulos, 1991, 2002).

Mineral composition

The fact that the meat of animals contains different mineral matter concentrations depends on their environment. According to Tacona and Metian (2013) meats of aquatic animals are rich in essential and trace elements than terrestrial ones. The level of sodium was found to be more than the other minerals in all the samples. B, Br, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na and

Zn were detected in fish meat and croquettes while Na, K and Ca were found to be high respectively. According to Ozdemir (2006) if essential amino acids and fatty acids are not taken daily together with some minerals such as Zn, Cu, I, Se, Cr, Mg, Mn and Mo, human health could not be protected no matter how many macronutrients are consumed. In this research, the amounts of Ca, K, Fe and B decreased while, the amounts of Mg and Na increased after deep-frying (P<0.05). The levels of Br, Cu, Mn and Zn were not changed statistically after the deep-frying (P>0.05). However, only Cr was completely lost after the frying process. As a consequence of these, this study reveals that the deep-frying process does not affect the amount of some vital trace elements. Such elements as Cd, Pb causing health risk were also determined below the maximum values specified in the food legislations. The limit for Cd presence has been set as 0.05 mg/kg for fish meat. The Limit for Pb presence has been set as 0.30 mg/kg for fish meat in food legislation determined by European Commission (2001). Macro and micro elements in sardine meat, croquette and fried croquettes are shown in Figure 2 and Table 5.

Table 5. Mineral matter contents of sardine meat, croquette and deep-fried croquettes (g/100g)

Elements	Meat	Croquette	Fried-Croquette
B	32.65 ± 0.23 ^a	24.15 ± 0.17 ^b	15.27 ± 0.17 ^c
Br	3.73 ± 0.01 ^a	3.21 ± 0.06 ^b	3.05 ± 0.13 ^b
Ca	1435.36 ± 5.01 ^a	1130.84 ± 4.22 ^b	806.68 ± 4.62 ^c
Cd	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰
Co	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰
Cr	3.73 ± 0.13 ^a	2.16 ± 0.17 ^b	< 0.010 ⁰
Cu	18.07 ± 0.23 ^a	11.39 ± 0.06 ^b	10.41 ± 0.22 ^b
Fe	46.56 ± 0.88 ^a	37.33 ± 0.32 ^b	26.52 ± 0.28 ^c
K	2603.14 ± 17.1 ^c	3414.54 ± 13.3 ^a	3072.69 ± 15.8 ^b
Mg	261.87 ± 3.09 ^c	343.82 ± 4.26 ^b	390.57 ± 5.52 ^a
Mn	4.32 ± 0.19 ^b	7.27 ± 0.17 ^b	7.07 ± 0.17 ^b
Na	2532.27 ± 15.2 ^c	3711.56 ± 11.15 ^b	4483.41 ± 14.3 ^a
Ni	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰
Pb	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰	< 0.035 ⁰
Zn	23.38 ± 0.32 ^b	27.7 ± 0.29 ^a	25.74 ± 0.70 ^a

Values are expressed as mean ±SD (n = 3), mean values in row with different superscripts were significantly different (P <0.05)

CONCLUSION

The challenging conditions of rapid urbanisation, living conditions, intense work schedules and advancing technology cause people to consume convenience foods which are usually rich in terms of carbohydrates and saturated fats. Food

scientists and conscious consumers seek to spend less time on healthy nutrition. However, people desire not only a healthy diet but also delicious foods. According to the results of the analyses sardine meat and croquettes include a high amount of unsaturated fatty acids, essential amino acids and vital trace elements. Besides, elements, such as cadmium and lead,

causing health risk were not detected in sardine meats or croquettes. Due to deep-frying, the ratios of water and crude protein decreased, while those of crude fat and ash increased in croquettes ($P<0.05$). The amount of amino acids decreased in the range of 10- 25% as a result of deep-frying ($P<0.05$). In the meantime, total saturated fatty acids decreased, yet the amount of mono and polyunsaturated fatty acid increased ($P<0.05$). Macro elements tended to diminish ($P<0.05$), whereas the amounts of some trace elements such as Br, Cu, Mn and Zn didn't change statistically ($P>0.05$).

In view of the results, sardine croquettes as a convenience food were both practical and healthy even if fried because they had no significantly qualified cooking loss. An ascending trend

of seafood coating technologies like croquette production is supposed to compensate demands of healthy and tasty products in the convenience food sector.

ACKNOWLEDGEMENT

This study is a part of the master thesis mentored by Assoc. Doc. Nermin Berik named as "Determination of Quality Parameters of Coated Products (Croquette) Obtained from Different Seafood" supported by the Çanakkale Onsekiz Mart University Scientific Research Projects Coordination Unit (2010/142).

REFERENCES

- Aksoy, M. (2007). Nutrition and cancer. In M. Tuncer (Ed.), *Cancer control in Turkey* (pp. 189–197). Ankara/Turkey.
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis*, 17th Ed. Vol. II. (Chapt 4, pp. 5). Washington, D.C., U.S.A: Association of Analytical Chemistry Press.
- Ayas, D. (2006). The differences in whole body chemical composition of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Black Sea pilchard (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) following hot smoking. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1–3): 343–346.
- Badawy, A. A. B., Morgan, C. J., & Turner, J. A. (2008). Application of the Phenomenex EZ:faastTM amino acid analysis kit for rapid gas-chromatographic determination of concentrations of plasma tryptophan and its brain uptake competitors. *Amino Acids*, 34(4): 587–596.
- Berik, N., Cankiriligil, C., & Kahraman, D. (2011). Determination of quality attributes and production of fingers from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillet. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 17(5): 735–740.
- Bilgin, S., Izci, L., Gunlu, A., & Bolat, Y. (2010). Effect of pan frying with different oils on some of the chemical components, quality parameters and cholesterol levels of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 9(39): 6573–6577.
- Burke, P. A., Ling, P. R., Forse, R. A., Lewis, D. W., Jenkins, R., & Bistrrian, B. R. (2001). Sites of conditional essential fatty acid deficiency in end stage liver disease. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 25(4): 188–193. doi: 10.1177/0148607101025004188
- Cakli, S. (2007). *Seafood Processing Technologies 2*. Izmir-Turkey: University of Ege Publishing.
- Chi, Z., Yan, K., Gao, L., Li, J., Wang, & Wang, L. (2008). Diversity of marine yeasts with high protein content and evaluation of their nutritive compositions. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 88(7): 1347–1352. doi:10.1017/S0025315408001938
- Commission, E. (2001). *Commission Regulation (EC) no. 221/2002 of 6 February 2002 amending regulation (EC) no. 466/2002 setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs*. Brussel.
- Dean, L. M. (1990). The seafood industry. In G. J. Martin (Ed.), *Nutrition and preparation* (pp. 255–267). New York-U.S.A.: Van Nostrand Reinhold.
- Erkan, N., Selcuk, A., & Ozden, O. (2010). Amino acid and vitamin composition of raw and cooked horse mackerel. *Food Analytical Methods*, 3(3): 269–275. doi:10.1007/s12161-009-9108-x
- FAO. (2014). Global Production Statistics - FAO web version (03/2017). Retrieved from <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>.
- Folch, J., Lees, M., & Sladane-Stanley, G. H. A. (1957). Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *The Journal of Biological Chemistry*, 226: 497–509.
- Froese, R., & Pauly, D. (2016). FishBase, version (03/2017). Retrieved from www.fishbase.org
- Gary, L. (2015). Market report: Sunflower seed and oil. *Lipid Technology*, 27(1): 24.
- Ghosh, S., & Bhattacharyya, D. K. (1997). Medium-chain fatty acid-rich glycerides by chemical and lipase-catalyzed polyester-monoester interchange reaction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(5): 593. doi:10.1007/s11746-997-0186-x
- Gokoglu, N. (2002). *Seafood Processing Technology*. Istanbul: Foundation of Water Publishing.
- Grodner, R. M., Andrews, L. S., & Martin, R. E. (1991). Chemical Composition of Seafood Breeding and Batter Mixes. *Cereal Chemistry*, 68(2): 162 – 164.
- Hall, G. M. (1997). *Fish Processing Technology* (Second Edi). London: Boundary Row.
- Horwitz, W. (2000). *Official methods of analysis of AOAC international (Oma)*. Education Gaithersburg.
- IUPAC International Union of Pure and Applied Chemistry. (1979). *Standards methods for the analysis of oils, fats and derivatives* (6th ed.). Oxford, UK: Pergamon Press.
- Khan, M., Rahman, M., Rahman, M., & Nowsad Alam, A. (2013). Development of protein enriched shrimp croquette from shrimp industry wastes. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 11(2): 331–340. doi:10.3329/jbau.v11i2.19937
- Khazaei, N., Esmaili, M., & Emam-Djomeh, Z. (2016). Effect of active edible coatings made by basil seed gum and thymol on oil uptake and oxidation in shrimp during deep-fat frying. *Carbohydrate Polymers*, 137: 249–254. doi:10.1016/j.carbpol.2015.10.084
- Köksal, G., & Özel, H. G. (2008). *Bebek Beslenmesi*. Ankara/Türkiye. ISBN:978-975-590-242-5
- Leonardo, R., Soares, R., Nunes, C., Lúcia, M., Monteiro, G., Conte-junior, C. A., Mete, E. & Aguila, D. (2016). Molecular testing on sardines and rulings on the authenticity and nutritional value of marketed fishes : An experience report in the state of Rio de Janeiro, Brazil, 60: 394–400. doi:10.1016/j.foodcont.2015.08.004
- Louly, A. W. O. A., Gaydou, E. M., & Kebir, M. V. O. E. (2011). Muscle lipids and fatty acid profiles of three edible fish from the Mauritanian coast: *Epinephelus aeneus*, *Cephalopholis taeniodon* and *Serranus scriba*. *Food Chemistry*, 124(1): 24–28. doi:10.1016/j.foodchem.2010.05.097
- Nair, K. S., Schwartz, R. G., & Welle, S. (1992). Leucine as a regulator of whole body and skeletal muscle protein metabolism in humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism*, 263(5): 928–934.
- NMKL, Nordic Committee on Food Analysis. (2007). Trace elements - As, Cd, Hg, Pb and other elements. Determination by ICP-MS after pressure digestion. Method no:186.

- <http://www.nmkl.org/index.php/en/webshop/item/tungmetaller-as-cd-hg-og-pb-bestemmelse-med-icp-ms-etter-syreoppslutning-under-trykk-nmkl-186-2007>.
- Ozdemir, H. S. (2006). Importance of vitamins and minerals in human health. *Journal of Internal Medical Sciences*, 2(35): 1–7.
- Ozden, O. (2005). Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *Journal of Science Food and Agriculture*, 85(12): 2015–2020. doi:10.1002/jsfa.2207
- Park, E. Y., Brekke, C. J., & Branen, A. L. (2006). Use of pacific hake (*Merluccius products*) in a frankfurt formulation. *Journal of Food Science*, 43(6): 1637–1640. doi:10.1111/j.1365-2621.1978.tb07376.x
- Paul, A. A., & Southgate, T. D. A. (1978). *McCance and Widdowson's The Composition of Foods*. London: Medical Research Council Report Series Press.
- Ribeiro Palmeira, K., Teixeira Mársico, E., Guerra Monteiro, M. L., Mósar, L., & Conte Junior, C. A. (2016). Ready-to-eat products elaborated with mechanically separated fish meat from waste processing: challenges and chemical quality. *CyTA - Journal of Food*, 14(2): 227–238. doi:10.1080/19476337.2015.1087050
- Ruiz-Capillas, C., & Moral, A. (2001). Production of Biogenic Amines and Their Potential Use as Quality Control Indices for Hake (*Merluccius merluccius*, L.) Stored in Ice. *Food Research International*, 34: 441–447.
- Sidwell, V. D., Buzzel, D. H., Foncannon, P. R., & Smith, A. L. (1977). Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans, finfish and molluscs. II. Macro elements: sodium, potassium, chlorine, calcium, phosphorus and magnesium. *Marine Fisheries Review*, 39(1): 1–11.
- Simopoulos, A. P. (1991). Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease and in Growth And Development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(3): 438–463.
- Simopoulos, A. P. (2002). Omega-3 Fatty Acids in Inflammation and Autoimmune Diseases. *The Journal of the American College of Nutrition*, 21(6): 495–505.
- Soto-Jover, S., Boluda-Aguilar, M., Esnoz-Nicuesa, A., Iguaz-Gainza, A., & Lopez-Gomez, A. (2015). Texture, Oil Adsorption and Safety of the european Style Croquettes Manufactured at Industrial Scale. *Food Engineering Reviews*. doi: 10.1007/s12393-015-9130-2
- Srivastava, A., Hamre, K., Stoss, J., Chakrabarti, R., & Tonheim, S. K. (2006). Protein content and amino acid composition of the live feed rotifer (*Brachionus plicatilis*): With emphasis on the water soluble fraction. *Aquaculture*, 254(1–4): 534–543.
- Tacona, A. G. J., & Metian, M. (2013). Fish Matters: Importance of Aquatic Foods in Human Nutrition and Global Food Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1): 22–38. doi:10.1080/10641262.2012.753405
- TSI. (2015). TSI web version (03/2017). Retrieved from <http://www.turkstat.gov.tr/>
- Turan, H., Kaya, Y., & Sönmez, G. (2006). Position in human health and food value of fish meat. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1/3):505–508.
- Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis* (4th ed). New Jersey: Prentice-Hall.
- Zhong, Y., Madhujith, T., Mahfouz, N., & Shahidi, F. (2007). Compositional characteristics of muscle and visceral oil from steelhead trout and their oxidative stability. *Food Chemistry*, 104(2), 602–608. doi:10.1016/j.foodchem.2006.12.03

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Unio terminalis (Bivalvia: Unionidae)' in üreme biyolojisi üzerine gözlemler

Observations on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae)

Mehmet Güler*  • Deniz Çoban • Birsen Kırım

Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü 09100 Aydın, Türkiye

* Corresponding author: mehmetguler@adu.edu.tr

Received date: 21.02.2017

Accepted date: 08.06.2017

How to cite this paper:

Güler, M., Çoban, D., & Kırım, B. (2017). Observations on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bivalvia: Unionidae). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 303-309. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.09

Öz: Çalışmamızda Çine Çayından toplanan tatlı su midyesi *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852; Bivalvia: Unionidae)' in üreme biyolojisi ile ilgili gözlemler yapılmıştır. Tatlı su midyelerinin kendilerine has üreme şekillerinde görülen yumurta paketleri, laboratuvar şartları altında yaklaşık 21–25 C° su sıcaklığında Mayıs ve Kasım aylarında elde edilmiştir. Yumurta paketlerinin yumurta ve/veya özelleşmiş bir larva tipi olan glochidia ihtiva ettiği gözlenmiştir. Yumurtaların çapı ~225 µm olarak tespit edilmiştir; yumurtaları bırakan dişi boyu ve yumurta çapı arasında bir ilişki bulunmamıştır ($R^2 < 0,01$). Elde edilen glochidia ortalama büyüklüğü ~185 µm ve bırakıldığı yapıdaki yoğunluğu 30 ± 6 adet mm^{-2} olarak kaydedilmiştir. Farklı boylardaki dişilerden elde edilen glochidia boyları arasında anlamlı bir büyüklük farkı bulunmamıştır ($p > 0,1$). Larvalarının kapak hareketlerinin gözlenmesi sonucu en hızlı $1,2 \text{ sn}^{-1}$ frekansında kapaklarını açıp kapattıkları ve bu hızı 15 sn boyunca koruyabildikleri gözlenmiştir. Bununla beraber, birçok larvanın 1 dk^{-1} frekansından daha düşük sıklıkta kapak açma kapama hareketi yaptığı tespit edilmiştir. Farklı balık türleri ile birlikte yürütülen larva tutunma çalışmasında glochidia sadece *Andinoacara* cinsi balıkların solungaçlarında tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Unio terminalis*, tatlı su midyesi, glochidia, Çine Çayı

Abstract: In the present study some observations were made on the reproductive biology of *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852; Bivalvia: Unionidae) from River Çine (Aydın, Turkey). Egg packages that are typically seen in the breeding process of freshwater mussels were laid by the adults in May and November at 21–25 C° water temperature under the laboratory conditions. The egg packages were contained eggs or/and glochidia. The mean egg diameter was ~226 µm and no correlation was found with the broodstock size ($R^2 < 0,01$). At the same time larvae size did not differ with the broodstock size ($p > 0,1$); the mean height of the glochidia were ~186 µm. Density of the glochidia were $30 \pm 6 \text{ mm}^{-2}$. The opening closing movement of the glochidial valves was observed; the fastest frequency was recorded as 1.2 sec^{-1} and larvae were able to keep this frequency up to 15 seconds. But this frequency was recorded as less than 1 movement per minute for many cases with live glochidia. After releasing, glochidia were found only at the gills of *Andinoacara* sp. among 3 different fish species.

Keywords: *Unio terminalis*, freshwater mussel, glochidia, Çine Stream

GİRİŞ

Makro bentik organizmalar tatlı su ekosistemlerinin yapısında önemli bir yer tutar; tatlı su midyeleri suyu süzerek beslenmeleri sebebi ile bulundukları ortamdaki suyun doğal olarak arıtılması işlevinde görev alır ve bu sayede ortamın ekolojik dengesi üzerine belirleyici bir rol oynarlar (Ostrovsky vd., 1993; Welker ve Walz, 1998; Soto ve Mena, 1999; Weber, 2005). Örneğin Unionidae (Fleming, 1828) ailesi mensubu tatlı su midyeleri suyu filtre ederek, fitoplankton miktarını önemli ölçüde düşürürler, fosforu su sütunundan uzaklaştırırlar, bu sayede bulundukları ortamdaki su kalitesinin iyileşmesinde etkili olurlar (Strayer vd., 1994; Vaughn ve Hakenkamp, 2001). Ekolojik öneminin yanı sıra tatlı su midyeleri balık yetiştiriciliğinde de kullanılabilmektedir. Soto ve Mena (1999) bir salmon çiftliği denemesinde tanklarda balıklarla birlikte bulunan tatlı su midyelerinden *Diplodon chilensis*' in sudaki

klorofil *a* konsantrasyonunu yanısıra toplam fosfor ve amonyum miktarını da önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiş ve kültür ortamının hipertrofikten oligotrofiğe geçiş yaptığını bildirmiştir. Tatlı su midyeleri ticari olarak değerlendirilmeleri üzerine çalışmalar devam etmektedir. Şereflişan (2014) hazırladığı çalışmada tatlı su midyelerinin ticari bir ürün olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve besin kaynağı olarak Avrupa pazarında yer bulabildiklerini ve *Unio terminalis* türünün inci üretiminde nükleus olarak kullanılabileceğini bildirmiştir.

Tatlı su midyelerinin üreme biyolojileri, içerisinde bulundukları ortamın ekolojisi ile yakından ilişkilidir. Bazı tatlı su midyesi türlerinde (genellikle Veneroida mensubu), yumurtalar anaçların marsupium dokusu üzerinde gelişerek direk suya bırakılır (Kornishin ve Glaubrecht, 2003). Diğer birçok türde

ise (Unionoida) yumurtalar gelişerek konak balığa tutunarak yaşayan larvalar halini alırlar (Reichard vd., 2010; Graf, 2013). Bu tip üremede döllenmiş yumurtalar dişi bireylerin solungaçlarında belirli bir gelişim aşamasını tamamlayıp sonraki larval forma (lasidium veya glochidium) ulaştıktan sonra suya bırakılırlar ve konak olarak bir balığın derisine veya solungaçlarına yerleşerek gelişimlerini sürdürürler (Taeubert, 2012). Belirli bir gelişim evresi sonrasında düşerek sedimente yerleşirler. Bu üreme biçimi sebebi ile larval formlar belirli bir süre için balıkların üzerinde yaşamaktadır (Wachtler vd., 2001). Konak balıktan tekrar suya geçtiklerinde kendilerini kuma gömer burada juvenil olarak birkaç yıl (en fazla) geçirdikten sonra erişkin olarak uzun sayılabilecek (onlarca yıla kadar) yaşamlarına devam ederler (Strayer vd., 2004). Bu tip özelleşmiş bir yaşam döngüsünün devamlılığı ortam koşulları gibi dış etmenlere yüksek oranda bağlıdır; ortam şartları, döngünün her bir safhasındaki midyelerin tolerans sınırları içerisinde olmalıdır.

Tatlı su midyeleri genel olarak dünya çapında neslin devamı açısından yüksek risk altındaki gruba dahildir (Lydeard vd., 2004; Geist, 2010). Özellikle Orta Avrupa ve Kuzey Amerika'da insan aktivitelerinin tatlı su sistemlerine etkileri çift kabukluların, korunma altına alınmalarına gerek duyulacak seviyede azalmasına sebep olmuştur (Lydeard vd., 2004; Zettler ve Jueg, 2007; Bogan, 2008; Geist, 2010). Tatlı su midyesi türlerinin nesillerinin devamı veya farklı sahalarda kullanımı için yapılacak çalışmalarda kullanılacak temel verilerin önemli bir kısmı üreme biyolojileri ile ilgili olmaktadır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001; Vaughn, 2012).

Bu çalışmada, Dünya Doğa ve Doğal Kaynakları Koruma Birliği (IUCN) tarafından hazırlanan 2014 yılı raporuna göre popülasyonu düşüş trendinde olan türler arasında bulunan (Lopes-Lima, vd., 2014) *Unio terminalis* (Bourguignat, 1852)'in üreme biyolojisi ile ilgili laboratuvar şartları altında gözlemler yapılmış; elde edilen verilerle bu türün üretilmesi ve bulunduğu ortamdaki ekolojik dengenin işleyişi hakkında yapılacak çalışmalarda kullanılmak üzere kaynak oluşturulması hedeflenmiştir.

MATERYAL VE METOT

Tatlı su midyeleri Çine Çayı'ndan (Aydın), nehir çizgisinden itibaren yaklaşık 1 m su derinliğine kadar olan kum ve milli bölgelerden toplanmıştır. Midyeler, suyun berrak olduğu zamanlarda zemin üzerinde hareket ederken bıraktıkları izler takip edilerek bulunup elle toplanmıştır. Su bulanıklığının fazla olduğu zamanlarda ise toplama işlemi yine 1 m derinliğe kadar olan kum veya milli sedimentin 2 cm açıklıklı tırmık yardımı ile taranması ile yapılmıştır. Toplanan midyeler bir havlu ile hafifçe kurularak kapalı straforlara, kabuklara zarar gelmeyecek şekilde dikkatlice yerleştirilmiştir. Taşıma sırasında straforların kuru kalmasına özen gösterilmiş ve midyelerin 2 saat içerisinde laboratuvara ulaştırılması sağlanmıştır. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Ünitesine getirilen midyeler burada sürekli su akışlı,

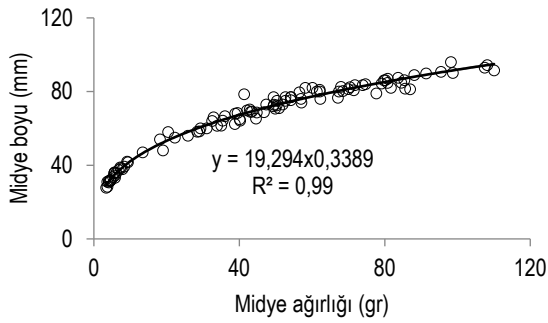
havalandırması olan, 1 ton su kapasiteli kare şeklindeki stok tanklarına en fazla 30 adet m⁻² yoğunlukta olacak şekilde aktarılmıştır. Stok tanklarında su sıcaklığı denemeler süresince 17–21 C° arasında ölçülmüştür. Stok tanklarında en az iki hafta geçiren midyeler Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü Laboratuvarlarına alınmıştır. Laboratuvarlara getirilen midyeler partikül-biyolojik filtre ve havalandırma tertibatlı 120–150 litrelik deneme akvaryumlarına alınmıştır. Laboratuvarlardaki akvaryumların su sıcaklığı, ısıtıcılar (akvaryum tipi, 100 W) veya klima yardımı ile denemeler süresince 21–25 C° arasında tutulmuştur. İlk düzenekte, üç akvaryuma, üreme özelliklerinin gözlenmesi için sadece midyeler konulmuş (midye n=22, toplam=66), balık bulundurulmamıştır. İkinci düzenekte 3 akvaryuma midyelerin (midye n=12, toplam=36) yanı sıra, glochidia' nın konak olarak tutunabilmesi için Cichlidae ailesinden farklı tür balıklar (her bir akvaryumda tek tür balık olacak şekilde) bulundurulmuştur: *Protomelas* sp. (n=10, 8-12 cm), *Labidochromis* sp. (n=10, 8-12 cm) ve *Andinoacara* sp. (n=10, 8-12 cm). Üçüncü düzenekte içerisinde yine *Protomelas* sp., *Labidochromis* sp. ve *Andinoacara* sp. bulunan 3 adet akvaryum (yine aynı boy ve yoğunlukta, her bir akvaryumda tek tür balık olacak şekilde), midyelerin bulunduğu akvaryumlardan elde edilen glochidia eklenmesi için hazır tutulmuştur. Midyeler stok tanklarında ve deneme akvaryumlarında tutulurken besin olarak kurutulmuş alg (*Chlorella* sp. ağırlıklı karma alg) ve maya kültürü suyun kalitesi takip edilerek verilmiştir. Midyelerin ölçümleri: uzunluk, midyenin anterior ve posterior uçları arasındaki mesafe (L, mm); yükseklik, midyenin dorso-ventral hat boyunca bulunan mesafe (H, mm); genişlik, midyenin sağ ve sol kapakları boyunca uzanan en uzun mesafe (Wd, mm) olarak alınmıştır; ağırlık olarak midyelerin canlı ağırlığı kullanılmış, ölçümler 0,001 hassasiyetinde teraziyle yapılmıştır. Elde edilen yumurta örnekleri mikroskop altında incelenmiş ve fotoğrafları çekildikten sonra bilgisayarda ölçümleri yapılmıştır. Tespit edilen larvalardan, larva (ventral ucunda menteşeye indirilen dik doğrunun uzunluğu; Heard (1975)' e göre) ve larval kanca boyu ölçümleri yapılmak için örnek alındıktan sonra balıklara tutunabilmeleri için ortamda bırakılmış veya balık bulunan akvaryum/tanklara alınmıştır. Balıklarda tutunma olup olmadığı, canlı balığın solungaç kapağının hayvana zarar vermeyecek şekilde dikkatlice aralanarak dış solungacın stereo mikroskop veya masa büyüteci ile incelenmesi ile yapılmıştır. Tüm mikroskobik gözlemler Novex RZ serisi zoom stereo mikroskop ve Cmx DC 500 CMOS kamera kullanılarak yapılmıştır. Yumurta ve larvaların biyometrik ölçümleri, sayımları ve hareketleri ile ilgili gözlemler yine bu dijital tertibat kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraflar üzerinden Imagefocus 3.0 programı ile yapılmıştır.

Tatlı su midyelerinin uzunluk, en, yükseklik ve ağırlıkları birbirleri ile doğrusal olmayan regresyonla ilişkilendirilmiştir. Ortalama değerler (±) standart sapma şeklinde verilmiştir. Farklı boylarda dişilerden (60, 66, 68, 71 ve 85 mm, SL) alınan yumurtalarının çaplarının karşılaştırılması tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Yine farklı boylardaki dişilerden alınan larvaların boylarının karşılaştırılması tek yönlü varyans

analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. Glochidia ve glochidial kanca boyu arasındaki ilişki yine regresyonla belirlenmiştir. Parametrik analizlerde analiz öncesi varyansların homojenliği levene testi ile kontrol edilmiştir; homojenlik görülmediği durumda verilerin Ln transformasyonu yapılmıştır.

BULGULAR

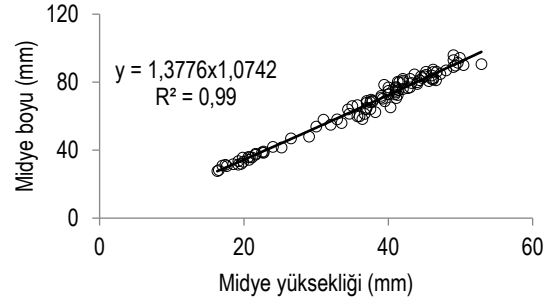
Midyelerin toplandığı bölgede su seviyesinin üzerinde her boyda ve çok miktarda ölü tatlı su midyesi kabuğu bulunmuştur. Toplanan midyelerin boyları 27,8–96 mm, yükseklikleri 16,3–52,9 mm, enleri 10,5–34,9 mm ve canlı ağırlıkları 3,34–110,03 gr. arasında ölçülmüştür; boyut ve ağırlıklar birbirleri ile yüksek düzeyde ilişkili bulunmuştur (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Midye boy ve canlı ağırlık ilişkileri. Midye boy (L mm), Ağırlık (W gr); $L = 19,29W^{0,339}$ ($R^2 = 0,99$; $p < 0,001$)

Figure 1. Mussel length and live weight relationships. Mussel length (L mm), Weight (W gr); $L = 19,29W^{0,338}$ ($R^2 = 0,99$; $p < 0,001$)

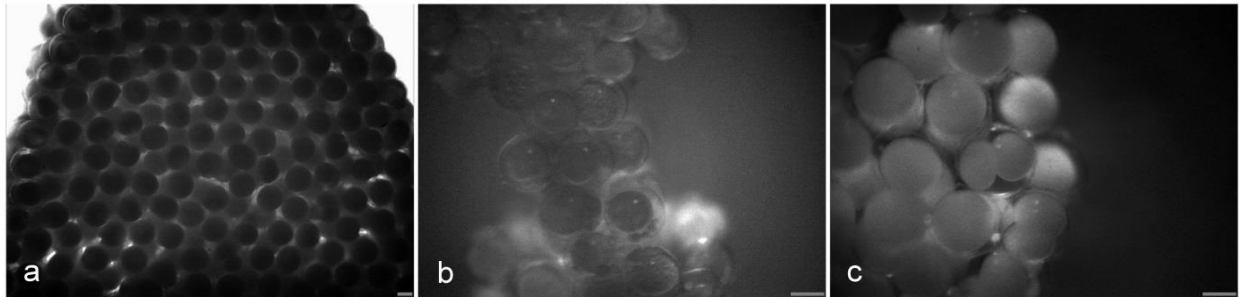
Farklı tarihlerde stok tanklarına ve daha sonra akvaryumlara alınan midyelerde hiçbir zaman ilk 1 aylık süre içerisinde ölüme rastlanmamıştır. Toplamda 9 grup anaç toplanmıştır ve bu gruplardan 5 tanesinde yumurta paketi bırakımı gözlenmiştir.



Şekil 2. Midye boy ve yükseklik ilişkileri. Midye boy (L mm), yükseklik (H mm); $L = 1,378H^{1,074}$ ($R^2 = 0,99$; $p < 0,001$)

Figure 2. Mussel length and height relations. Mussel length (L mm), height (H mm); $L = 1,377H^{1,074}$ ($R^2 = 0,99$; $p < 0,001$)

Birinci yumurta paketi atımı Mayıs ayında toplanan midyelerin deneme akvaryumlarına (stok tanklarında/akvaryumlarında geçirilen süre sonrasında) alınmasını takip eden gün gerçekleşmiştir. Yumurta içeren paketlerin genel olarak krem, açık sarı veya sarı renkli olduğu görülmüştür. İkinci yumurta paketi atımı yine Mayıs ayında ilk yumurta paketi atımından 1 hafta sonra gerçekleşmiştir. Bu iki yumurta paketi atımında glochidia tespit edilmemiştir (Şekil 3a). Üç, dört ve beşinci yumurta paketi atımları Ekim ayında toplanan midyelerde görülmüştür. Üçüncü yumurta paketi atımı Kasım ayının başında görülmüş (Şekil 3b, 3c, 4a). Dördüncü yumurta paketi atımı yine Kasım ayı başında içinde balık (*Andinoacara* sp.) bulunan akvaryumda, beşinci ise Kasım ayı ortasında balıksız akvaryumda gerçekleşmiştir. Dördüncü yumurta paketi atımında glochidia ile beraber nadir olarak yumurtalar tespit edilirken (Şekil 4b) beşinci yumurta paketi atımında sadece glochidia gözlenmiştir (Şekil 4c).



Şekil 3. *U. terminalis* tarafından bırakılmış yumurtalar (a) yumurta paketi ve yapışkan yapısı sayesinde bir arada bulunan yumurtalar, (b) bölünmenin başlangıcı (c) bölünme (skala=100 µm)

Figure 3. Eggs laid by *U. terminalis*; (a) slightly formed eggs due to packing and adhesive structure (b) starting of cleavage (c) cleavage (scale bar=100 µm)

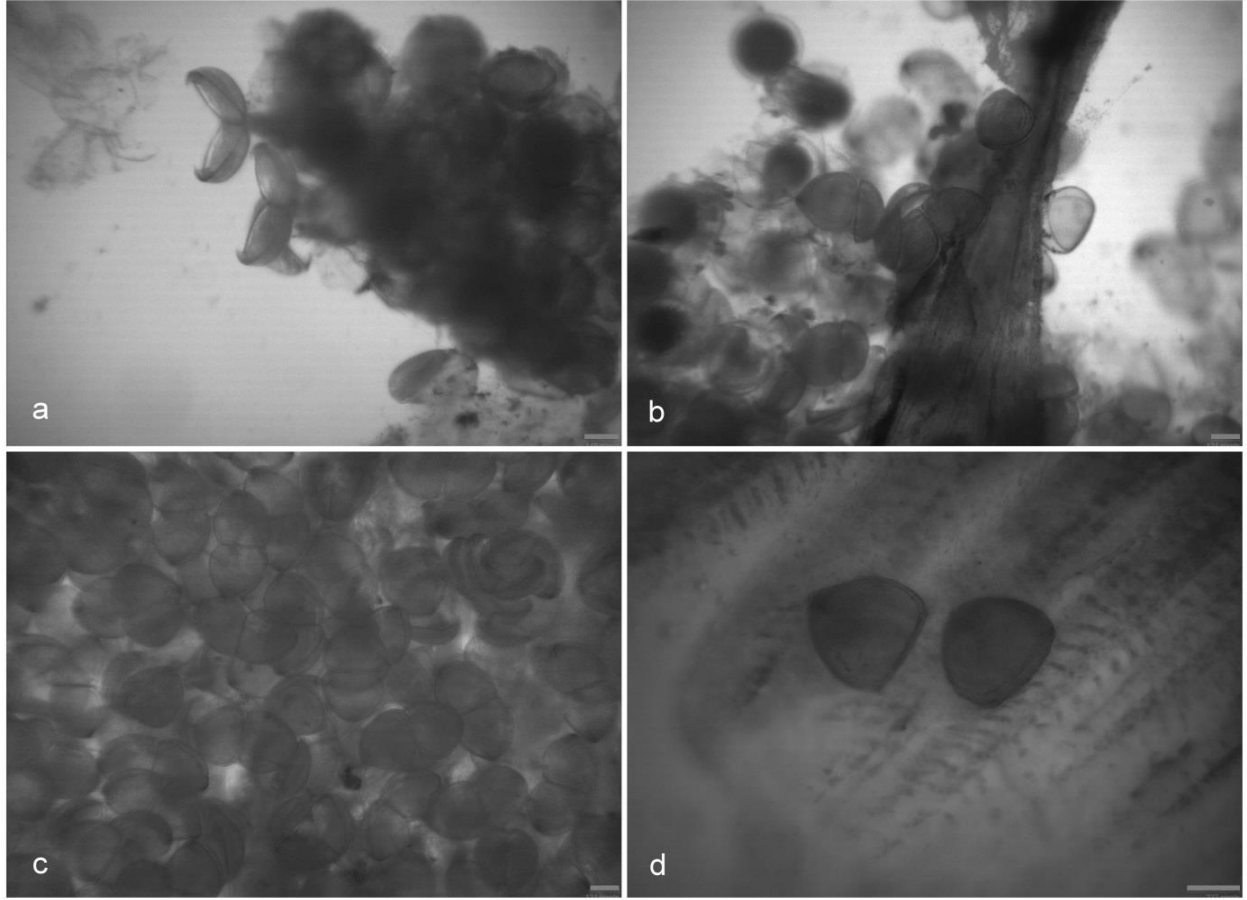
İçinde balık bulunan akvaryumda (*Andinoacara* sp., dördüncü yumurta paketi atımında) larvaların balık solungacına tutunması gözlenmiştir (Şekil 4d). Bunun yanı sıra balık

bulunmayan akvaryumdan elde edilen larvalar, *Andinoacara* cinsi balık bulunan diğer bir akvaryumun suyuna karıştırılmış ve balıkların solungaçlarında larvaların tutunması gözlenmiştir.

İçinde *Protomelas*. ve *Labidochromis* cinsi balık bulunan akvaryumlara da aynı şekilde larvalar verilmiştir fakat tutunma gözlenmemiştir. Glochidia, balıkların (*Andinoacara* sp.) solungaçlarında en fazla 3 hafta süre boyunca görülmüştür. Balıklarda solungaçlar dışında herhangi bir dokuda larva gözlenmemiştir.

Farklı yumurta paketlerinden alınan örneklerin sayılması sonucu yumurta paketlerinin 1 mm²' si içerisinde 39±8 (n=20)

adet yumurta olduğu belirlenmiştir (Şekil 3a). Denemeler boyunca elde edilen yumurtaların ölçümü sonucu ortalama yumurta çapı 226±11 (n=419) µm olarak bulunmuştur. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda farklı dişilere ait yumurta çaplarının farklı olduğu görülmüştür (ANOVA; *df*=4, *F*=5,03, *P*=0,001); fakat Tukey testi ile yapılan belirlemede bu farklılığın sadece 1 dişi için görüldüğü saptanmıştır. Buna ek olarak yumurta çapı ve dişi midye boyu arasında yapılan regresyon analizinde ilişki bulunmamıştır (*R*²<0,1).



Şekil 4. *U. terminalis* tarafından bırakılmış glochidia; (a) Tamamen gelişmiş larvalar yumurta paketinin yapışkan yapısından henüz ayrılır vaziyette, (b) glochidia yumurta paketindeki yapılara tutunmuş halde ve henüz bölünmemiş yumurtalar, (c) tamamen gelişmiş glochidia (d) solungaç filamentlerine tutunmuş larvalar (skala=100 µm).

Figure 4. Glochidia laid by *U. terminalis*; (a) separation of fully developed glochidia from the adhesive structure, (b) glochidia that attached to the adhesive structures and eggs; (c) fully developed glochidia (d) larvae attached to gill filaments (scale bars=100 µm).

Yumurta paketlerinin 1 mm²' si içerisinde 30±6 (n=20) adet glochidia olduğu belirlenmiştir (Şekil 4d). Glochidia ortalama boyu 186±14 µm (n=85) olarak tespit edilmiştir. Farklı dişilerden alınan larvalar arasında büyüklük farkı bulunmamıştır (ANOVA; *df*=3, *F*=1,68, *P*>0,1). Glochidia kanca boyu 35±2 (n=44) µm olarak ölçülmüştür, kanca boyu ile glochidia boyu arasında zayıf ilişki belirlenmiştir (*R*²=0,19; *p* <0,01). Glochidia' nın kapak hareketlerinin gözlenmesi sonucu larvaların en hızlı 1,2 sn⁻¹ frekansında kapaklarını açıp kapattıkları ve bu hızı 15 sn boyunca koruyabildikleri

görülmüştür. Bunun dışında birçok larvanın 1 dk⁻¹ frekansından daha düşük sıklıkta kapak açma kapama hareketi yaptığı tespit edilmiştir. Larvaların kapak hareketleri yine su içerisinde olsa bile bulundukları ortamdaki çıkarıldıktan sonra genel olarak yavaşlama eğiliminde olduğu görülmüştür.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Çek ve Şereflisan (2006) yaptıkları histolojik incelemeler sonucu Gölbaşı Gölü (Hatay)' nde *U. terminalis* için gametogenezin kış aylarında başladığını bildirmiş ve döl

atımının yaz ile sonbahar başlangıcı arasında gerçekleştiğini hesaplamışlardır. Bu çalışma için toplanan bireylerin Mayıs ve Kasım aylarında yumurta paketi bıraktığı ve mayıs ayında bırakılan paketlerin henüz gelişmemiş yumurtalar içerdiği düşünüldüğünde, *U. terminalis*' in Çine Çayı' nda da benzer bir üreme döngüsünde olduğu söylenebilir.

Yavru miktarı genel olarak canlının üreme moduna bağlıdır (Pechenik, 1979) ve parazitik larval yaşam safhasına sahip hayvanlar için yüksek miktarda yavru sıklıkla görülür (Watters, 2001). Unionid tatlı su midyelerinin larvaları küçüktür (göreceli olarak) ve bu durum çok sayıda yavru üreten canlılar için olağandır; hali hazırda üreme safhalarındaki enerji döngüsü hem büyük hem de çok sayıda yumurta /larvaya izin vermez (Smith ve Fretwell, 1974; Bauer, 1994). Yine de genel olarak larva sayısı, anaç yaşı ve büyüklüğüne de bağlıdır buna ek olarak sıcaklık ve anacın beslenmesi de larva sayısı için belirleyicidir (Hendry ve Day, 2003). *Unio pictorum* ve *Unio tumidus* üzerine yapılan bir çalışmada bırakılan larva miktarları ile ilgili olarak Aldridge ve McIvor (2003) glochidia' nın ip şeklinde teker teker dizili bir şekilde santimetre başına 50–60 adet olarak tespit etmişlerdir. Çalışmamızda larvaların formasyonları ip şeklinde diziliden çok, katlı kümeler halinde olduğu şeklinde tarif edilebilir; mm² başına 30 (Şekil 4c) larva tespit edilmiştir. Bu miktar *U. pictorum* ve *U. tumidus* ile gözlenen miktardan çok daha fazladır. İki çalışma arasındaki farklılıklar muhtemelen tür farklılıklarından kaynaklanmaktadır.

Genel olarak Unionidae ailesi mensubu tatlı su midyesi türleri iki farklı tipte glochidia üretirler. Birinci tip larva dişinin marsupium kesesinde sonbahardan ilkbahara kadar tutulur ve bu süre sonunda bırakılır. Bazı türlerinde (örneğin, *Anodonta gibbosa*) görülen bu tip üremede larvalar büyük (~390µm), üçgen şeklini kazanmış ve iyi gelişmiş olurlar (Heard, 1975). Örneğin, *Margaritifera margaritifera* diş marsupium kesesinde 1 aydan kısa süreli bir gelişme evresi sonucu oluşan küçük larva (~80µm) yuvarlak şekilli ve tam gelişmemiş haldedir (Wachtler vd., 2001). *U. terminalis* için ise orta büyüklükte (~185 µm) ve iyi gelişmiş glochidia rapor etmiştir (Şerefişan vd., 2009). Çalışmamızda gözlenen glochidia' nın ortalama 186 µm ölçüldüğü düşünüldüğünde sonuçlar birbirleri ile tutarlıdır. Ayrıca denemelerde gözlenen glochidia' nın yapışkan paketlerde iken tamamen gelişmiş ve tutunmaya hazır durumda olması (Şekil 4b, 4c) yine önceki literatür ile bu çalışmanın sonuçları arasında benzerlik olduğunu ortaya koymaktadır.

Çalışmamızda dişilerden döl almak için yapay yollara gereksinim duyulmamıştır (termik şok, mekanik şok veya kimyasal şok vb.). Fakat içinde sadece yumurtaların olduğu (henüz larval aşamaya geçilmemiş) paketlerin atımını tetikleyen sebep, istenmeden yaratılmış termik veya mekanik şok etkisi olabilir. Özellikle ilk yumurta kesesi bırakımı, midyelerin transferi sonrası gerçekleşmiştir ve muhtemelen midyeler sıcaklık şokuna maruz kalıp döl bırakmışlardır. Diğer “sadece yumurta içeren yumurta paketi” bırakımları için ise

dikkatli hareket edilmesi ve sıcaklık kontrolü bulunmasına rağmen deneme düzeneğinde istenmeden ve fark edilmeden yaratılmış bir şok etkisinin sonucu olabilir.

Hochwald ve Bauer (1990) *Unio crassus* üzerine yaptığı gözlemlerde, bırakılan yumurtaların yaklaşık olarak %10' unun gelişmediğini bildirmiştir ve bu durumu spermlerin yeterli konsantrasyonda yumurtalara ulaşamamasına bağlamıştır. Her ne kadar bazı örneklerde %10' dan fazla miktarda gelişmemiş yumurtaya rastlansada bu çalışma için de benzer bir yorum yapılabilir. Çalışmamızda bazı diş tatlı su midyelerinin bıraktıkları yumurta paketleri tamamen aynı evredeki yumurta veya larvadan oluşurken (Şekil 3a, 4c) bazı dişilerin yumurta paketlerinde farklı evrelerin bir arada yaşandığı görülmüştür (Şekil 4a, 4b). Bu gözlem kısmen Hochwald ve Bauer (1990)' in yaptığı yorumla açıklanabilir. Fakat bazı örneklerde larvalar yanında bölünmenin başladığı yumurtalarda gözlenmiştir. Eğer bu durum tamamen sperm konsantrasyonunun yetersiz olmasına bağlı olsaydı döllenme olmayacağı için bölünmenin gözlenmemesi gerekirdi. Aynı kapsül içerisinde hem yumurta safhası hem bölünme ve kutup cisimciği oluşumunun başladığı safha hem de larval safhaya ait bireylerin bir arada bulunması durumunu açıklayabilmek için dağılımsal polimorfizm (dispersal polymorphism) kavramı kullanılabilir. Bu üreme taktiğinde diş farklı safhadaki bireyleri bir arada tutarak elverişli olmayan ortam koşullarına karşı farklı alternatifler geliştirmesi şeklinde olmaktadır (Chester, 1996; Krug, 1998). Tatlı su midyelerinde görülen ve konak içeren özelleşmiş yaşam döngülerinin devamlılığının diş etmenlere yüksek oranda bağlı olduğu düşünüldüğünde (ortam şartları, döngünün her bir safhasındaki midyelerin tolerans sınırları içerisinde olmalıdır (Vaughn ve Hakenkamp, 2001), tatlı su midyelerinde dağılımsal polimorfizm görülmesi mantık dışı değildir. Fakat burada farklı tip yumurta üretme durumu söz konusu değildir; aynı tip yumurtadan oluşan farklı safhalardaki bireyler söz konusudur (Güler ve Lök, 2014). Denemelerde yumurta paketlerinde gözlenen farklı safhalardaki bireylerin bir arada bulunma durumu ile ilgili olarak yapılabilecek diğer bir açıklama ise dişilerin stres altında olması olabilir. Tatlı su midyelerinin yumurta paketlerinin stres altındaki oluşum dinamikleri ile ilgili bir çalışma bulunmadığı için bu konu ile ilgili yorum yapmak güç olabilir. Fakat diğer yumuşakça türlerinden edinilen bilgilere göre, dağılımsal polimorfizm, dişinin stres etkenlerine verdiği bir tepki olarak da meydana gelebilir (Krug, 1998).

Kancalı glochidia' nın konak balıkta solungaçlar, deri ve balığın operkular açıklıklarına tutunabildiği bilinmektedir (Wachtler vd., 2001). Çalışmamızda gözlenebildiği kadarı ile balıklara tutunan glochidia solungaçlarda bulunmuş ve hiçbir balığın derisinde veya operkular açıklığında glochidia bulunmamıştır. *U. terminalis* kancalı tip glochidia üretmesine rağmen bu gözlem olağan dışı değildir, benzer çalışmalarda *U. terminalis*' in ürettiği larvaların solungaç dışında nadiren diğer bölgelere tutunduğu belirtilmiştir (Engel, 1990).

Genel olarak glochidium' ların kapak açma hareketlerinin ortamdaki kokulara bağlı olarak yapıldığı ve/veya hızlandırıldığı görüşü hakimdir (Wood, 1974). Bazı araştırmacılar hareketlerin

glochidia' nın bulunduğu ortamda konak hayvana ait kan, mukus veya dokunun mevcudiyetine bağlı olarak hızlandığını bildirmişlerdir (Henley ve Neves, 2001). Bu çalışmanın denemelerinde glochidia, konağa ait hiçbir doku, kan veya mukus örneği bulunmayan sadece su ve yumurta paketi parçalarının bulunduğu ortamda gözlenmiş ve buna rağmen bazı bireylerde yoğun kapak hareketi tespit edilmiştir. Bu durum larvaların kapak hareketlerinin kendi konakları veya bir başka hayvana ait kokunun bulunmadığı ortamlarda da gözlenebileceğinin bir göstergesidir. Ayrıca bu çalışmada *U. terminalis*' in doğal ortamında bulunan konak balıklardan farklı bir tür balığa (*Andinoacara* sp.) tutunabildiği tespit edilmiştir. Tatlı su midyesi larvaları kendi türlerine bağlı olarak geniş veya dar bir çeşitlilikte balık türünü konak olarak kullanabilir. Örneğin küçük ve kancasız yapıda olan *Margaritifera margaritifera* larvaları sadece salmonidlerde gelişirken (Wachtler vd., 2001), *U. crassus*' un farklı ailelerden balık türlerini konak olarak kullanabildiği rapor edilmiştir (Taeubert vd., 2012); bu durum genel olarak larvanın kancalı ve göreceli olarak büyük olması ile açıklanmaktadır (Wachtler vd., 2001).

U. terminalis' i de içine alan birçok tatlı su midyeleri zorunlu parazitik hayat evresine sahiptir. Eğer yaşamlarının bu evresinde uygun bir konak bulamazlarsa üreyemez ve nesillerinin sürekliliğini sağlayamazlar (Zimmerman ve Neves, 2002; Reichard vd., 2010). Çalışmada aynı istasyonun birbirine yakın bölgelerinde farklı zamanlarda birbirlerinden oldukça farklı miktarlarda tatlı su midyesine rastlanmıştır. Bu durum bölgedeki tatlı su midyesi popülasyonunun stabil kalamadığı

şeklinde yorumlanabilir ve tatlı su midyesinin konak olarak kullandığı balıkların bölgedeki güncel popülasyon durumu ile ilişkilendirilerek yapılacak çalışmalarla ortaya konulabilir. Ayrıca tatlı midyelerinin genel olarak ortam koşulları değişikliklerine ve kirliliğe karşı hassas canlılar olmaları (Lydeard vd., 2004; Ercan vd., 2013; Ercan ve Tarkan, 2014) sebebi ile bölgenin su kalitesi midye popülasyonunun devamlılığı bakımından önemlidir. Çalışma süresince su seviyesinin üzerinde çok miktarda ölü tatlı su midyesi kabuğu bulunmuştur. Çine Çayı üzerine kurulu Adnan Menderes Barajı' nın su salımına bağlı olarak Çine Çayının seviyesi yıl içerisinde artıp azalmaktadır. Bunun sonucu olarak çayın özellikle geniş havzalı sığ bölümlerinde yıl içerisinde bir mevsim boyunca adacıklar oluşmaktadır. Muhtemelen tatlı su midyeleri ani su seviyesi farklılıklarında sığ bölgelerden derin bölgelerde geçiş yapamamakta ve su seviyesinin üzerinde kalarak ölmektedir.

TEŞEKKÜR

Tür tayini ile ilgili yardımlarından dolayı Manuel Lopes-Lima'ya teşekkürlerimizi sunuyoruz. Sağladıkları tesis ve laboratuvar ekipmanları için Kılıç Deniz Ürünleri A.Ş.' ne, arazi çalışmalarındaki yardımları için Biyolog Yusuf Öztürk' e ve çalışmanın her aşamasında verdikleri destek için ADÜ Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü öğrencilerine teşekkür ederiz. Bu çalışma Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (ZRF-14012) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Aldridge, D. C., & McIvor, A. L. (2003). Gill evacuation and release of glochidia by *Unio pictorum* and *Unio tumidus* (bivalvia: Unionidae) under thermal and hypoxic stress. *Journal of Molluscan Studies*, 69, no. (1): 55-59. doi: 10.1093/mollus/69.1.55
- Bauer, G. (1994). The Adaptive Value of Offspring Size among Freshwater Mussels (Bivalvia: Unionidae). *Journal of Animal Ecology*, 63: 933-944. doi: 10.2307/5270
- Bogan, A.E. (2008). Global diversity of freshwater mussels (Mollusca: Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 139-147. doi: 10.1007/s10750-007-9011-7
- Chester, C.M. (1996). The effect of adult nutrition on the reproduction and development of the estuarine nudibranch, *Tenellia adspersa* (Nordmann, 1845). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 198: 113-130. doi: 10.1016/0022-0981(95)00197-2
- Çek, Ş., & Şereflisan, H. (2006). Certain reproductive characteristics of the freshwater mussel *Unio terminalis delicatus* (Lea, 1863) in Gölbaşı lake, Turkey. *Aquaculture Research*, 37(13), 1305-1315. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01563.x
- Engel, H. (1990). *Untersuchungen zur Autökologie von Unio crassus in Nord deutschland*. Dissertation, Universität Hannover. Thesis (doctoral)-Universität Hannover, 1990.
- Ercan, E., Gaygusuz, Ö., Tarkan, A. S., Reichard, M., & Smith, C. (2013). The ecology of freshwater bivalves in the lake sapanca basin, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 37(6): 730-738. doi:10.3906/zoo-1212-23
- Ercan, E., & Tarkan, A.S. (2014). Effect of Salinity on the Growth and Survival of the Freshwater Mussel, *Unio crassus*, in an Environmentally Disturbed River. *Pakistan Journal of Zoology*, vol. 46(5): 1399-1406.
- Geist, J. (2010). Strategies for the conservation of endangered freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.): a synthesis of conservation genetics and ecology. *Hydrobiologia*, 664: 69-88. doi: 10.1007/s10750-010-0190-2
- Graf, D. L. (2013). Patterns of Freshwater Bivalve Global Diversity and the State of Phylogenetic Studies on the Unionoida, Sphaeriidae, and Cyrenidae. *American Malacological Bulletin*, 31: 135-153. doi: 10.4003/006.031.0106
- Güler, M., & Lök, A. (2014). Embryonic development and intracapsular feeding in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda: Muricidae). *Marine Ecology*, 35: 193-203. doi:10.1111/maec.12066
- Heard, W. L. (1975). Sexuality and other aspects of reproduction in Anodonta (Pelecypoda: Unionidae). *Malacologia*, 15 (1):81-103.
- Hendry, A., & Day T. (2003). Revisiting the positive correlation between female size and egg size. *Evolutionary Ecology Research*, 5: 421-429.
- Henley, W. F., & Neves, R. J. (2001). Behavioral responses of glochidia of freshwater mussels (bivalvia: Unionidae) to chemical cues of fish. *American Malacological Bulletin*, 16(1-2), 131-135.
- Hochwald, S. & Bauer, G. (1990). Untersuchungen zur Populations ökologie und Fortpflanzungs biologie der Bachmuschel *Unio crassus* (PHIL.) 1788. Schriftenreihe Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Heft 97: 31-49; München.
- Kornushin, A. V., & Glaubrecht, M. (2003). Novel reproductive modes in freshwater clams: brooding and larval morphology in Southeast Asian taxa of Corbicula (Mollusca, Bivalvia, Corbiculidae). *Acta Zoologica*, 84: 291-315. doi: 10.1046/j.1463-6395.2003.00150.x

- Krug, P.J. (1998). Poecilogony in an estuarine opisthobranch: planktotrophy, lecithotrophy, and mixed clutches in a population of the ascoglossan *Alderia modesta*. *Marine Biology*, 132: 483–494. doi: 10.1007/s002270050414
- Lamand, F., Roche, K., & Beisel, J. N. (2016). Glochidial infestation by the endangered mollusc *Unio crassus* in rivers of north-eastern France: *Phoxinus phoxinus* and *Cottus gobio* as primary fish hosts. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26: 445–455. doi: 10.1002/aqc.2603
- Lopes-Lima, M. & Seddon, M.B. (2014). *Unio terminalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T164866A42466771. doi: 10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T164866A42466771.en
- Lundberg, S. & Österling, M. (2016). Return of the Thick-shelled River Mussel – Restoring floodplains, habitats and connectivity by using mussels and brains. *Handbook, UC4LIFE Project*, Skåne County Administrative Board.
- Lydeard, C., Cowie, R. H., Ponder, W. F., Bogan, A. E., Bouchet, P., Clark, S. A., Cummings, K.S., Frest, T.J., Gargominy, O., Herbert, D.G., Hershler, R., Perez, K.E., Roth, B., Seddon, M., Strong, E.E. & Thompson, F. G. (2004). The global decline of nonmarine mollusks. *Bioscience*, 54(4): 321–330. doi: 10.1641/0006-3568(2004)054[0321:TGDONM]2.0.CO;2
- Ostrovsky, I., Gophen, M., & Kalikhman, I. (1993). Distribution, growth, production, and ecological significance of the clam *Unio terminalis* in Lake Kinneret, Israel. *Hydrobiologia*, 271: 49–63. doi: 10.1007/BF00005695
- Pechenik, J.A. (1979). Role of encapsulation in invertebrate life histories. *American Naturalist*, 114: 859–870
- Reichard, M. Polačik, M., Tarkan, A.S., Spence, R., Gaygusuz, Ö., Ercan, E., Ondračková, M. & Smith, C. (2010). The bitterling-mussel coevolutionary relationship in areas of recent and ancient sympatry. *Evolution*, 64(10): 3047–3056. doi: 10.1111/j.1558-5646.2010.01032.x
- Smith, C., & Fretwell, S. (1974). The optimal balance between size and number of offspring. *American Naturalist*, 108: 499–506.
- Soto, D. & Mena, G. (1999). Filter feeding by the freshwater mussel, *Diplodon chilensis*, as a biocontrol of salmon farming eutrophication. *Aquaculture*, 171: 65–81. doi: 10.1016/S0044-8486(98)00420-7
- Strayer, D. L., Hunter, D. C., Smith, L. C., & Borg, C. K. (1994). Distribution, abundance, and roles of freshwater clams (Bivalvia, Unionidae) in the freshwater tidal Hudson River. *Freshwater Biology*, 31: 239–248. doi: 10.1111/j.1365-2427.1994.tb00858.x
- Strayer, D.L., Downing, J.A., Haag, W.R., King, T.L., Layzer, J.B., Newton, T.J., & Nichols, S.J. (2004). Changing Perspectives on Pearly Mussels, North America's Most Imperiled Animals. *BioScience*, 54: 429–439. doi: 10.1641/0006-3568(2004)054[0429:CPOPMN]2.0.CO;2
- Şereflişan, H., Menderes, S., & Soyulu, S. (2009). Description of glochidia of three species of freshwater mussels (unionidae) from southeastern Turkey. *Malacologia*, 51 doi:10.4002/040.051.0112
- Şereflişan, H. (2014). Investigation on Economical Characteristics of Freshwater Mussels in Gölbaşı Lake (Hatay). *Yunus Araştırma Bülteni*, 2014 (3), 43–49. doi: 10.17693/yunusae.v2014i21953.235714
- Taeubert, J., Martinez, A. M. P., Gum, B., & Geist, J. (2012). The relationship between endangered thick-shelled river mussel (*Unio crassus*) and its host fishes. *Biological Conservation*, 155, 94–103. doi:10.1016/j.biocon.2012.06.005
- Vaughn, C. C. (2012). Life history traits and abundance can predict local colonization and extinction rates of freshwater mussels. *Freshwater Biology*, 57: 982–992. doi: 10.1111/j.1365-2427.2012.02759.x
- Vaughn, C. C., & Hakenkamp, C. C. (2001). The functional role of burrowing bivalves in freshwater ecosystems. *Freshwater Biology*, 46: 1431–1446. doi: 10.1046/j.1365-2427.2001.00771.x
- Wachtler, K., Dreher-Mansur, M. C. & Richter, T. (2001). Larval types and early postlarval biology in naiads (Unionoida). In Bauer, G. & K. Wachtler (eds), *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg: 93–125.
- Watters, G. (2001). The Evolution of the Unionacea in North America, and Its Implications for the Worldwide Fauna - In: Bauer, G. and Wächtler K. (eds.), *Ecology and Evolution of the Freshwater Mussels Unionoida*. Springer-Verlag, Berlin, pp. 281–307.
- Weber, E. (2005). Population size and structure of three mussel species (Bivalvia: Unionidae) in a northeastern German river with special regard to influences of environmental factors. *Hydrobiologia*, 537, 169–183. doi: 10.1007/s10750-004-2839-1
- Welker, M., & Walz, N. (1998). Can mussels control the plankton in rivers? A planktological approach applying a Lagrangian sampling strategy. *Limnology and Oceanography*, 43: 753–762. doi: 10.4319/lo.1998.43.5.0753
- Wood, E. M. (1974). Some mechanisms involved in host recognition and attachment of the glochidium larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca: Bivalvia). *Journal of Zoology*, 173: 15–30. doi: 10.1111/j.1469-7998.1974.tb01744.x
- Zettler, M. L., & Jueg, U. (2007). The situation of the freshwater mussel *Unio crassus* (Philipsson 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca*, 25: 165–174.
- Zimmerman, L., & Neves, R. J. (2002). Effects of temperature on duration of viability for glochidia of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). *American Malacological Bulletin*, 17: 31–35.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı göllerin zooplankton kompozisyonu üzerine bir ön araştırma

A preliminary study on the zooplankton composition of some lakes in the Western Black Sea Region (Turkey)

Didem Özdemir Mis • Cem Aygen • M. Ruşen Ustaoglu*  • Süleyman Balık • Hasan M. Sari

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, İçsular Biyolojisi Anabilim Dalı 35100 Bornova, İzmir, Türkiye
* Corresponding author: m.rusen.ustaoglu@ege.edu.tr

Received date: 07.04.2017

Accepted date: 14.06.2017

How to cite this paper:

Özdemir Mis, D., Aygen, C., Ustaoglu, M.R., Balık, S. & Sari, H.M. (2017). A preliminary study on the zooplankton composition of some lakes in the Western Black Sea Region (Turkey). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 311-320. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.10

Öz: Batı Karadeniz Bölgesi'nde bulunan on üç gölün (Poyrazlar Gölü, Küçük Akgöl, Taşkısığı Gölü, Büyük Akgöl, Acarlar Gölü, Melen Gölü, Yeniçağa Gölü, Abant Gölü, Gölcük Gölü, Karamurat Gölü, Sülüklü Göl, Çubuk Gölü, Sünnet Gölü) zooplankton faunası incelenmiştir. Her gölde 2002 ve 2003 yazında iki plankton örnekleme yapılmıştır. Çalışma sonucunda rotiferlerden 69, kladoserlerden 25 ve kopepodlardan 13 olmak üzere toplam 107 takson saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Rotifera, Cladocera, Copepoda, Fauna, Batı Karadeniz Bölgesi

Abstract: The zooplankton fauna of thirteen lakes (Lake Poyrazlar, Lake Küçük Akgöl, Lake Taşkısığı, Lake Büyük Akgöl, Lake Acarlar, Lake Melen, Lake Yeniçağa, Lake Abant, Lake Gölcük, Lake Karamurat, Lake Sülüklü, Lake Çubuk, Lake Sünnet) in Western Black Sea Region was studied. Two zooplankton samples were made during summer period 2002 and 2003 for each lake. At the end of the study, totally 107 taxa were determined; of them 69 belong to Rotifera, 25 belong to Cladocera and 13 belong to Copepoda.

Keywords: Rotifera, Cladocera, Copepoda, Fauna, Western Black Sea Region

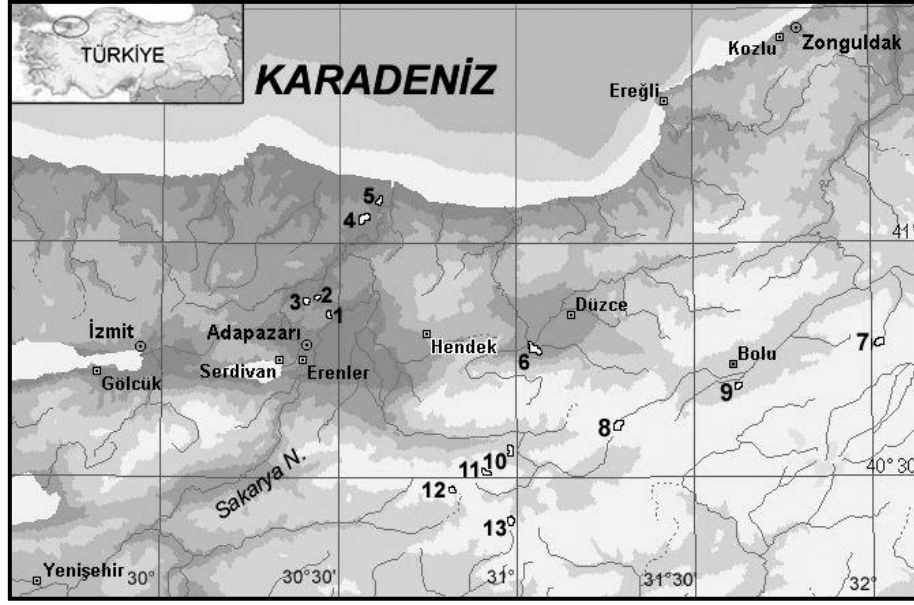
GİRİŞ

Batı Karadeniz Bölgesi ve Sakarya Nehri'nin havzasında irili ufaklı çok sayıda göl bulunmaktadır. Bu göllerin zooplanktonu üzerine yapılmış çalışmalar oldukça sınırlıdır. Zooplankton faunası üzerine çalışma yaptığımız on üç gölden; Poyrazlar Gölü kopepod ve rotiferleri (Gündüz, 1998; Ergönül vd., 2016), Taşkısığı Gölü ve Büyük Akgöl rotiferleri (Ergönül vd., 2016), Yeniçağa Gölü kladoser, kopepod ve rotiferleri (Saygı Başbuğ, 2005; Altındağ vd., 2009; Saygı Başbuğ ve Yiğit, 2005; Akıncı, 2000), Abant Gölü kladoser, kopepod ve rotiferleri (Margaritora ve Cottarelli, 1970; Gündüz, 1997; Altındağ, 1999; Altındağ ve Yiğit, 2001a,b), Gölcük Gölü kladoser ve rotiferleri (Emir, 1991; Gündüz, 1997), Karamurat ve Sülüklügöl kladoserleri (Gündüz, 1997), Sünnet Gölü kladoser, kopepod ve rotiferleri (Deveci vd., 2011) üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Yapılan bu çalışma ile söz konusu bölgede bulunan bazı göllerin zooplankton faunası saptanarak Ülkemiz içsular biyoçeşitliliğine katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Batı Karadeniz bölgesi ve Sakarya Nehri havzasında yer alan on üç gölün (Şekil 1) zooplankton faunasını belirlemek amacıyla 12-16 Ağustos 2002 ve 23-27 Haziran 2003 tarihlerinde iki örnekleme çalışması yapılmıştır.

Örnekleme yapılan göllerin bazı temel özellikleri Tablo 1 de, fiziko-kimyasal özellikleri ise Tablo 2 ve 3 de verilmiştir. Fiziko-kimyasal ölçümlerde; sıcaklık, tuzluluk ve iletkenlik değerleri YSI 30 model SCT metre, pH WTW pH 330 model pH metre, çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu WTW Oxi 330 model oksijenmetre ve ışık geçirgenliği ise 30 cm Ø Secchi disk kullanılmıştır.



Şekil 1. Örnekleme yapılan göller ve coğrafik konumları (1-Poyrazlar Gölü, 2-Küçük Akgöl, 3-Taşkışığı Gölü, 4-Büyük Akgöl, 5-Acarlar Gölü, 6-Melen Gölü, 7-Yeniçağa Gölü, 8-Abant Gölü, 9-Gölcük Gölü, 10-Karamurat Gölü, 11-Sülüklügöl, 12-Çubuk Gölü, 13-Sünnet Gölü)

Figure 1. Sampling lakes and geographic coordination (1-Lake Poyrazlar, 2-Lake Küçük Akgöl, 3-Lake Taşkışığı, 4-Lake Büyük Akgöl, 5-Lake Acarlar, 6-Lake Melen, 7-Lake Yeniçağa, 8-Lake Abant, 9-Lake Gölcük, 10- Lake Karamurat, 11- Lake Sülüklügöl, 12- Lake Çubuk, 13- Lake Sünnet)

Tablo 1. Araştırma yapılan göller ve genel özellikleri
Table 1. Investigated lakes and their general features

İst.	Lokalite	Koordinatlar	Rakım (m a.s.l.)	Alan (km ²)	Orijin	Diğer Adı
1	Poyrazlar Gölü	40° 50' N 30° 27' E	20	0,60	Alüvyon Baraj	Teke Gölü
2	Küçük Akgöl	40° 52' N 30° 26' E	15	0,20	Alüvyon Baraj	Akgöl
3	Taşkışığı Gölü	40° 52' N 30° 24' E	15	0,90	Alüvyon Baraj	Çaltıcak Gölü Taşkışık Gölü
4	Büyük Akgöl	41° 01' N 30° 33' E	10	3,50	Alüvyon Baraj	Akgöl Konyalı Gölü
5	Acarlar Gölü	41° 06' N 30° 37' E	5	15,62	Alüvyon Baraj	-
6	Melen Gölü	40° 46' N 32° 02' E	118	10,00	Tektonik	Efendi Gölü
7	Abant Gölü	40° 35' N 31° 17' E	1325	1,25	Yıkıntı-heyelan	-
8	Gölcük Gölü (Bolu)	40° 39' N 31° 37' E	1080	0,05	Yapay Gölet	Gölcük Göleti
9	Yeniçağa Gölü	40° 46' N 32° 01' E	990	3,85	Tektonik	Çağa Gölü Reşadiye Gölü
10	Karamurat Gölü	40° 33' N 30° 57' E	700	0,05	Tektonik	-
11	Sülüklügöl	40° 31' N 30° 52' E	1070	0,60	Yıkıntı-heyelan	Sarıgölcük
12	Çubuk Gölü	40° 28' N 30° 49' E	750	0,20	Yıkıntı-heyelan	-
13	Sünnet Gölü	40° 25' N 30° 57' E	1030	0,18	Yıkıntı-heyelan	-

Zooplankton örnekleri 55µm göz açıklığındaki plankton kepçesi ile horizontal ve vertikal olarak toplanmış ve %4'lük formolde tespit edilmiştir. Örneklerin cins tür ve alttür tayinlerinde Rotifera için Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978),

Segers (1995); Cladocera için Flössner (1972), Smirnov (1974, 1992, 1996), Negrea (1983); Copepoda için Lindeberg (1953), Borutski (1963), Rylov (1963), Dussart (1967, 1969), Kiefer (1978), Einsle (1996)'den yararlanılmıştır.

Tablo 2. Çalışma yapılan göllerin 2002 yılı fiziko-kimyasal parametre değerleri
Table 2. Some measured physico-chemical parameters in lakes studied in 2002

Parametreler	Poyrazlar Gölü	Küçük Akgöl	Taşkırsı Gölü	Büyük Akgöl	Acarlar Gölü	Melen Gölü	Yeniçağa Gölü	Abant Gölü	Gölcük Gölü	Karamurat Gölü	Sülüklügöl	Çubuk Gölü	Sünnet Gölü
2002													
Ölçülen Derinlik (cm)	500	110	320	350	*	40	430	1610	430	890	2650	550	1120
Işık geçirgenliği (cm)	210	10	50	60	*	40	50	480	190	670	880	220	120
Sıcaklık (°C)	28.0	28.0	29.5	31.5	27.9	26.2	27.2	21.4	22.4	24.4	23.1	20.4	21.1
pH	6.22	8.59	7.43	7.97	6.44	6.23	8.38	6.99	7.10	6.34	6.74	7.32	7.12
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	5.1	9.8	9.8	10.3	8.3	6.0	9.0	7.2	5.7	6.5	8.0	6.3	6.5
Ç. Oksijen Saturasyonu (%)	62	123	110	137	98	72	118	93	75	82	103	79	78
Spesifik E. İletkenlik (µS/cm)	241	305	631	271	522	384	411	209	182	276	240	176	428
Tuzluluk (‰)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Alkalinite (meq/l)	2.6	2.8	3.2	3.5	*	4.0	3.7	3.2	4.7	3.3	2.8	2.6	4.3
Geçici Sertlik (°d)	7.28	7.84	8.96	9.80	*	11.2	10.36	8.96	13.16	9.24	7.84	7.28	12.04
HCO ³⁻ (mg/l)	158.6	170.8	195.2	213.5	*	244.0	225.7	195.2	286.7	201.3	170.8	158.6	262.3
Top. Sertlik (mg/l)	200	160	260	240	*	280	280	180	120	200	220	200	300
Ca ²⁺ (mg/l)	48.10	40.08	48.10	48.10	*	56.11	72.14	48.10	32.06	64.13	64.13	32.06	64.13
Mg ²⁺ (mg/l)	19.46	14.59	34.05	29.18	*	34.05	24.32	14.59	9.73	9.73	14.59	29.18	34.05
NO ₂ -N (µg/l)	1.25	106.24	2.50	16.25	*	254.98	23.75	nd	3.75	1.25	nd	5.00	1.25
NO ₃ -N (µg/l)	21.35	10.84	13.14	23.65	*	85.39	5.58	16.09	12.48	25.95	27.59	15.11	6.57
NH ₄ -N (µg/l)	160.89	720.21	578.25	289.60	*	65.30	252.69	410.74	7.57	65.30	39.75	61.51	11.36
PO ₄ ³⁻ -P (µg/l)	7.97	288.32	6.64	7.97	*	9.30	73.08	1.33	6.64	5.32	1.33	3.99	1.33
SiO ₂ -Si (µg/l)	612.9	9652.4	8064.0	3074.1	*	6427.4	7550.5	1129.5	7694.9	2502.9	491.0	1501.8	1094.2
Klorofil-a (µg/l)	0.476	27.4	10.7	7.92	*	0.733	3.53	0.116	0.728	0.279	0.134	1.94	0.585

*Ölçüm yapılmadı. nd= ölçüm limitleri altında

Tablo 3. Çalışma yapılan göllerin 2003 yılı fiziko-kimyasal parametre değerleri
Table 3. Some measured physico-chemical parameters in lakes studied in 2003

Parametreler	Poyrazlar Gölü	Küçük Akgöl	Taşkısığı Gölü	Büyük Akgöl	Acarlar Gölü	Melen Gölü	Yeniçağa Gölü	Abant Gölü	Gölcük Gölü	Karamurat Gölü	Sülüklügöl	Çubuk Gölü	Sünnet Gölü
2003													
Ölçülen Derinlik (cm)	470	110	350	370	*	*	440	2800	440	880	3270	630	1060
Işık geçirgenliği (cm)	140	20	50	40	*	*	150	560	180	660	710	200	150
Sıcaklık (°C)	24.4	25.7	28.5	29.5	*	*	24.6	21.4	21.9	21.8	21.5	27.4	26.2
pH	7.95	9.09	7.99	7.56	*	*	7.48	6.47	7.72	7.95	6.70	6.66	7.22
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	5.2	9.3	8.1	8.4	*	*	8.15	6.86	6.14	7.14	7.86	9.54	7.51
Ç. Oksijen Saturasyonu (%)	60	109	105	110	*	*	114.9	93.9	69.9	101.2	104.6	132	103.1
Spesifik E. İletkenlik (µS/cm)	241	346	595	385	*	*	482	225	224	263	264	167	399
Tuzluluk (‰)	0.1	0.2	0.3	0.2	*	*	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
Alkalinite (meq/l)	2.4	2.8	4.4	3.2	*	*	4.4	3.3	2.9	3.0	4.4	2.6	4.4
Geçici Sertlik (°d)	6.72	7.84	12.32	8.96	*	*	12.32	9.24	8.12	8.4	12.32	7.28	12.32
HCO ³⁻ (mg/l)	146.4	170.8	231.8	195.2	*	*	268.4	201.3	128.1	183	268.4	158.6	268.4
Top. Sertlik (mg/l)	180	180	380	240	*	*	340	160	120	200	200	140	240
Ca ²⁺ (mg/l)	40.08	48.10	64.13	56.11	*	*	64.13	48.10	40.08	48.10	64.13	40.08	48.10
Mg ²⁺ (mg/l)	19.46	14.59	53.50	24.32	*	*	43.78	9.73	4.86	19.46	9.73	9.73	29.18
NO ₂ -N (µg/l)	124.49	27.31	154.96	11.56	*	*	12.08	3.68	12.61	2.10	5.25	4.20	9.46
NO ₃ -N (µg/l)	nd	nd	nd	nd	*	*	nd	nd	nd	0.40	nd	nd	nd
NH ₄ -N (µg/l)	291.49	2602.60	150.48	261.21	*	*	42.59	17.98	50.16	2.84	53.00	102.21	67.19
PO ₄ ³⁻ -P (µg/l)	19.93	201.95	23.91	21.26	*	*	46.50	10.63	17.27	26.57	14.61	10.63	18.60
SiO ₂ -Si (µg/l)	911.4	998.0	343.4	3080.6	*	*	288.8	1829.1	2089.1	2705.2	802.3	109.1	677.1
Klorofil-a (µg/l)	0.702	9.95	2.14	1.27	*	*	1.53	0.00	0.587	0.00	0.00	0.046	0.099

*Ölçüm yapılamadı. nd= ölçüm limitleri altında

BULGULAR

Batı Karadeniz bölgesinde bulunan 13 gölde yapılan zooplankton örneklemeleri sonucunda Rotifera'dan 69, Cladocera'dan 25, Copepoda'dan 13 olmak üzere toplam 107 takson saptanmıştır.

Rotifer taksonları göllere göre 8-30 arasında değişim göstermekte olup en zengin istasyon Poyrazlar Gölü'dür (30 takson). En az takson ise Sünnet Gölü'nde bulunmuştur (Tablo 4). *Keratella cochlearis*, *Lecane bulla*, *Pompholyx sulcata*, *Keratella quadrata*, *Asplanchna priodonta*, *Euchlanis dilatata lucksiana*, *Brachionus angularis*, *B. diversicornis*, *Conochilus dossuarius*, *Keratella tecta*, *Lecane luna*, *Mytilina ventralis*, *Polyarthra vulgaris*, *Euchlanis lyra*, *Lecane closterocerca*, *L.*

lunaris ve *Platylas quadricornis* en fazla lokalitede tespit edilen türler olmuştur.

Kladoser taksonları 2-11 arasında değişim göstermekte olup en zengin istasyon Gölcük Gölü'dür (11 takson). En az takson ise Melen Gölü'nde bulunmuştur (Tablo 5). *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Daphnia longispina* ve *D. cucullata* en fazla lokalitede tespit edilen türler olmuştur.

Kopepodların dağılımlarına bakıldığında, Sülüklügöl, Çubuk Gölü ve Melen Gölü'nde kopepod tespit edilemediği görülmektedir (Tablo 6). *A. denticornis*, *C. staphylinus*, *E. serrulatus*, *M. leuckarti* ve *T. crassus* en fazla lokalitede tespit edilen türler olmuştur. Karamurat Gölü ise 6 tür ile en fazla kopepod türü tespit edilen lokalitedir.

Tablo 4. Rotifer taksonlarının göllere göre dağılımı

Table 4. Distribution of rotifer taxons for lakes

Taksonlar	Poyrazlar Gölü	Küçük Akgöl	Taşkırsı Gölü	Büyük Akgöl	Acarlar Gölü	Melen Gölü	Yeniçağa Gölü	Abant Gölü	Gölcük Gölü	Karamurat Gölü	Sülüklügöl	Çubuk Gölü	Sünnet Gölü
Rotifera													
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna girodi</i> De Guerne, 1888	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	+	+
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus angularis</i> Gosse, 1851	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	-
<i>Brachionus budapestinensis</i> Daday, 1885	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-
<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Cephalodella</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Collotheca pelagica</i> (Rousselet, 1893)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Collotheca</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-
<i>Colurella adriatica</i> Ehrenberg, 1831	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Conochilus dossuarius</i> Hudson, 1875	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-
<i>Conochilus hippocrepis</i> (Schränk, 1803)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Conochilus unicornis</i> Rousselet, 1892	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Epiphanes macroura</i> (Barrois & Daday, 1894)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Euchlanis deflexa</i> (Gosse, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Euchlanis dilatata lucksiana</i> (Hauer, 1930)	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-
<i>Euchlanis incisa</i> Carlin, 1939	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Euchlanis lyra</i> Hudson, 1886	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	-
<i>Filinia limnetica</i> (Zacharias, 1893)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Filinia opoliensis</i> (Zacharias, 1898)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gastropus stylifer</i> (Imhof, 1891)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-

<i>Hexarthra intermedia</i> (Wiszniewski, 1929)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	+
<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Keratella tropica</i> (Apstein, 1907)	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-
<i>Lecane closteroerca</i> (Schmarda, 1859)	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Lecane curvicornis</i> (Murray, 1913)	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane hamata</i> (Stokes, 1896)	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane luna</i> (Müller, 1776)	+	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	-	+
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Lecane papuana</i> (Murray, 1913)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lecane quadridentata</i> (Ehrenberg, 1830)	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Lecane stenroosi</i> (Meissner, 1908)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lepadella acuminata</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lepadella patella</i> (Müller, 1773)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Lepadella persimilis</i> (De Ridder, 1961)	-	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lepadella</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lophocaris salpina</i> (Ehrenberg, 1834)	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg, 1830)	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	-
<i>Mytilina ventralis brevispina</i> (Ehrenberg, 1830)	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Plationus patulus</i> (Müller, 1786)	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)	+	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	-
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra euryptera</i> Wierzejski, 1893	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)	+	+	+	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Scardium longicaudum</i> (Müller, 1786)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-
<i>Testudinella parva</i> (Ternetz, 1892)	+	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann, 1783)	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca collaris</i> (Rousselet, 1896)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schränk, 1802)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
<i>Trichocerca rattus</i> (Müller, 1776)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Trichocerca tenuior</i> (Gosse, 1886)	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Trichotria pocillum</i> (Müller, 1776)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Toplam Takson (69)	30	20	17	20	18	24	14	12	12	16	11	14	8

Tablo 5. Kladoser taksonlarının göllere göre dağılımı
Table 5. Distributions of cladocerans taxons for lakes

Taksonlar	Poyrazlar Gölü	Küçük Akgöl	Taşkırsı Gölü	Büyük Akgöl	Acarlar Gölü	Melen Gölü	Yeniçağa Gölü	Abant Gölü	Gölcük Gölü	Karamurat Gölü	Sülüküğü	Çubuk Gölü	Sünnet Gölü
Cladocera													
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1835)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+	-	-	-	+	-	-	-	-	+	-	+	-
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Alonella nana</i> (Baird, 1843)	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Müller, 1785)	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia laticaudata</i> P.E. Müller, 1867	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F. Müller, 1785)	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	+
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Müller, 1776)	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-
<i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1862)	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller, 1785	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Daphnia magna</i> Straus, 1820	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Daphnia pulex</i> Leydig, 1860	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	-	+	-
<i>Diaphanosoma orghidani</i> Negrea, 1982	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1848)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Leptodora kindti</i> (Focke, 1844)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Moina macrocopa</i> (Straus, 1820)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Polyphemus pediculus</i> (Linnaeus, 1761)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch, 1841)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Müller, 1776)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Toplam Takson (25)	6	4	7	4	7	2	7	6	11	7	5	9	4

Tablo 6. Kopepod taksonlarının göllere göre dağılımı
Table 6. Distributions of copepod taxa for lakes

Taksonlar	Poyrazlar Gölü	Küçük Akgöl	Taşkısığı Gölü	Büyük Akgöl	Acarlar Gölü	Melen Gölü	Yeniçağa Gölü	Abant Gölü	Gölcük Gölü	Karamurat Gölü	Sülüklügöl	Çubuk Gölü	Sünnet Gölü
Copepoda													
<i>Acanthocyclops</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acanthodiaptomus denticornis</i> (Wierzejski, 1887)	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Arctodiaptomus</i> (A.) <i>pectinicornis</i> (Wierzejski, 1887)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Canthocamptus staphylinus</i> (Jurine, 1820)	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg, 1901)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	-
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Metacyclops gracilis</i> (Lilljeborg, 1853)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thermocyclops dybowskii</i> (Landé, 1890)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-
Toplam Takson (13)	5	2	2	2	4	0	4	3	2	6	0	0	1

TARTIŞMA VE SONUÇ

Taşkısığı Gölü'nde rotiferlerden *Brachionus diversicornis*, *B. forficula*, *Keratella cochlearis*, *K. tecta*, *Lecane bulla*, *L. closterocerca*, *L. nana*, *Trichocerca rattus*; Poyrazlar Gölü'nden *Anueropsis fissa*, *K. cochlearis*, *Polyarthra dolichoptera*, *P. vulgaris*, *Pompholyx sulcata*, Akgöl'den ise *A. fissa*, *B. diversicornis*, *B. forficula*, *Euchlanis dilatata*, *K. cochlearis*, *K. tecta*, *L. closterocerca*, *L. luna*, *Lepadella patella*, *P. dolichoptera*, *P. vulgaris* türleri rapor edilmiştir (Ergönül vd., 2016). Çalışmamızda Taşkısığı Gölü'nde *B. forficula*, *L. closterocerca*, *T. rattus*, Poyrazlar Gölü'nde *P. dolichoptera*, Akgöl'de *A. fissa*, *B. forficula*, *E. dilatata*, *L. closterocerca*, *L. luna*, *L. patella*, *P. vulgaris* türlerine rastlanamamıştır (Tablo 4).

Yeniçağa Gölü'nde rotiferlerden *A. fissa*, *Ascomorpha saltans*, *Asplanchna priodonta*, *A. sieboldi*, *Brachionus urceolaris*, *Colurella adriatica*, *E. dilatata*, *Filinia longiseta*, *Gastropus stylifer*, *K. quadrata*, *L. luna*, *Lepadella patella*, *Mytilina ventralis*, *Notholca acuminata*, *N. squamula*, *Philodina megalotrocha*, *P. vulgaris*, *Synchaeta oblonga*, *S. pectinata*, *Testudinella patina*, *Trichocerca pusilla*, *T. rattus* (Saygı Başbuğ ve Yiğit, 2005) ve *Cephalodella segersi* (Altındağ vd., 2009) türleri rapor edilmiştir. Çalışmamızda *A. priodonta*, *E.*

dilatata, *K. quadrata* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 4).

Abant Gölü'nde rotiferlerden *Asplanchna brightwelli*, *Conochilus unicornis*, *Filinia terminalis*, *Kellicottia longispina*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *Lecane* sp., *Euchlanis* sp. (Margaritora ve Cottarelli, 1970), *A. ecaudis*, *A. priodonta*, *A. girodi*, *Conochilus adriatica*, *C. hippocrepis*, *Collotheca ornata*, *C. pelagica*, *Euchlanis dilatata*, *Filinia longiseta*, *Gastropus stylifer*, *Kellicottia longispina*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Lecane lunaris*, *L. hamata*, *Lophocaris salpina*, *Polyarthra dolichoptera*, *P. vulgaris*, *Synchaeta litoralis*, *S. pectinata*, *Trichotria pocillum* (Altındağ, 1999; Altındağ ve Yiğit, 2001b) türleri rapor edilmiştir. Çalışmamızda *C. unicornis*, *C. hippocrepis*, *G. stylifer*, *K. longispina*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *S. pectinata* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 4).

Gölcük Gölü'nde rotiferlerden *A. priodonta*, *Habrotrocha* sp., *K. quadrata* türleri rapor edilmiştir (Emir, 1991). Çalışmamızda *Habrotrocha* sp. türüne rastlanılmamış olup tespit ettiğimiz diğer türler bu göl için yeni kayıttır (Tablo 4).

Sünnet Gölü'nde rotiferlerden *A. fissa*, *Ascomorpha ovalis*, *A. priodonta*, *Brachionus angularis*, *Cephalodella catellina*, *C.*

gibba, *Colurella adriatica*, *E. dilatata*, *F. longisetæ*, *F. terminalis*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *L. clostercera*, *L. luna*, *L. lunaris*, *N. acuminata*, *N. squamula*, *P. dolichoptera*, *P. major*, *Pompholyx sulcata*, *Trichocerca similis*, *T. weberi* türleri rapor edilmiştir (Deveci vd., 2011). Çalışmamızda *A. priodonta*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *L. luna*, *P. sulcata*, *T. similis* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 4).

Küçük Akgöl, Acarlar Gölü, Melen Gölü, Karamurat Gölü, Sülüklügöl ve Çubuk Gölü'nde önceden yapılmış zooplankton çalışması olmadığından dolayı tespit edilen rotifer türleri ilk kez bu çalışmada rapor edilmektedir.

Abant Gölü'nde kladoserlerden *Diaphanosoma brachyurum*, *Sida crystallina*, *Daphnia hyalina*, *Ceriodaphnia dubia*, *Scapholeberis mucronata*, *Bosmina longirostris*, *Pleuroxus truncatus*, *Alonella exiqua*, *A. nana*, *Chydorus sphaericus*, *Alona costata*, *Acroperus harpae*, *A. angustatus*, *Camptocercus lilljeborgi*, *Biapertura affinis*, *Polyphemus pediculus*, *Coronatella rectangula*, *Alonella excisa*, *Daphnia longispina*, *Ceriodaphnia bicuspidata*, *Alona affinis* türleri rapor edilmiştir (Margaritora ve Cottarelli, 1970; Gündüz, 1997; Altındağ ve Yiğit, 2001a). Çalışmamızda *A. exiqua*, *B. longirostris*, *C. quadrangula*, *D. longispina*, *P. pediculus* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 5).

Gölcük Gölü'nde *D. brachyurum*, *D. lacustris*, *S. crystallina*, *D. longispina*, *C. reticulata*, *Scapholeberis rammeri*, *C. lilljeborgi*, Karamurat Gölü'nde *D. brachyurum*, *Macrothrix laticornis*, *A. harpae*, Sülüklügöl'de *D. longispina*, *C. dubia*, *P. laevis*, *A. exiqua*, *A. nana*, *C. sphaericus*, *A. angustatus* türleri Gündüz (1997) tarafından bildirilmiştir. Çalışmamızda Gölcük Gölü'nde *D. longispina*, *D. brachyurum*; Karamurat Gölü'nde *A. harpae*, *D. brachyurum*, Sülüklügöl'de ise *A. nana*, *C. sphaericus*, *D. longispina* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 5).

Yeniçağa Gölü'nde *D. magna*, *C. dubia*, *A. quadrangularis*, *P. aduncus*, *P. trigonellus* (Akıncı, 2000), *C. dubia*, *D. pulex*, *D. longispina*, *D. brachyurum*, *P. trigonellus*, *A. quadrangularis*, *Leydigia leydigii* türleri ise Saygı Başbuğ (2005) tarafından rapor edilmiştir. Çalışmamızda *D. pulex*, *D. longispina*, *D. brachyurum* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 5).

Poyrazlar Gölü'nde *Pleuroxus truncatus*, *P. laevis*, *P. trigonellus*, *Simocephalus exspinosus*, *Eurycercus lamellatus*, *A. excisa*, *Lathonura rectirostris*, *Pseudochydorus globosus* türleri Gündüz (1998) tarafından rapor edilmiştir. Çalışmamızda bu türlere rastlanılmamıştır (Tablo 5).

Sünnet Gölü'nde *D. longispina*, *B. longirostris*, *C. sphaericus* türleri Deveci vd (2011) tarafından rapor edilmiştir. Çalışmamızda *B. longirostris* dışındaki türlere rastlanılmamıştır (Tablo 5).

Küçük Akgöl, Büyük Akgöl, Taşkısığı Gölü, Acarlar Gölü, Melen Gölü ve Çubuk Gölü'nde önceden yapılmış zooplankton

çalışması olmadığından dolayı tespit edilen kladoser türleri ilk kez bu çalışmada rapor edilmektedir.

Yeniçağa Gölü'nde daha önce yapılmış olan çalışmalarda kopepodlardan *Acanthodiaptomus denticornis*, *Arctodiaptomus (A.) pectinicornis*, *Macrocyclus albidus*, *Eucyclops serrulatus*, *Eucyclops macruioides*, *Cyclops strenuus*, *Metacyclops gracilis*, *Paracyclops fimbriatus*, *Thermocyclops hyalinus*, *Thermocyclops dybowskii*, *Canthocamptus staphylinus* türleri tespit edilmiştir. (Lindeberg, 1953; Akıncı, 2000). Bu çalışmada Yeniçağa Gölü'nde *A. denticornis*, *A. (A.) pectinicornis*, *M. albidus* ve *M. gracilis* türleri saptanırken diğer türler tespit edilememiştir (Tablo 6).

Margaritora ve Cottarelli (1970) Abant Gölü'nde yaptıkları çalışmada kopepodlardan *Acanthodiaptomus denticornis*, *E. serrulatus*, *Megacyclops viridis*, *Mesocyclops sp.*, *Diacyclops bicuspidatus* türlerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise *A. denticornis*, *M. viridis* ve *Thermocyclops dybowskii* türleri tespit edilmiştir. *T. dybowskii* türü Abant Gölü'nden ilk kez rapor edilmektedir (Tablo 6).

Gündüz (1998), Poyraz (Poyrazlar) Gölü'nde yaptığı çalışmada *Eudiaptomus anatolicus n.sp.*, *Megacyclops viridis*, *Eucyclops serrulatus* türlerini tespit etmiştir. Bu çalışmada ise Poyrazlar Gölü'nde *E. serrulatus*, *M. viridis*, *Thermocyclops crassus*, *Mesocyclops leuckarti* türleri saptanmıştır (Tablo 6).

Gölcük Gölü, Karamurat Gölü, Acarlar Gölü, Sünnet Gölü, Küçük Akgöl, Akgöl ve Taşkısığı Gölü'nde önceden yapılmış zooplankton çalışması olmadığından dolayı tespit edilen kopepod türleri ilk kez bu çalışmada rapor edilmektedir.

Çalışma sonucunda saptanan zooplankton türleri içsularımızda yaygın olarak bulunan türlerdir (Ustaoglu, 2004, 2015; Ustaoglu vd., 2012).

Çalışmanın yapıldığı yıllarda Melen Gölü'nde kurutma çalışmaları ve gölü besleyen akarsular üzerine gölet ve baraj yapıldığından suları iyice çekilmiş ve göl sonuçta çok sığlaşmıştır. Sünnet Gölü derin bir vadide yer alması ve su seviyesindeki değişimin büyük olması nedeniyle litoral bölge olumsuz etkilenmiştir. Çubuk Gölü 2002 yılı öncesinde sele maruz kaldığı için göl faunası süpürülerek gölden uzaklaştırılmıştır. Gölcük Gölü 2002 yılı içerisinde tamamen boşaltılıp zemininin temizlenmesi sonucunda göl biyotası olumsuz etkilenmiştir. Acarlar Gölü karasal tarıma arazi kazandırılmak amacıyla kanaletlerle kurutulmaya çalışılmış ve göl yazın tamamen kurumıştır. Fiziko-kimyasal analizler sonucunda göllerin orta sertlikte bir suya sahip olduğu, hiperötrof olan Küçük Akgöl ve ötrof olan Yeniçağa Gölü dışındaki çalışma yapılan diğer göllerin oligotrof-mesotrof karakterde oldukları belirlenmiştir (Tablo 2,3) (Sarı vd., 2004).

Sonuç olarak ülkemiz sulak alanlarının yukarıda belirtilen nedenlerle antropojenik etkiden uzak tutulması ve biyoçeşitliliğinin korunması gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı finansal açıdan destekleyen, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Şube Müdürlüğü'ne (BAP Proje No.

2001/SÜF/010) ve arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı Prof.Dr.Murat ÖZBEK, Doç.Dr.Ali İLHAN ve Doç.Dr.Esat T. TOPKARA'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

- Akinci, G. (2000). Yeniçağa Gölü'nün Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Zooplankton Türlerinin (Cladocera ve Copepoda) Tespiti ve Mevsimsel Değişimleri. *Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilim Uzmanlığı Tezi*, Ankara, 54 s.
- Altındağ, A. & Yiğit, S. (2001a). A Short List of Cladoceran Species (Crustacea) from Turkey. *Zoology in the Middle East*, 23: 77-78. doi: 10.1080/09397140.2001.10637870
- Altındağ, A. & Yiğit, S. (2001b). A Short List of Rotifers From Turkey. *Zoology in the Middle East*, 22: 129-132. doi: 10.1080/09397140.2001.10637858
- Altındağ, A. (1999). A taxonomical study on the Rotifera Fauna of Abant Lake (Bolu). *Turkish Journal of Zoology*, 23: 211-214.
- Altındağ, A., Segers, H. & Kaya, M. (2009). Some Turkish Rotifer Species Studied Using Light and Scanning Electron Microscopy. *Turkish Journal of Zoology*, 33: 73-81.
- Borutski, E.V. (1963). Fauna of USSR, Crustacea, Freshwater Cyclopoida. I.P.S.T. Jerusalem, Vol III, No: 4, 394 p.
- Deveci, A., Dügel, M. & Külköylüoğlu, O. (2011). Zooplankton of Lake Sünnet (Bolu, Turkey) and determination of some environmental variables. *Review of Hydrobiology*, 4(2): 115-130.
- Dussart, B. (1967). Les Copepodes des Eaux Continentales d'Europe Occidentale. Tome I, Calanoides et Harpacticoides, N. Boubée et cie, Paris, 500 p.
- Dussart, B. (1969). Les Copepodes des Eaux Continentales d'Europe Occidentale. Tome II, Cyclopoides et Biologie, N. Boubée et cie, Paris, 292 p.
- Einsle, U. (1996). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Copepoda: Cyclopoida, Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. SPB Academic Publishing, No: 10, 82 p.
- Emir, N. (1991). Some rotifers species from Turkey. *Doğa Turkish Journal of Zoology*, 15:39-45.
- Ergönül, M.B., Erdoğan, S., Altındağ, A. & Atasagun, S. (2016). Rotifera and Cladocera fauna of several lakes from the Central Anatolia, Marmara, and Western Black Sea regions of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 40: 141-146. doi: 10.3906/zoo-1503-22
- Flössner, D. (1972). Krebstiere, Crustacea. Kiemen und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischlause, Branchiura., Tierwelt Deutschlands, 60. Teil, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 501 pp.
- Gündüz, E. (1997). Türkiye İçsularında Yaşayan Cladocera (Crustacea) Türlerinin Listesi. *Turkish Journal of Zoology*, 21: 37-45.
- Gündüz, E. (1998). *Eudiaptomus anatolicus* n.sp. (Copepoda, Calanoida) from Turkey. *Hydrobiologia*, 368: 193-199. doi: 10.1023/A:1003214619301
- Kiefer, F. (1978). Das Zooplankton der Binnengewässer 2. Teil. Freilebende Copepoda. Die Binnengewässer Band XXVI, Schweizerband'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 315 p.
- Koste, W. (1978). Rotatoria. Überordnung Monogononta. I. Textband, 650, II. Tafelband, 234, Gebrüderssontrager, Berlin.
- Lindeberg, K. (1953). Cyclopides (Crustacea copepodes) de la Turquie en Particulier Comme Habitants de Grottes. İ.Ü.F.F. Hidrobiyoloji Araştırma Enst., Seri B, 1(3): 149-185.
- Margaritora, F.G. & Cottarelli, V. (1970). Le biocenosi planctoniche estive del lago Abant (Turchia Asiatica, Regione del Mar Nero). *Rend. Ist.Lomb.Sci. e Lett.*, 104 (B):170-190.
- Negrea, S.T. (1983). Fauna Republici Socialiste Romania Vol. 4, 12. Crustacea Cladocera. Academia Republici Socialiste Romania, Bucuresti. 399 pp.
- Ruttner-Kolisko, A. (1974). Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy. Die Binnengenwasser, Volume XXVII/I, Supplement, 144.
- Rylov, V.M. (1963). Fauna of USSR, Crustacea, Freshwater Cyclopoida. I.P.S.T. Jerusalem, Vol III, No: 3, 312 p.
- Sarı, H.M., Balık, S., Ustaoglu, M.R., Özdemir Mis, D., Özbek, M., Aygen, C., Taşdemir, A., İlhan, A., Yıldız, S., Topkara, E.T. & Sömek, H., (2004). Investigation on Limnology of the Lakes in Western Black Sea Region. E.Ü. Bilimsel Araştırma Proje Raporu, Proje No: 2001/SÜF/010, 78 s.
- Saygı Başbuğ, Y. & Yiğit, S. (2005). Rotifera Community Structure of Yeniçağa Lake, Turkey. *Journal of Freshwater Ecology*, 20(1): 197-199. doi: 10.1080/02705060.2005.9664954
- Saygı Başbuğ, Y. (2005). Seasonal succession and distribution of zooplankton in Yeniçağa Lake in Northwestern Turkey. *Zoology in the Middle East*, 34: 93-100. doi: 10.1080/09397140.2005.10638088
- Segers, H. (1995). Rotifera. Vol. 2. The Lecaniidae (Monogononta). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. SPB Academic Publishing bv. 226 pp.
- Smirnov, N.N. (1974). Fauna of U.S.S.R. Crustacea. Vol I, No: 2, Chydoridae. I.P.S.T. Jerusalem, 644 pp.
- Smirnov, N.N. (1992). The Macrothricidae of the World. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. SPB Academic Publishing bv, 143 pp.
- Smirnov, N.N. (1996). Cladocera: The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World No.11. SPB Academic Publishing bv, 195 pp.
- Ustaoglu, M.R. (2004). A Check-list for Zooplankton of Turkish Inland Waters. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3-4): 191-199.
- Ustaoglu, M.R. (2015). An Updated Zooplankton Biodiversity of Turkish Inland Waters. *LimnoFish*, 1(3):151-159. doi: 10.17216/LimnoFish-5000151941
- Ustaoglu, M.R., Altındağ, A., Kaya, M., Akbulut, N., Bozkurt, A., Özdemir Mis, D., Atasagun, S., Erdoğan, S., Bekleyen, A., Saler, S. & Okgerman, H.C. (2012). A Checklist of Turkish Rotifers. *Turkish Journal of Zoology*, 36(5): 607-622.

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

The effects of the fig (*Ficus carica*) extract and onion (*Allium cepa*) extract addition to *Cyprinus carpio* feeds in different amount on the growth performance

İncir (*Ficus carica*) ekstraktı ve soğan (*Allium cepa*) ekstraktının *Cyprinus carpio* balıklarının büyüme performansı ve yem dönüşüm oranı üzerine etkisi

Ebru Yılmaz*  • Deniz Çoban • Fatih Bayar

Anan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Aquaculture Engineering, Aydın, Turkey

* Corresponding author: ebruylmaz@adu.edu.tr

Received date: 03.04.2017

Accepted date: 22.06.2017

How to cite this paper:

Yılmaz, E., Çoban, D. & Bayar, F. (2017). The effects of the fig (*Ficus carica*) extract and onion (*Allium cepa*) extract addition to *Cyprinus carpio* feeds in different amount on the growth performance. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 321-326. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.11

Abstract: The study was conducted to investigate the effects of dietary fig extract and onion extract supplementation in diet on growth performance, feed utilization, biometric indexes in common carp (*Cyprinus carpio*). For this purpose, fig and onion extract were added to experimental diets at the rate of 1,3,5 g / kg respectively. Fishes were fed with trial feed for 90 days. At the end of the trial period, weight increase and specific growth rate of the fishes fed with the feed containing 1.3 g/kg fig extract and 1.3 g/kg onion extract were found to be higher than the control group; food conversion ratio was found to be lower than the control group ($p<0.05$). Hepatosomatic index and viscerosomatic index amounts of the fishes fed with fig extract and onion extract feeds were found to be lower than the control group; and spleen somatic index was found to be higher than the control group ($p<0.05$). The amount of visceral organ fat index was found to be lower among the fishes fed with the feed containing fig and onion extracts compared to the control group ($p>0.05$). These results indicate that dietary supplementation of 1.3 g/kg fig extract in the commercial diets could improve some biometric indexes.

Keywords: *Cyprinus carpio*, fig extract, onion extract, growth performance, feed utilization

Öz: Bu çalışmada incir ekstraktı ve soğan ekstraktının sazan balığı (*Cyprinus carpio*) yemlerine eklenmesinin büyüme performansı, yem değerlendirme ve biyometrik ölçümlere etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla iki tıbbi bitki ekstraktı deneme yemlerine sırasıyla 1,3,5g/kg oranlarında ilave edilmiştir. Balıklar 90 gün boyunca deneme yemleriyle beslenmiştir. Deneme sonunda 1,3 g/kg incir ve 1,3 g/kg soğan ekstraktı içeren yemlerle beslenen balıkların ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı kontrol grubundan daha fazla, yem dönüşüm oranı ise kontrol grubundan daha düşük bulunmuş ve istatistiksel olarak önemli bir fark çıkmıştır ($p<0.05$). İncir ekstraktı ve soğan ekstraktı yemiyle beslenen balıkların hepatosomatik indeks ve visserosomatik indeks miktarı kontrol grubundan düşük, spleensomatik indeks miktarı kontrol grubundan yüksek bulunmuştur. Gruplar arasında istatistik fark vardır ($p<0.05$). İç organ yağ indeksi miktarında incir ve soğan ekstraktı yemiyle beslenen balıklarda kontrole göre düşük bulunmuş fakat gruplar arasında istatistik fark gözlenmemiştir ($p>0.05$). Sonuç olarak yemlere 1,3,5 g/kg oranında incir meyvesi ve soğan ekstraktları ilavesi bazı biyometrik ölçümleri geliştirmiştir.

Anahtar kelimeler: *Cyprinus carpio*, incir ekstraktı, soğan ekstraktı, büyüme performansı, yem dönüşümü

INTRODUCTION

By means of the conducted studies all over the world, it has been known for ages that medical plant extracts and volatile oils have antimicrobial effects on some bacteria and fungi (Kivanc and Akgul, 1986; Digrak et al., 2002). Onion, *Allium cepa* L., is known to have antibacterial and antioxidant effects (Ramos et al., 2006; Jeong et al., 2009). *Ficus carica*, is known to have antimicrobial (Ryu and Jung, 1999) and antioxidant effects (Yang et al., 2009). Recently, several studies have been conducted about the usage of medical plant extracts as prophylactic products as a result of their usage as feed additive

in the general animal products and aquaculture, of increase in the growth, and of achievement of positive results (Goda, 2008; Zheng et al., 2009; Yılmaz et al., 2015). Nowadays in aquaculture, there is a need for specifying the *in vivo* effective doses of alternative agents, which are natural, reliable, antimicrobial, and not giving any harm to the ecosystem, and adding them to the sector. Feed additives are supplements that are used to increase the utilization of the feed, increase the quality and quantity of the animal products, protect the health of animals and to cut down on the costs of the product the

animal provides. In addition, new approaches which bring the use of alternative feed additives into the forefront began to be adopted because of the problems arising from the extensive use of antibiotics in recent years. New alternative additives that are used in practice are: enzymes, organic acids, probiotics, oligosaccharides (prebiotics) and plant extracts (Kahraman, 2009). It is a worldwide topic that alkaloid, flavonoid, pigments, phenolic contents, terpenoids, steroids, and volatile oils are used by being added to feed. These products are seen as alternative to synthetic chemicals (Yigitarslan et al., 2011).

In the limited number of researches carried out with the aim of determining the opportunity of using plants and the active agents they contain in the cultivation, it has been reported that plant extracts added to the feed and water enhance the feed consumption, feed conversion, and growth and carcass quality (Simsek et al., 2005; Immanuel et al., 2009; Oskoi et al., 2012). Several studies have reported that oral administration of fig and onion extract in *Paralichthys olivaceus* (Cho, 2011), fig in *Paralichthys olivaceus* (Lee et al., 2015) improved growth performance.

The aim of this study is to make fig extract and onion extract utilisable in practice for the aquaculture sector. An increase in our country's medical plants' added value is aimed through a better growth performance and feed efficiency. It is aimed for the aquaculture sector that data to be acquired from feed efficiency and growth performance will be transferred to the sector.

MATERIALS AND METHODS

Fish and Experimental Protocol

Cyprinus carpio were obtained from a local private fish farm in İzmir, Turkey. Fish were divided into 200 L aquariums. In the trial, 840 *Cyprinus carpio* which has average weight of $\pm$ SD = 2.48 ± 0.20 g was used. Fish were fed with an experimental diet two times a day at 08:00 a.m. and 16:00 p.m. at a rate of 2% of their body weight. During the experimental period water quality remained as follows: temperature $20.10 \pm 0.23^\circ\text{C}$, pH 7.47 ± 0.01 and dissolved oxygen 7.37 ± 0.01 mg/L. During the trial, water quality parameters were measured daily. Fish experiments were performed in accordance to the guidelines for fish research from the animal ethic committees at Adnan Menderes University.

Fig extract (Talya herbal product) and Onion extract (Talya herbal product) were added to a commercial trout feed (Kilic Feed Company, Turkey, pellet size: 2 mm, Table 1) at a dose of 0 (Control), 1 (F1), 3 (F3), 5 (F5), 1 (O), 3 (O), 5 (O) g/kg by mixer. The addition of extracts to the feed was carried out with alcohol via spraying method. With the aim of protecting the activities of the components in plant extracts, feeds were prepared on a weekly basis and stored in glass flacons at $+4^\circ\text{C}$. Fish were divided into seven groups before being fed for 90 days with 0 (control), 1 (F1), 3 (F3), 5 (F5), 1 (O), 3 (O), 5 (O) g/kg of fig extract and onion extract. Additionally, a control group was fed a diet without herbal extract supplementation

(Sonmez et al., 2015). With the aim of adapting the fishes used in this study to the trial environment, they were fed with commercial trout feed for 15 days. Each trial group was carried out with 3 repetitions. Trial lasted for 90 days. Relevant analyzes were carried out at the Tarbiyomer Laboratories of the Adnan Menderes University Faculty of Agriculture by me.

Table 1. Commercial trout extruder feed (pellet size: 2 mm) ingredients

Parameters	Values
<i>Proximate analyses</i>	
Crude Protein (%)	50
Crude Lipid (%)	16
Crude Cellulose (%)	1,2
Crude Ash (%)	9,7
Moisture (%)	10
<i>Macro elements (%)</i>	
Calcium %	1,9
Total Phosphore %	1,3
Sodium	0,5

Ingredients: Fish meal, fish oil, soybean and by products, wheat and by products, yeast and by products, amino acids, vitamins and minerals.

Growth Performance and Proximate Analyses

Growth performance and feed utilization were calculated according to the formulae given below. Proximate analyses of the diets were performed using standard methods (AOAC, 1998). Moisture was detected after drying at 105°C until a constant weight was achieved. Crude protein was analyzed by the Kjeldahl method, and crude ash by incineration at 525°C in a muffle furnace for 12 h. Crude fat was analyzed by methanol/chloroform extraction (Folch et al., 1957).

$$\text{WG (g)} = \text{final weight (FW) (g)} - \text{initial weight (IW) (g)}$$

$$\text{SGR} = (\%/d) [(\ln \text{ final weight (g)} - \ln \text{ initial weight (g)}) / \text{days}] \times 100$$

$$\text{FCR} = \text{feed intake (g)} / \text{weight gain (g)}$$

$$\text{CF} = \text{body weight (g)} / \text{total length}^3 \times 100$$

$$\text{Visceral fat index (VFI)} = \{ \text{wet weight of visceral fat (g)} / [\text{wet body weight (g)} - \text{wet weight of visceral fat (g)}] \} \times 100$$

$$\text{Hepatosomatic index (HSI)} = \{ \text{wet weight of liver (g)} / [\text{wet body weight (g)} - \text{wet weight of liver (g)}] \} \times 100$$

$$\text{Viscerosomatic index (VSI)} = \{ \text{wet weight of viscera and associated fat (g)} / [\text{wet body weight (g)} - \text{wet weight of viscera and associated fat (g)}] \} \times 100$$

$$\text{Spleen-somatic index (SSI)} = \{ \text{wet weight of spleen (g)} / [\text{wet body weight (g)} - \text{wet weight of spleen (g)}] \} \times 100.$$

Statistical Analysis

Each value was expressed as mean $\pm$ standard error of mean (SEMs) for each parameter measured. Statistical significance was determined by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by a DUNCAN multi comparison test with SPSS 21.0 package software. Statistical significance was established at $P < 0.05$.

RESULTS

The two diets were equally accepted by the fish and there was no disease in any treatment. In the trial, while the best live

weight increase was obtained in F3 and O5 groups, the lowest was obtained in the control group. With respect to the food conversion ratio, the highest was F5 and the lowest was F3 ($p < 0.05$) (Table 2.3).

With respect to the specific growth rate, the highest was F5 and the lowest was F3 ($p < 0.05$) (Table 2.3).

At the end of the trial, with respect to the condition factor, the highest was O5 group and the lowest was O1 group ($p > 0.05$) (Table 2.3). Growth data are presented in Table 2 and 3.

Table 2. Growth performance and feed utilization in *Cyprinus carpio* that were fed diets containing different levels of fig extract (0 (Control), 1, 3, or 5 g/kg of feed; for 90 days)

	Control	F1	F3	F5
Initial fish weight (g)	2.54 $\pm$ 0.060 ^a	2.42 $\pm$ 0.081 ^a	2.42 $\pm$ 0.02 ^a	2.42 $\pm$ 0.10 ^a
Final fish weight (g)	6.73 $\pm$ 0.07 ^a	6.75 $\pm$ 0.30 ^a	7.09 $\pm$ 0.07 ^a	6.67 $\pm$ 0.39 ^a
Weight gain (%)	166.40 $\pm$ 6.43 ^b	173.33 $\pm$ 10.60 ^{ab}	186.80 $\pm$ 3.55 ^a	170.00 $\pm$ 18.81 ^{ab}
FCR	1.32 $\pm$ 0.01 ^{ab}	1.31 $\pm$ 0.05 ^{ab}	1.24 $\pm$ 0.01 ^b	1.33 $\pm$ 0.07 ^a
SGR (%/d)	0.87 $\pm$ 0.03 ^b	0.92 $\pm$ 0.03 ^{ab}	0.96 $\pm$ 0.01 ^a	0.91 $\pm$ 0.08 ^{ab}
Initial CF	1.81 $\pm$ 0.10 ^a	1.75 $\pm$ 0.27 ^a	1.74 $\pm$ 0.07 ^a	1.68 $\pm$ 0.03 ^a
Final CF	3.78 $\pm$ 0.51 ^a	3.73 $\pm$ 0.24 ^a	3.72 $\pm$ 0.30 ^a	3.60 $\pm$ 0.10 ^a

Values are mean $\pm$ SE (n=6). Within a row, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

Table 3. Growth performance and feed utilization in *Cyprinus carpio* that were fed diets containing different levels of onion extract (0 (Control), 1, 3, or 5 g/kg of feed; for 90 days)

	Control	O1	O3	O5
Initial fish weight (g)	2.54 $\pm$ 0.06 ^a	2.49 $\pm$ 0.05 ^a	2.52 $\pm$ 0.06 ^a	2.56 $\pm$ 0.13 ^a
Final fish weight (g)	6.73 $\pm$ 0.07 ^a	6.99 $\pm$ 0.10 ^a	6.89 $\pm$ 0.15 ^a	6.66 $\pm$ 0.21 ^a
Weight gain (%)	166.40 $\pm$ 6.43 ^b	180.26 $\pm$ 2.66 ^{ab}	174.66 $\pm$ 3.40 ^{ab}	186.80 $\pm$ 3.55 ^a
FCR	1.32 $\pm$ 0.01 ^{ab}	1.26 $\pm$ 0.02 ^{ab}	1.28 $\pm$ 0.02 ^{ab}	1.32 $\pm$ 0.04 ^{ab}
SGR (%/d)	0.87 $\pm$ 0.03 ^b	0.92 $\pm$ 0.02 ^{ab}	0.90 $\pm$ 0.00 ^{ab}	0.85 $\pm$ 0.02 ^b
Initial CF	1.81 $\pm$ 0.10 ^a	1.69 $\pm$ 0.14 ^a	1.84 $\pm$ 0.07 ^a	1.74 $\pm$ 0.10 ^a
Final CF	3.78 $\pm$ 0.51 ^a	3.26 $\pm$ 0.27 ^a	3.75 $\pm$ 0.37 ^a	3.82 $\pm$ 0.23 ^a

Values are mean $\pm$ SE (n=6). Within a row, means with different letters are significantly different ($P < 0.05$).

There was not any significant differences were detected related to crude protein, crude lipid, crude ash and crude moisture between the experimental group and the control

group. (Table 4, Table 5; $P > 0.05$).

The whole-body proximate compositions of fish presented in Table 4 and Table 5.

Table 4. Whole-body proximate composition (%) of *Cyprinus carpio* fed diets with different levels of fig extract for 90 days

Composition (%)	Control	F1	F3	F5
Crude Protein	14.76 $\pm$ 0.91 ^a	13.74 $\pm$ 0.16 ^a	15.08 $\pm$ 0.75 ^a	14.11 $\pm$ 0.92 ^a
Crude Lipid	3.89 $\pm$ 0.39 ^a	3.99 $\pm$ 0.45 ^a	4.01 $\pm$ 0.94 ^a	4.31 $\pm$ 0.63 ^a
Crude Ash	2.00 $\pm$ 0.53 ^a	2.18 $\pm$ 1.00 ^a	2.23 $\pm$ 0.38 ^a	2.32 $\pm$ 0.24 ^a
Moisture	71.74 $\pm$ 1.30 ^a	72.90 $\pm$ 1.06 ^a	73.19 $\pm$ 0.26 ^a	71.44 $\pm$ 0.69 ^a

Values are mean $\pm$ SE (n=6)

Table 5. Whole-body proximate composition (%) of *Cyprinus carpio* fed diets with different levels of onion extract for 90 days

Composition (%)	Control	O1	O3	O5
Crude Protein	14.76±0.91 ^a	13.98±1.03 ^a	14.63±1.15 ^a	13.45±0.83 ^a
Crude Lipid	3.89±0.39 ^a	4.38±0.32 ^a	3.97±0.21 ^a	4.08±1.21 ^a
Crude Ash	2.00±0.53 ^a	2.64±0.40 ^a	2.13±0.83 ^a	2.77±0.09 ^a
Moisture	71.74±1.30 ^a	71.36±1.68 ^a	71.55±2.20 ^a	72.18±0.84 ^a

Values are mean ±SE (n=6).

Table 6. Viscerosomatic index (VSI), Hepatosomatic index (HSI), Spleen somatic index (SSI) and Visceral fat index (VFI) of *Cyprinus carpio* fed different diets containing fig extract for 90 days

Diets	Control	F1	F3	F5
VSI	10.80±0.48 ^a	8.17±0.33 ^c	8.57±1.06 ^{bc}	8.47±0.75 ^{bc}
HSI	0.81±0.11 ^a	0.59±0.08 ^c	0.55±0.02 ^c	0.66±0.08 ^{bc}
SSI	0.058±0.06 ^b	0.078±0.08 ^{ab}	0.076±0.03 ^{ab}	0.080±0.07 ^a
VFI	2.63±1.09 ^a	1.80±0.48 ^a	2.04±0.56 ^a	2.33±0.37 ^a

Values are mean ±SE (n=6). Within a row, means with different letters are significantly different (P < 0.05).

Table 7. Viscerosomatic index (VSI), Hepatosomatic index (HSI), Spleen somatic index (SSI) and Visceral fat index (VFI) of *Cyprinus carpio* fed different diets containing onion extract for 90 days

Diets	Control	O1	O3	O5
VSI	10.80±0.48 ^a	10.00±1.13 ^{abc}	9.66±0.94 ^{abc}	10.31±1.97 ^{ab}
HSI	0.81±0.11 ^a	0.59±0.05 ^c	0.67±0.03 ^{bc}	0.74±0.01 ^{ab}
SSI	0.058±0.06 ^b	0.065±0.02 ^{ab}	0.062±0.12 ^{ab}	0.070±0.07 ^{ab}
VFI	2.63±1.09 ^a	2.33±0.37 ^a	2.33±0.68 ^a	2.62±0.36 ^a

Values are mean ±SE (n=6). Within a row, means with different letters are significantly different (P < 0.05).

At the end of 90 days, VSI and HSI values were found lower in the group fed with fig and onion extract compared to the control group and statistically there is difference. VFI value was found lower in the group fed with fig and onion extract compared to the control group but there is statistically no difference (Table 6.7 P>0.05). SSI value was found higher in the group fed with fig and onion extract compared to the control group and statistically there is difference (Table 6.7 P<0.05).

DISCUSSION

Cho (2011) conducted an experiment with *Paralichthys olivaceus*, fed with a basal diet containing 1 g/100g fig and onion extract meal for 6 weeks, and he found that the use of 1 g/100g onion extract meal improved the fish performance (weight gain and specific growth rate). In another study, it was determined that there is no change in the survival rate, weight increase and specific growth rate of *Paralichthys olivaceus* (6.5 g) that was fed with a diet containing %2,5 fig (*Ficus carica*) (Lee et al., 2015)

It was generally observed through the nutritional value and growth performance analyses that fig and onion addition to the

feed with the rate of 1,3 g/100g had positive results. These differences could be explained by the different application time of feeding and fish species, or the level of fig and onion extract in the diets. Biometric indices may increase or decrease due to factors such as unhealthy conditions (Hadidi et al., 2008), feeding levels, or feeding ration (Company et al., 1999). However, in the present study, no mortality or disease in fish from any of the treatments were observed.

It can be said that with the decrease in HSI amount, liver can function in a healthier way. The use of medical plants in fishes in this field is new; in a conducted study, it was reported that fig extract, onion extract and indian fig have no effect on the condition factor and HSI (Cho, 2011). It was reported in a study conducted among channel catfishes that a type of oregano (*Origanum heracleoticum* L.) decreased HSI and VSI amounts (Zheng et al., 2009). In the same study, decrease in HSI amount in parallel with VSI amount might be resulted from oregano's effect in reducing the liver fat. Decrease in HSI amount were acquired through the use of (*Quillaja saponin*, *Astragalus radix* + *Lonicera japonica* and green tea) in different studies carried out among fishes (Francis et al., 2002; Zakes et

al., 2008; Cho et al., 2007). When the low level of HSI amount is linked to the fat rate in liver, it can be said that the used vegetable sources reduce liver fat among carps. These results showed that undesirable VFI in *Cyprinus carpio* could be decreased through fig and onion extracts. In a study carried out among Japanese quails, it was reported that oregano extract oil significantly reduced abdominal fat and the percentage of abdominal fat (Denli et al., 2004). The results acquired by the researchers are similar to the findings acquired from carps. Therefore, it can be said that plant extracts can be used to reduce organ adiposity in the fishes fed with fatty feeds. The spleen is considered to be the main organ in fish where neutrophils, erythrocytes and granulocytes are produced and mature (Anderson, 1974). It appears that the spleen plays a vital role in the immune response in fish and is responsible for the high production of melano-macrophages (Kumaran et al., 2010). Studies have reported a positive relationship between increase in spleen weight and resistance to disease in fish (Hadidi et al., 2008; Wiens and Vallejo, 2010). SSI values significantly increased in both plant extract groups and they are respectively positive changes for easier digestion and higher immunity. Based on the results acquired from the study, the effects of fig and onion in different sized *Cyprinus carpio* and in different periods from larval period to the portion-sized period can be researched in future studies. The use of these plants in feeds of densely cultivated fishes in our country such as rainbow trout, gilthead seabream, and European seabass can

be researched. The total production of these plants, which hold an important place in world trade, has a value of 6.5 million tons and 2.8 billion dollars. Spice exports in the world have reached to 3.3 billion dollars and Turkey ranks 13th with 68 million dollars among the spice exporting countries (SADC, 2005). In addition, as of 2009, Turkey's total export value of medicinal plants and spices has reached to 96 million dollars (Çakıroğlu, 2010). The amount of production of fig and onion from plants cultivated in our country is 305.450 tons and 2.120.581 tons respectively (TSI, 2016). In our country, Abundance in the amount of fig and onion is also related to the price, while cereals and other herbal products are at 2.12 TL / kg and 0.76 TL / kg respectively as production value (TSI, 2011). Fig and onion are among the most common, cheap, and easy to find sources in our country. Significant reductions in plant prices when supplied in high quantities are necessary for fish meal production companies for an economic formulation. In addition to this, based on the positive results acquired from *Cyprinus carpio* as also from many animals and people, both plant extracts, particularly fig, can be used by feed companies.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the Adnan Menderes University Research Fund for financial assistance (the project number ADU BAP ZRF-15037) and KILIC Company for providing research facilities.

REFERENCES

- Anderson, D.P. (1974). *Fish Immunology* (ed. Snieszko S.F. ve Axelrod H.A.), T.F.H Publications, W. Sylvania. 239.
- AOAC. (1998). Official methods of analysis of AOAC international. VA: Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.
- Cho, S.H. (2011). Effects of Putative Growth or Health-Enhancing Dietary Additives on Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*, Performance. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(1): 90-95. doi: 10.1111/j.1749-7345.2010.00447.x
- Cho, S.H., Lee, S.M., Park, B.H., Ji, S.C., Lee, J., Bae, J. & Oh, S.Y. (2007). Effect of Dietary Inclusion of Various Sources of Green Tea on Growth, Body Composition and Blood Chemistry of The Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 33: 49-57. doi:10.1007/s10695-006-9116-3
- Company, R., Caldutch-Giner, J.A. Kaushik, S. & P'erez-S'anchez. P., (1999). Growth performance and adiposity in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*): risks and benefits of high energy diets. *Aquaculture* 171:279-292. doi : 10.1016/S0044-8486(98)00495-5
- Çakıroğlu, D.G. (2010). Herbs & Spices. *İGEME – Export Promotion Center of Turkey*. 14.
- Denli, M., Okan, F. & Uluocak, A.N. (2004). Effect of Dietary Supplementation of Herb Essential Oils on the Growth Performance, Carcass and Intestinal Characteristics of Quail (*Coturnix coturnix japonica*). *South Africa Society for Animal Science*, 34: 174-179.
- Digrak, M., Bağcı, E. & Alma, M.H. (2002). Antibiotic Action of Seed Lipids from Five Tree Species Grown in Turkey. *Pharmaceutical Biology*, 40(6), 425-428. doi:10.1076/phbi.40.6.425.8445
- Folch, J., Lees, M. & Sloane-Stanley, G.H. (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226: 497-509.
- Francis G., Makkar, H.P.S. & Becker, K. (2002). Effects of Cyclic and Regular Feeding of a *Quillaja* Saponin Supplemented Diet on Growth and Metabolism of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Fish Physiology and Biochemistry* 24: 343-350. doi: 10.1023/A:1015047208108
- Goda, A.M.A.S. (2008). Effect of Dietary Ginseng Herb (Ginsana G115) Supplementation on Growth, Feed Utilization, and Hematological Indices of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), Fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39(2): 205-214. doi: 10.1111/j.1749-7345.2008.00153.x
- Hadidi, S., Glenney, G.W., Welch, T.J., Silverstein, J.T. & Wiens, G.D., (2008). Spleen Size Predicts Resistance of Rainbow Trout to *Flavobacterium psychrophilum* Challenge. *The Journal of Immunology*, 180: 4156-4165. doi: 10.4049/jimmunol.180.6.4156
- Immanuel, G., Uma, R.P., Iyapparaj, P., Citarasu, T., Punitha Peter, S.M., Michael Babu, M. & Palavesam, A. (2009). Dietary Medicinal Plant Extracts Improve Growth, Immune Activity and Survival of Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Fish Biology*, 74(7): 1462-1475. doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02212.x
- Jeong, C., Heo, H.J., Choi, S. & Shim, K. (2009). Antioxidant and anticancer properties of methanolic extracts from different parts of white, yellow and red onion. *Food Science and Biotechnology*, 18: 108-112.
- Kahraman, Z. (2009). Herbal Extracts and Their Usage in Laying Hen Diets. *Poultry Research Journal*, 8(1): 34-41.
- Kivanc, M. & Akgul, A. (1986). Antibacterial Activities of Essential Oils from Turkish Species and Citrus. *Flavour and Fragrance Journal*, 1: 175-179. doi: 10.1002/ffj.2730010409
- Kumaran, S., Deivasigamani, B., Alagappan, K.M. & Sakthivel M., (2010). Infection and Immunization Trials of Asian Seabass (*Lates calcarifer*) Against Fish Pathogen *Vibrio anguillarum*. *Journal of Environmental Biology*, 31: 539-541.

- Lee, J., Jung, W.G., Cho, S.H. & Kim, D.S. (2015). Effect of various sources of dietary additive on growth, body composition and serum chemistry of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research*, 46: 2194–2203. doi: 10.1111/are.12388
- Oskoi, S.B., Kohyani, A.T., Parseh, A., Salati, A.P. & Sadeghi, E. (2012). Effects of dietary Administration of *Echinacea purpurea* on Growth Indices and Biochemical and Hematological Indices in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fingerlings. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(4):1029-1034. doi: 10.1007/s10695-011-9587-8
- Ramos, F.A., Takaishi, Y., Shirotori, M., Kawaguchi, Y., Tsuchiya, K., Shibata, H., Higuti, T., Tadokoro, T. & Takeuchi, M. (2006). Antibacterial and antioxidant activities of quercetin oxidation products from yellow onion (*Allium cepa*) skin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 3551–3557. doi:10.1021/jf060251c
- Ryu, S.R., & Jung, S.T. (1999). The preparation and synthesis of antifungal agents using biological activity compounds separated in figs. *Applied Chemistry* 3: 165–168.
- SADC. (2005). Trade Information Brief Spices. *TIPS*, 56 p.
- Simsek, U.G., Guler, T., Ciftci, M., Ertas, O.N. & Dalkilic, B. (2005). The Effect of an Essence Oil Mix (Derived from Oregano, Clove and Anise) on Body Weight and Carcass Characteristic in Broiler. *Journal of Veterinary faculty*, 16 (2): 1-5.
- Sonmez, A.Y., Bilen, S., Alak, G., Hisar, O., Yanik, T. & Biswas, G. (2015). Growth performance and antioxidant enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed diets supplemented with sage, mint and thyme oils. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41: 165-175, doi: 10.1007/s10695-014-0014-9.
- TSI. (2011). Prime Ministry Turkey Statistical Institute.
- TSI. (2016). Prime Ministry Turkey Statistical Institute.
- Wiens, G.D. & Vallejo R.L. (2010). Temporal and pathogen-load dependent changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) immune response traits following challenge with biotype 2 *Yersinia ruckeri*. *Fish & Shellfish Immunology*, 29: 639-647. doi: 10.1016/j.fsi.2010.06.010
- Yang, X.M., Yu, W., Ou, Z.P., Ma, H.I., Liu, W. & Ji, X.I. (2009). Antioxidant and immunity activity of water extract and crude polysaccharide from *Ficus carica* L. fruit. *Plant Foods for Human Nutrition* 64: 167–173. doi: 10.1007/s11130-009-0120-5
- Yigitarslan, K.D., Azdural, K., Yavuz, U. & Turan, F. (2011). Phytotherapy Practices in rainbow trout. *Turkish Scientific Review Journal*, 4 (1): 63-68.
- Yılmaz, E., Ergun, S. & Yılmaz, S. (2015). Influence of carvacrol on the growth performance, hematological, non-specific immune and serum biochemistry parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Nutrition Sciences*, 6: 523–531. doi:10.4236/fns.2015.65054
- Zakes, Z., Kowalska, A., Zakes, K. D., Jeney, G. & Jeney, Z., (2008). Effect of Two Medicinal Herbs (*Astragalus radix* and *Lonicera japonica*) on the Growth Performance and Body Composition of Juvenile Pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)). *Aquaculture Research*, 39: 1149-1160. doi: 10.1111/j.1365 2109.2008.01977.x
- Zheng, Z.L., Tan, J.Y.W., Liu, H.Y., Zhou, X.H., Xiang, X. & Wang, K.Y., (2009). Evaluation of Oregano Essential Oil (*Origanum heracleoticum* L.) on Growth, Antioxidant Effect and Resistance against *Aeromonas hydrophila* in Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 292: 214-218. doi: 10.1016/j.aquaculture.2009.04.025

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve alabalık (*Oncorhynchus mykiss*)'ların baş bölgesinden elde edilen protein hidrolizatlarının depolamadaki kararlılığı

Stability of fish protein hydrolysate from heads of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage

Nida Demirtaş Erol¹ • Ömer Alper Erdem² • Şükran Çaklı^{2*} 

¹ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli
² Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bornova-İzmir
* Corresponding author: sukrancakli@gmail.com

Received date: 06.06.2017

Accepted date: 18.08.2017

How to cite this paper:

Demirtaş, N., Erdem, Ö.A. & Çaklı, Ş. (2017). Stability of fish protein hydrolysate from heads of gilthead sea bream (*Sparus aurata*), european sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during storage. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 327-336. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.12

Öz: Bu çalışma kapsamında, Türkiye'de kültüre edilen çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) fileto edilmesi sonucunda ortaya çıkan atıklarından olan baş bölgesinden, protein hidrolizati elde edilmiştir. Elde edilen ürünlerin bazı fonksiyonel ve antioksidan özellikleri tespit edildikten sonra dondurularak 6 ay süreyle depolanan protein hidrolizatlarının depolama sonrası kararlılığı analizlerle belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen hidrolizatlarda; hidroliz derecesinin ölçülmesi, fonksiyonel özellikler (protein çözünürlüğü, emülsiyon özellikleri, köpürme özellikleri, renk özellikleri, su tutma kapasitesi tespiti (WHC)), antioksidan özellikler (DPPH (1,1-diphenyl-2-pic-ryhidrayl) serbest radikali giderme kapasitesi, antioksidatif aktivite tespiti, metal şelatlama ve aminoasit diziliminin tanımlanması yapılmıştır. Üretimden sonra -18 °C' de depolamaya alınan balık protein hidrolizatlarında depolama süresinin etkisini değerlendirmek amacıyla, yukarıda açıklanan fonksiyonel ve antioksidatif özellikleri kapsayan analizler 6 aylık depolama periyodu sonunda tekrarlanmıştır. Tüm sonuçlar istatistiksel analizler kullanılarak yorumlanmıştır. Balık protein hidrolizatının fonksiyonel ve antioksidatif özelliklerine göre en yüksek antioksidan aktivitesi, çipura hidrolizatında belirlenmiştir. Tüm balık protein hidrolizatlarının üretim verimi % 5'tir. Balık protein hidrolizatlarının fonksiyonel ve antioksidan özellikleri balık türüne göre değişkendir.

Anahtar kelimeler: Protein hidrolizati, yan ürünler, çipura, levrek, alabalık, fonksiyonel özellikler, depolama kararlılığı

Abstract: In the present study, protein hydrolyzate was obtained from the head region from the wastes produced during filleting of seabream (*Sparus aurata*), seabass (*Dicentrarchus labrax*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in Turkey. After the functional and antioxidant properties of the obtained products were determined, the post-storage stability of the protein hydrolysates stored frozen for 6 months was determined by analysis.

In this study, degree of hydrolysis, functional properties (protein solubility, emulsion properties, foaming properties, color properties, water holding capacity (WHC)), antioxidant properties (DPPH (1,1 -diphenyl-2-pic-ryhidrayl) free radical scavenging capacity, antioxidative activity, metal chelating) and determination of aminoacid sequencing were carried out in protein hydrolysate. To evaluate the effect of storage time on fish protein hydrolysates stored at -18°C after production, the above-mentioned analyzes including functional and antioxidative properties were repeated at the end of the 6 month storage period. Results were interpreted using statistical analysis. According to the functional and antioxidative properties of fish protein hydrolyzate, the highest antioxidant activity was determined in seabream head hydrolyzate. The production yield of all fish protein hydrolysates is 5%. The functional and antioxidant properties of fish protein hydrolysates varied according to fish species.

Keywords: Protein hydrolyzate, by products, seabream, seabass, trout, functional properties, storage stability

GİRİŞ

Balıkçılık yan ürünlerinin çoğunluğu Türkiye'de; balık yağı, balık unu, gübre, evcil hayvan yemi ve balık silajı üretmek için kullanılır. Ancak, bu geri kazanılan ürünlerin çoğu düşük ekonomik değere sahiptir. En yüksek karlılık günümüzde biyoaktif bileşiklerden beklenir. Bu biyoaktif bileşenler, basitten

karmaşığa doğru çeşitli teknolojiler ile ekstrakte edilebilir ve saflaştırılabilir. Böylesi bileşenler, biyoteknolojik ve farmasötik uygulamalar için biyoaktif peptitlerin, oligosakkaritlerin, yağ asitlerinin, enzimlerin, suda çözünlen minerallerin ve biyopolimerlerin hazırlanması ve izolasyonunu içerebilir.

Proteinler biyolojik olarak aktif peptitler üreterek hidrolize olabilmektedir. Proteinlerin hidrolize edilmesi de bu biyoaktif bileşenleri ekstrakte etmenin bir yoludur. 2015 yılında Türkiye’de yetiştiricilik üretimi 240 344 ton olarak gerçekleşmiştir. Alabalık 100 411 ton; çipura 51 844 ton ve levrek 75 164 ton olarak yetiştirilmiştir (TÜİK, 2016). Ülkemizde üretilen çipura, levrek ve alabalıkların bir miktarı su ürünleri tesislerinde fileto olarak işlenmekte ve ihracat yapılmaktadır. Dolayısıyla çipura, levrek ve alabalıkların işlenmesi sırasında ortaya önemli miktarda omurga kemiği, iç organlar, deri ve baş bölgesi gibi yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Bu yan ürünler günümüzde ya yem üretim tesislerine gönderilerek düşük kalitede balık unu üretilmektedir ya da atılarak çevre kirliliğine neden olmaktadır.

Balık protein hidrolizatları, proteince zengin balık ham materyalinin enzimatik hidrolizinden oluşan ürünlerdir. Balık proteinlerinin aminoasitlere parçalanması için enzimlerin kullanılmasıyla (proteoliz) üretilmektedirler. Oluşan ürün gıda ürünlerinde bir katkı maddesi olarak kullanıldığında çok işlevseldir. Belli enzimler ve/veya mikrobiyal başlangıç kültürler proteolizi hızlandırmak için eklenmektedirler. Zaman, sıcaklık ve pH gibi parçalanma parametreleri istenilen özelliklerdeki balık protein hidrolizatını üretmek için sıkı biçimde denetlenmektedir. Balık protein hidrolizatları özellikleri nedeniyle araştırmacılar için önemlidir ama maalesef acı tadı, balıksı koku ve lezzeti ile insanların tükettiği ürünlerde kullanımı için uygun bulunmayabilmektedir. Bu nedenle üretim metotları önemlidir. Birçok araştırmacı üründe değiştirilmesi önerilen bu unsurları kaldırmak ve değiştirmek için çalışmalarına devam etmektedir. Son 10 yıl içerisinde bu konuda önemli metotlar yayınlanmış olup, protein konsantreleri insan gıdasında katkı ve zenginleştirme maddesi olarak kullanılmaktadır (Kristinsson ve Rasco, 2000; Çaklı, 2008; Aylangan ve Öztan, 2008).

Protein hidrolizatları, lezzet geliştirici, fonksiyonel ingrediyenler veya düşük kaliteli gıdalara beslenme katkısı olarak kullanılabilir. Protein ilavesi olarak, enerji içeceklerinde, yaşlılık ürünlerinde, sporcuların beslenmesinde ve kilo-kontrolü diyetlerinde kullanılabilir. Klinik olarak ise, fenilketonüri (PKL), hipoallerjenik bebek formüllerinde, akut ve kronik karaciğer hastalıklarında, bağırsak sendromunda, ateşli bağırsak hastalığında, pankreasla ilgili hastalıklarda ve kolon ve rektumun iç çeperinde ülserlere ve tahrişe neden olan tehlikeli bir hastalıkta kullanılabilir. Ayrıca proteinler biyolojik olarak aktif peptitler üreterek hidrolize olabilmektedir. Biyolojik aktif peptitler, antioksidatif aktivite gösterebilmektedir. Hidrolizatın özellikleri doğrudan gıda bileşeni olarak kullanımını ve fonksiyonel özelliklerini etkilemektedir. Bu bağlamda, protein hidrolizatının fonksiyonel ve antioksidatif özelliklerini belirlemek üzere protein çözünürlüğü, emülsiyon özellikleri, köpürme özellikleri, renk özellikleri, su tutma kapasitesi (WHC), (DPPH (1,1-diphenyl-2-pic-ryhydral) serbest radikali giderme kapasitesi, antioksidatif aktivite tespiti ve metal şelatlama analizleri yapılmaktadır (Klompong vd., 2007; Nguyen vd., 2011).

Bu araştırma kapsamında Türkiye’de kültüre edilen çipura

(*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) fileto edilmesi sonucunda ortaya çıkan atıklarından olan baş bölgesinden protein hidrolizat elde edilerek, bazı fonksiyonel ve antioksidan özellikler tespit edilmiş ve dondurarak depolama sırasında bu özelliklerin kararlılığı tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Araştırma için kullanılan ham materyal, Ege bölgesinde yetiştiriciliği yapılmakta olan alabalık (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*) balıklarından elde edilmiştir. Hali hazırda derili ve derisiz fileto işlemesi yapan bir ticari işletmede fileto artığı olan başlar ilgili tesis tarafından çıkarılmış ve kilitleti plastik poşetler içinde 250 g olacak şekilde gruplara ayrılarak işletmede dondurulmuş ve frigorifik taşıt ile E. Ü. Su Ürünleri İşleme Laboratuvarına donuk halde nakledilmiştir.

Donmuş halde getirilen balık başları bir gece soğuk depoda (+4°C) çözündürmeye bırakılmış ve çözündürülen örnekler parçalayıcı (Kitchen Aid marka; 2kg/min; model KPM5, St. Joseph, Michigan, USA) kullanılarak üretim için hazırlanmıştır.

Üretim metodu

Balık başlarından hidrolizat üretimi

Başlar (500g) 500 ml saf su eklenerek homojenizatöre aktarılmış ve ilk parçalama işlemi gerçekleştirilmiştir. Akabinde 90°C’de 20 dakika süresince pişirilerek endojen enzimlerin inaktif hale geçmesi sağlanmıştır. Pişmiş olan başlar tekrar homojenizatöre alınarak 2 dakika boyunca parçalanmıştır. Örnekler daha sonra kullanılan enzim doğrultusunda optimal pH ve sıcaklığa getirilmiştir. Kullanılan enzim Alcalase®’tr. pH 8.0 ve dengeleme için 4N NaOH kullanılmıştır, sıcaklık 50°C olarak sabitlenmiştir. Hidroliz işlemi için ham materyal miktarının % 0.1’i olarak hesaplanmış ve 50°C’da stabil olan karışıma eklenmiştir. Bekleme süresi 3 saattir. Bekleme süresi sonunda enzim aktivitesinin durdurulması için elde edilen karışıma 20 dakika süresince 80°C üzerinde ısı uygulanmıştır. Enzim aktivasyonunun durdurulmasını takiben karışım süzülerek sıvı kısım ve posa ayrılmıştır. Ayrım işleminden sonra örnekler 5000g de 20 dakika santrifüj edilmiş ve santrifüj işlemi sonunda 2 katman oluşmuştur. Bu noktada oluşan tortu faz (suda çözülmeyen faz) ve sıvı faz (suda çözülebilen faz) birbirinden ayrılmıştır. Sıvı faz +4°C’deki soğuk depoda hızlı bir şekilde soğutulmuş ve bu işlemi takiben liyofilizatör kullanılarak kurutulmuştur. Kurutma işlemi -20°C’de 24 saat süresince uygulanmıştır. Kurutulmuş olan örnekler öğütücü kullanılarak toz hale getirilmiş ve -18°C de derin dondurucuda analiz yapılmaya kadar muhafazaya alınmıştır (Bougatef vd., 2010).

Balık protein hidrolizatların depolanması

Hidrolizatların depolamadaki kararlılığını tespit amacıyla üretilen balık protein hidrolizatları -18°C’ de polietilen ambalajlar içerisinde muhafaza alınmıştır. 6 aylık depolama periyodu sonunda tüm gruplarda fonksiyonel ve antioksidan

özellikleri gösteren analizler ile aminoasit dizilim analizleri tekrarlanmıştır.

Analiz metotları

Hidroliz derecesinin ölçülmesi

Hidroliz derecesinin ölçülmesi için kullanılan metot Benjakul ve Morrissey (1997) metodunun bazı modifikasyonlar ile uygulanan metodudur. Analiz liyofilize edilmeden önce elde edilen protein hidrolizat sıvı fazlarında uygulanmıştır. 60 dakika hidroliz işlemi sonunda değerler tespit edilmiştir.

Metot; α -aminoasit miktarının hidroliz işlemi sonundaki kaybının oranlanmasına dayanmaktadır; elde edilmiş olan sıvı fazdan 125 μ l alınır ve 2ml 0.2125 M sodyum fosfat tamponunda (pH:8.2) eklenir bu karışıma 1ml % 0.01 lik TNBS (2,4,6 –tirinitrobenzensulfonik asit) eklenir. Karıştırılır ve bu karışım 20 dakika boyunca karanlık ortamda 50°C' ye ayarlanmış su banyosu içinde inkübe edilir. Sürenin bitiminde reaksiyonun tamamlanıp durdurulması için 2ml 0.1 M sodyum sülfite eklenir. Karışımın ısısının düşmesi için bir miktar beklenir, bu süre sabit oda sıcaklığına düşene kadar (yaklaşık 20 dakika) olmalıdır. Bu işlemi takiben 420 nm de spektrofotometrik ölçümler yapılır.

Maksimum α -amino asit miktarının tespiti için yapılması gereken hidroliz işlemi: Ham materyaldeki maksimum α -amino asit miktarının elde edilmesi için yapılması gereken ayrı bir hidroliz yöntemidir (Beak ve Cadwallader, 1995). Bu işlem için balık başlarının 1:1 oranda 6N HCl solusyonu içinde 105°C'lik etüvde 24 saat tutulması gerekmektedir. Bu işlem sonunda asit-hidrolizi yapılan örnekler Whatman No. 1 filtre kağıdından geçirilerek hidrolize olmayan kısım ayrılır. Elde edilen sıvı hidrolizat 6N NaOH ile nötrülenir. Bu işlemi takiben 420 nm'de spektrofotometrik ölçümleri yapılır. Bu maksimum değerde α -amino asit olarak ifade edilen L –Lösin amino asitidir.

Hidroliz derecesi şu formül kullanılarak hesaplanmıştır;

$$HD (\%) = [(L - L_0) / (L_{max} - L_0)] \times 100$$

L: zamana bağlı kaybolan α -amino asit miktarı

L₀: ham maddenin sahip olduğu α -amino asit miktarı

L_{max}: maksimum α -amino asit miktarı

Fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi

Protein çözünürlüğü

Protein çözünürlüğünü tespit etmek için 10mg hidrolizat tozu 8 ml deionize suya eklenmiştir. Bu karışımın pH'ı 3, 5, 7 ve 9 a sabitlenmiştir. pH stabilitesi için kullanılan dengeleyiciler 1M HCl (Hidroklorik asit) ve 1M NaOH (Sodyum hidroksit) solusyonlarıdır. Stabil hale gelen ve pH'ları sabitlenmiş olan solusyonlar 30 dakika manyetik karıştırıcıda oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Bu işlemi takiben karışım hacimleri saf su kullanılarak 10 ml ye tamamlanmıştır. Daha sonra ultra santrifüj ile 5000g de 15 dakika santrifüj işlemine tabi tutulmuştur. Protein miktarını tespit etmek için kullanılan metot Lowry vd. (1951)'dir ve bovin serum albumin standart olarak kullanılmıştır.

Materyaldeki toplam protein miktarı 0.5 M NaOH'te örneğin çözülmesinden sonra tespit edilmiştir.

Protein Çözünürlüğü için kullanılan formül;

$$\text{Çözünürlük (\%)} = \text{sıvı kısmın protein miktarı} \times 100$$

Örneğin toplam protein miktarı

Emülsiyon özellikleri

Hidrolizatın emülsiyon özelliklerini belirlemek için emülsiyon aktivite indeksi (EAI) ve Emülsiyon Stabilitate İndeksi (ESI) analizleri Pearce ve Kinsella (1978) metoduna küçük modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir. Hidrolizat solusyonuna (6ml) soya yağı (2ml) eklenerek 1 dakika ultra turrax kullanılarak yüksek devirde karıştırılmıştır. Oluşan karışımın orta bölümündeki sıvıdan 2 örnek (50 μ l) alınmıştır. İlk alınan örnek karıştırma işlemi bittiği anda (50 μ l) ikinci örnek ise karışımın 10 dakika bekletilmesi sonucunda (50 μ l) alınmıştır. Alınan örnekler %0,1 sodyum dodesil sülfat (SDS) solusyonu ile 100 kat seyreltilmiştir. Elde edilen karışım vortex ile 10 sn karıştırılmıştır. Bu işlemi takiben 500 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Perkin Elmer, US) absorbans değerleri ölçülmüştür.

$$EAI (m^2/g) = (2 \times 2.303 \times A \times DF) / I \Phi C$$

$$A = A_{500}$$

$$DF = \text{Seyreltme faktörü (100)}$$

$$I = \text{spektrö kuvvetinin taban tek kenar ölçüsü (m)}$$

$$\Phi = \text{Kullanılan yağ miktarı}$$

$$C = \text{Hidroliz derecesi}$$

$$ESI (\text{dakika}) = A_0 \times \Delta t / \Delta A$$

$$\Delta A = A_0 - A_{10}$$

$$\Delta t = 10 \text{ dakika}$$

Köpürme özellikleri

Köpürme özellikleri altında elde edilen hidrolizatların köpürme miktarı (FE) ve köpürme stabilitesi (FS) Shahidi vd. (1995) metodunun modifiye edilmiş şekli kullanılarak tespit edilmiştir. Hidrolizat solusyonundan 20 ml alınarak 100 ml'lik mezüre aktarılmıştır. 1 dakika boyunca 13,400 rpm hızda ultra turrax kullanılarak oda sıcaklığında karıştırılmıştır. Örnekler anlık (0 dakika) ve 60 dakika süre ile bekletilmiştir. Formül hacimsel değerlere göre şu şekildedir.

$$\text{Köpürme miktarı} = FE(\%) = (V_T / V_0) \times 100$$

$$\text{Köpürme stabilitesi} = FS(\%) = (V_t / V_0) \times 100$$

$$V_T = \text{İşlem sonrası toplam hacim}$$

$$V_0 = \text{Köpürme öncesi normal hacim (0. dakika)}$$

$$V_t = 60 \text{ dakika bekleme sonrası tespit edilen hacim}$$

Renk özellikleri

Spektropen (Hach-Lange GmbH & Co., Dusseldorf, Germany) renk ölçüm cihazı kullanılarak Schubring (2002) metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Renk ölçümü toz haldeki hidrolizat örnekleri üzerinden 10 paralel ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar CIE Lab sisteminde L* parlaklığı (0'dan 100'e kadar derecelendirme siyahtan beyaza); a*, (+) kırmızı veya (-) yeşil ve b*, (+) sarı veya (-) mavi skalasında verilmiştir.

Su tutma kapasitesi (WCH)

Elde edilen toz balık hidrolizatı örneklerinin balık kıymasına eklenmesi sonucunda kıymanın su tutma kapasitesindeki değişim üzerine uygulanan ve Eide vd. (1982) referansına dayanarak uygulanan metottur. Kullanılacak balık kıyması miktarının %2'si kadar balık protein hidrolizat tozu eklenmiştir. Bu karıştırma işleminden sonra balık karışımının tartımı alınarak kaydedilmiştir. Bunu takiben 300g düşük devirde 10 dakika santrifüj işlemi gerçekleştirilmiş ve işlem sonunda kıyma tartılarak kaybedilen su miktarı üzerinden su tutma kaybı tespit edilmiştir.

Antioksidatif özelliklerin belirlenmesi

Dpph serbest radikali giderme kapasitesi

DPPH (1,1-diphenyl-2-pic-ryhydral) serbest radikali giderme aktivitesi Yen ve Wu (1999) metodu kullanılarak tespit edilmiştir. Liyofilize edilmiş olan toz örnekler (3 mg toz/ml hidrolizat için) 0.05M fosfat tamponunda (pH: 6.5) çözündürülmüştür. Çözülme sonrasında bu solusyondan 4 ml alınarak ve üzerine 1 ml DPPH solusyonu (%95 methanolde hazırlanan ve konsantrasyonu 0.2mM olmalıdır) eklenmiştir. Bu solusyon güçlü bir şekilde çalkalınıp 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Beklenen süre sonunda 517 nm de spektrofotometre ile ölçüm yapılmıştır. Hesaplama için bu oranlarda 3 ölçüm yapılmıştır. Bu 3 ölçümün grupları şunlardır; 1. grup sadece DPPH içermeli (kontrol), 2. grup örnek ve DPPH içermeli ve 3. grup da ise (DPPH olmamalı) sadece örnek bulunmalıdır. Hesaplama formülü şu şekildedir.

DPPH serbest radikali giderme kapasitesi (%)=[A₀-(A₁-A_s)]/A₀×100.

A₀= Sadece DPPH içeren kontrol grubunun absorbans değeridir.

A₁= Örnek ve DPPH içeren grubun absorbans değeridir.

A_s = Sadece örnek içeren grubun absorbans değeridir (DPPH içermeyen).

Antioksidatif aktivite tespiti

Elde edilen hidrolizatların antioksidatif aktivite tespiti için kullanılan referans metot Chen vd. (1995)'nin metodudur. Analiz metoduna göre (3 mg toz/ml hidrolizat için, 1mg/ml jel filtrasyonu için, 150 µg/ml HPLC-1 saflaştırma için, 100 µg/ml HPLC-2 saflaştırma için) hidrolizat tozu içinde 1ml de-iyonize su, 1ml 0.1 M Sodyum fosfat tamponu (pH:7.0) ve 1 ml etanol

(%95) içinde bulunan 50 mM linoleik asit olan solusyona eklenmiş 5 ml'lik tüpe eklenerek karıştırılmış ve çözündürülmüştür. Deney tüpleri oksidasyonu hızlandırmak için karanlık ve 60°C' a ayarlanmış etüvde tutulmuştur. Elde edilen bu reaksiyon karışımından 50µl alınıp içinde 2.35 ml %75 etanol, 50µl %30 ammonium thiocyanate ve 50µl 20mM ferrous chloride (%3.5 HCl içinde çözündürülmüş) karışıma eklenmiştir. Karışım 3 dakika boyunca tüp karıştırıcısı ile (vortex) karıştırılmış ve bu işlemi takiben 500nm de spektrofotometrik ölçüm alınmıştır. Bu andan itibaren her gün karanlıkta bekletilen tüplerden 50µl den alınıp karışıma eklenmiş ve ölçüm alınmıştır. Spektrofotometrik absorbans değeri 0.3 görülene kadar devam etmiştir. Chen vd. (1995)'ne göre bu değer görülene kadar geçen süre indüksiyon süresidir. Bağlı anti-oksidatif değer bu değer yakalanana kadar geçen gün sayısı ile ifade edilmiştir.

Metal şelatlama

Fe²⁺ şelatlama aktivitesi Chung vd. (2002)'nin uyguladığı metoda bağlı kalınarak yapılmıştır. Metoda göre 800 µl örnek hidrolizat 10 µl, 2mM FeCl₂ ve 20 µl, 5mM ferrozin içeren karışıma eklenerek ve vortex kullanılarak karıştırılmıştır. Ölçüm öncesi 10 dakika oda sıcaklığında tutularak reaksiyonun tamamlanması beklenmiştir. Takiben 562 nm'de spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Kontrol örneği için 800 µl saf su, 10 µl, 2mM FeCl₂ ve 20 µl, 5mM ferrozin karışımına eklenerek, 562 nm'de spektrofotometrik ölçüm gerçekleştirilmiştir. Analiz 3 paralel olarak yapılmıştır. Hesaplama formülü aşağıdaki gibidir.

Şelatlama Kabiliyeti (%)= [1-(Absorbans örnek/Absorbans kontrol)]x100.

Aminoasit diziliminin tanımlanması

Elde edilen balık protein hidrolizatlarında aminoasit diziliminin tanımlanması protein analizi yapılarak (D .05.G105, işletme içi metot- HPLC UV) TÜBİTAK-MAM'dan hizmet alınarak yapılmıştır. Aminoasit tanımlanması, üretilen balık hidrolizatlarında, üretimden hemen sonra ve balık hidrolizatlarının -18°C'de 6 aylık depolama periyodu sonunda, amino asitlerde değişiminin olup olmadığını tespit edebilmek amacı ile tekrarlanmıştır.

İstatistiksel değerlendirme

İstatistiksel değerlendirme için her bir gruptaki analizler 3 paralel olarak yapılmıştır. İstatistiksel analiz, SPSS for Windows 9.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar, ortalama ± standart sapma (SD) olarak verilmiştir. Çoklu karşılaştırmalar için parametrik varsayımların gerçekleştiği verilerde tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu test ile fark bulunan gruplarda farklılığın nereden kaynaklandığını bulmak için, Post-hoc Tukey HSD testi ve Duncan testi kullanılmıştır. Gruplar arası ve depolamaya bağlı parametrelerde değerlendirmeler ve parametreler arası ilişki P<0,05 olması anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR**Hidroliz derecesi (%)**

Üretilen protein hidrolizatlarındaki hidroliz derecesine ait bulgular Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Hidroliz derecesinde değişimler
Table 1. Changes of the degree of hydrolysis

Hidroliz Süresi/ Tür	Çipura	Levrek	Alabalık
60 Dk	25,5102 ^a	28,40705 ^a	21,30584 ^b
90 Dk	30,5295 ^a	34,9528 ^b	26,48454 ^c
120 Dk	35,71429 ^a	39,19841 ^b	32,99656 ^c
180 Dk	36,34859 ^a	40,49062 ^b	33,17869 ^c

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Hidroliz derecesi (H.D.) 60 dk.'dan başlamak üzere 3 türde de ayrı ayrı 90, 120, 180. dk'larda alınan örneklerle tespit edilmiştir. Buna göre 60. dk' daki balık protein hidrolizatındaki en yüksek H.D. 'si levrekten elde edilen balık protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Hidroliz işleminin sonlandırıldığı 180. dk'da ise en yüksek H.D. yine levrekten elde edilen balık protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Hidroliz derecelerinin tespit edildiği tüm dakikalarda türler arası anlamlı istatistiksel fark bulunmuştur (p<0.05). Tüm gruplarda hidroliz derecelerinin, hidroliz süresi artışına bağlı olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi**Protein çözünürlüğü (%)**

Üretilen protein hidrolizatlarındaki protein çözünürlüğüne ait bulgular Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Protein çözünürlüğünde değişimler
Table 2. Changes of protein solubility

(%)	Çipura	Levrek	Alabalık
0.Gün	90,82±5,21 ^a	94,07±2,27 ^a	96,71±4,2 ^a
6.Ay	70,21±3,65 ^a	75,83±2,49 ^a	83,14±2,3 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Yapılan protein çözünürlüğü tespiti analizinde 0.günde en yüksek değer alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Yapılan araştırmalarda protein çözünürlüğünün özellikle dondurarak depolamada azalma gösterdiği bildirilmektedir. 6 aylık depolama periyodu sonunda yapılan analizlerde 0.günde yapılan analizlere göre tüm grupların protein çözünürlüğü değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. 6 aylık depolama periyodu sonunda yapılan protein çözünürlüğü analizinde ise en yüksek değer yine alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Ancak gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunamamıştır.

Emülsiyon özellikleri

Üretilen protein hidrolizatlarındaki Emülsiyon Aktivite İndeksi ve Emülsiyon Stabilitate İndeksi'ne ait bulgular Tablo 3 ve 4'te verilmiştir.

Emülsiyon aktivite indeksi (EAI) (m²/g)

Tablo 3. Emülsiyon Aktivite İndeksindeki değişimler (EAI) (m²/g)
Table 3. Changes of Emulsion Activity Index (EAI) (m²/g)

	Tür/Enzim kons.(%)	0.1	0.5	1.0	3.0
0.Gün	Çipura	0,77	4,31	6,09	20,99
	Levrek	0,09	-1,48	-4,83	-12,91
	Alabalık	0,55	2,35	2,85	-0,91
6.Ay	Çipura	1,05	4,70	8,83	19,08
	Levrek	0,67	2,29	3,85	9,06
	Alabalık	0,48	2,29	3,03	9,65

0.günde ve 6 aylık depolama sonunda her 3 türden de üretilen protein hidrolizatlarında enzim konsantrasyonuna bağlı olarak EAI ve ESI tespit edilmiştir. 0.günde yapılan analizde çipuradan elde edilen protein hidrolizatında enzim konsantrasyonu artışına bağlı olarak EAI'nin arttığı tespit edilmiştir. Levrekten elde edilen protein hidrolizatında enzim konsantrasyonu artışına bağlı olarak EAI'de doğrusal bir azalma tespit edilirken, alabalıktan elde edilen protein hidrolizatındaki değişimler düzensizdir. 6 aylık depolama sonunda enzim konsantrasyonu artışına bağlı olarak her 3 türden elde edilen balık protein hidrolizatlarının EAI değerlerinde artış tespit edilmiştir. 0.günde yapılan ESI analizinde enzim konsantrasyonu artışına bağlı olarak çipuradan ve levrekten elde edilen protein hidrolizatında doğrusal olmayan bir azalma, alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında ise doğrusal olmayan bir artış tespit edilmiştir. 6 aylık depolama sonunda yapılan analizde enzim konsantrasyonu artışına bağlı olarak çipura ve levrekte doğrusal olmayan bir azalma, alabalıkta ise artış tespit edilmiştir.

Emülsiyon stabilite indeksi (ESI) (dk)

Tablo 4. Emülsiyon Stabilitate İndeksindeki değişimler (ESI)
Table 4. Changes of Emulsion Stability Index (ESI)

	Tür/Enzim kons.(%)	0.1	0.5	1.0	3.0
0.Gün	Çipura	-1,84	3,57	-1,54	-4,76
	Levrek	0,02	0,74	-11,23	-9,22
	Alabalık	-6,92	0,43	0,046	-0,63
6.Ay	Çipura	4,00	-4,14	1,13	0,50
	Levrek	11,90	2,69	1,00	0,36
	Alabalık	0,32	0,15	0,55	5,03

Köpürme özellikleri

Üretilen protein hidrolizatlarındaki Köpürme Miktarı (%) ve Köpürme Stabilitesi (%)'ne ait bulgular Tablo 5 ve 6'da verilmiştir.

Tablo 5. Köpürme miktarındaki değişimler
Table 5. Changes of foaming amounts

(%)	Çipura	Levrek	Alabalık
0. Gün	17,33	4,00	2,33
6. Ay	57,67	50	5,67

Tüm grupların köpürme miktarlarına bakıldığında 0.günde tespit edilen en yüksek köpürme miktarı çipuradan elde edilen protein hidrolizatındadır. 6 aylık depolamanın sonunda yapılan analizde ise en yüksek köpürme miktarı yine çipuradan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir.

Tablo 6. Köpürme stabilitesindeki değişimler
Table 6. Changes of foaming stability

(%)	Tür/Süre (dk)	5	10	40	60
0.Gün	Çipura	2,33	2	0,33	0
	Levrek	17,33	16,66	13,66	11,33
	Alabalık	4	3,66	3	2,33
6.Ay	Çipura	57,66	45,33	34,66	31,66
	Levrek	50	62,66	27,66	20
	Alabalık	5,66	5,66	5,33	5,33

Köpürme özelliği protein hidrolizatının fiziko-kimyasal özelliklerinden biridir. Proteinlerde yüksek köpürme kapasitesi olması proteinin daha elastiki olmasını sağlar ve yüzey gerilimini azaltma kapasitesini artırır. Yüksek molekül ağırlığına sahip peptidler protein hidrolizatının köpürme stabilitesi ile pozitif olarak ilişkilidir (Klompong vd., 2007). Süreye bağlı olarak tespit edilen köpürme stabilitesi 0.günde ve 6 aylık depolamanın sonunda tespit edilmiştir. Buna göre 0. günde yapılan analizde en yüksek köpürme stabilitesi levrekten elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Ancak tüm gruplarda köpürme stabilitesinin zamana bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir.

Renk ölçümü

Üretilen protein hidrolizatlarındaki renk ölçümüne ait bulgular Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Renk özelliklerindeki değişimler
Table 7. Changes of colour properties

		L*	a*	b*
0.Gün	Çipura	89,51±2,39 ^a	-1,64±0,13 ^a	19,25±0,59 ^a
	Levrek	82,78±2,03 ^a	-0,71±0,26 ^a	27,19±1,71 ^a
	Alabalık	85±1,53 ^a	-1,37±0,08 ^a	20,21±0,69 ^a
6. Ay	Çipura	82,07±2,63 ^a	-0,6±0,21 ^a	20,11±1,85 ^a
	Levrek	79,81±5,15 ^a	-0,5±0,3 ^a	28,18±2,26 ^a
	Alabalık	75,68±5,06 ^a	-0,59±0,3 ^a	16,85±1,67 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Her 3 grupta da L*, a* ve b* değerleri ölçülmüştür. 0. Gündeki en yüksek parlaklık (L*) değeri çipuradan elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında olup diğer gruplarla arasında istatistiksel bir fark tespit edilememiştir (p>0.05). 6 ay depolama sonunda yapılan ölçümde parlaklık değeri yine çipuradan elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında en yüksek tespit edilmiştir ancak istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (p> 0.05). 6 aylık depolama süresi boyunca L* parlaklık değeri her 3 türden elde edilen balık protein hidrolizatlarında da düşüş göstermiştir. Tüm gruplardaki a* değerleri yeşile dönük (-) değerler olarak tespit edilmiştir. 0. günde en yüksek a* değeri çipuradan elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında tespit edilmiştir. 6. ayın sonunda tespit edilen en yüksek a* değeri yine çipurada olmakla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilememiştir (p> 0.05). b* değeri tüm gruplarda sarıya yakın (+) değerler almıştır. En yüksek değerler 0. günde ve 6 aylık depolamanın sonunda levrekten elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında tespit edilmiş olup gruplar arası istatistiksel fark tespit edilememiştir (p> 0.05).

Su tutma kapasitesi (WHC) (g protein/mL su)

Üretilen protein hidrolizatlarında Su Tutma Kapasitesine ait bulgular Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Su tutma kapasitesindeki değişimler
Table 8. Changes of water binding capacity

Su tutma kapasitesi g protein/mL su	Çipura	Levrek	Alabalık
0.Gün	1,0±0,0 ^a	2,0±0,0 ^a	0,4±0,2 ^a
6.Ay	-3,0±0,0 ^a	-2,5±0,35 ^a	-2,0±0,0 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Birçok çalışma göstermektedir ki balık protein hidrolizatları mükemmel bir su tutma kapasitesi gösterirler ve kıymalara eklendiğinde pişirme verimini arttırabilir. Su tutma kapasitesi hidroliz derecesi arttıkça artmaktadır (Wasswa vd., 2007). 0. günde ve 6 aylık depolama periyodu sonunda yapılan analizlerle tüm gruplarda su tutma kapasitesi tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar her bir ml suyu bağlayan 1 g protein olarak verilmiştir. 0. günde yapılan analize göre en yüksek değer levrekten elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında tespit edilmiştir. 6 aylık depolama periyodu sonunda yapılan analizlerde ise tüm gruplarda su tutma kapasitesinin azaldığı tespit edilmiştir. En fazla azalma çipurada tespit edilmiştir. Buna paralel olarak tüm gruplarda su tutma kapasitesi negatif değerler almıştır. Bununla birlikte depolamanın su tutma kapasitesi üzerine negatif bir etkisi olduğu söylenebilir.

Antioksidatif özellikler

Üretilen protein hidrolizatlarında Antioksidatif Özelliklere ait bulgular Tablo 9, 10 ve 11'de verilmiştir.

DPPH (serbest radikali giderme kapasitesi)

Tablo 9. Serbest radikali giderme kapasitesi değişimleri
Table 9: Changes of free radical scavenging capacity

(%)	Çipura	Levrek	Alabalık
0. Gün	12,85±0,34 ^a	71,3981±30,9 ^a	74,23247±9,07 ^a
6. Ay	-100,54±1,51 ^a	-109,87±8,32 ^a	13,89±15,42 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Çalışmada 0. günde ve 6 aylık depolama sonunda yapılan analizlerde en yüksek serbest radikali giderme kapasitesi (DPPH) değerleri alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiş olup 0. günde ve 6 aylık depolama sonunda gruplar arasında istatistiksel fark tespit edilememiştir (p < 0.05). Tüm gruplarda DPPH değerlerinde 6 aylık depolamanın sonunda tüm gruplarda DPPH'ın azaldığı, düşüşlerle birlikte depolama sonunda en yüksek DPPH alabalıkta tespit edilmiştir.

Antioksidatif aktivite

Tablo 10. Antioksidatif aktivitedeki değişimler
Table 10. Changes of antioxidative activity

Absorbans (nm)	Çipura	Levrek	Alabalık	BHA	Kontrol
0. Gün	0,19±0,08 ^a	0,1±0,06 ^a	0,14±0,03 ^a	0,14±0,02 ^a	0,16±0,01 ^a
6. Ay	2,12±0,88 ^a	2,59±0,34 ^a	2,7±0,13 ^a	0,15±0,01 ^a	2,85±0,02 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

Her 3 türden de elde edilen balık protein hidrolizatlarının antioksidatif aktiviteleri tespit edilmiş ve sentetik antioksidan olan bütillenmiş hidroksi anisol (BHA) ve kontrol grubuna karşı aktiviteleri değerlendirilmiştir. Buna göre 0.günde yapılan

analizde en düşük antioksidatif aktivite sırasıyla levrekten elde edilen protein hidrolizatında ve BHA'da tespit edilmiştir, ancak gruplar arası istatistiksel fark tespit edilememiştir. 6 ay depolama sonunda yapılan analize göre BHA en düşük değere sahip olmakla birlikte deneme gruplarında en düşük değer ise çipuradan elde edilen balık protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Depolama süresi sonunda kontrol grubuyla birlikte her 3 türdeki antioksidatif aktivite sonlanmıştır.

Metal şelatlama Fe⁺² (%)

Tablo 11. Metal şelatlamadaki değişimler
Table 11. Changes of metal chelating

(%)	Çipura	Levrek	Alabalık
0. Gün	0,630043±6,59 ^a	73,30442±24,59 ^a	15,59835±36,95 ^a
6. Ay	-83,0889±5,53 ^a	-58,3615±17,25 ^a	-41,4771±1,62 ^a

*Aynı sıradaki farklı harfler gruplar arası farklılıkları göstermektedir (p < 0.05)

0. günde yapılan metal şelatlama analizinde en yüksek değer levrekten elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. 6 aylık depolama sonunda yapılan analizlerde ise en yüksek değer alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. 6. ay sonunda yapılan analizlerde metal şelatlama özelliğinin aşırı bir düşüş gösterdiği tespit edilmiş olup tüm gruplarda negatif değerler bulunmuştur. 0. ve 6. ay sonunda yapılan analizlerde gruplar arası istatistiksel fark tespit edilememiştir.

Aminoasit diziliminin tanımlanması

Üretilen protein hidrolizatlarında protein miktarı ve aminoasit dizilimin tanımlanması Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Balık protein hidrolizatlarının protein miktarı ve aminoasit kompozisyonları
Table 12. Protein content and amino acid compositions of fish protein hydrolysates

	Alabalık		Çipura		Levrek	
	0. Gün	6. Ay	0. Gün	6. Ay	0. Gün	6. Ay
% Protein	78,03	70,56	80,87	74,63	83,84	81,00
Aminoasit kompozisyonu (mg/100 g protein hidrolizatı)						
L-Alanin	5854	4107,5	5633	5804	8903	7653,5
L-Aspartik asit	8629	5083	10216,5	3454	7400	2816,5
L-Metionin	2523,5	2321	2432,5	2494	2680	2776,5
L-Glutamik asit	8729	9231	10218,5	5847,5	7495,5	5580
L-Fenilalanin	3303,5	2796	3207	3349	3766,5	4188
L-Lizin	5071,5	8018,5	5454,5	5329	3694,5	5762
L-Histidin	3442	1810	3378,5	2052	2348	2170
L-Tirozin	2275	1727	2279,5	2314,5	2651,5	2633
Glisin	9693,5	8023,5	9087,5	10404,5	12415,5	13303
L-Valin	3766,5	3007,5	3792,5	3170	4097	3588,5
L-Lösin	5646	5020,5	5525,5	5743	6205	6545
L-İsolösin	3418	2865,5	3291,5	3282,5	3787	3939
L-Treonin	2949	2370	2778,5	3025,5	3296	3077
L-Serin	4272	3751,5	4226	3770	4065	4320,5
L-Prolin	5648,5	5234,5	5547,5	6278,5	6450,5	7287
L-Arjinin	1864	3235,5	2366	1466	1503	1895

Üretimden hemen sonra 0. günde levrek protein hidrolizatının protein içeriği çipura ve alabalık protein hidrolizatından daha yüksek tespit edilmiştir. Yine, 6 aylık depolama sonunda yapılan analizlerde levrek protein hidrolizatının protein içeriği çipura ve alabalık protein hidrolizatından daha yüksek tespit edilmiştir.

Alabalık, çipura ve levrek protein hidrolizatlarının aminoasit kompozisyonlarının glutamik asit, aspartik asit, glisin, lösin ve alanin hariç benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Esansiyel(EAA)/esansiyel olmayan aminoasit (NEAA) oranı çipura, levrek ve alabalık protein hidrolizatlarında sırasıyla 0,50, 0,52 ve 0,53 olarak tespit edilmiştir. Alabalık protein hidrolizatının 0. günde glisin, aspartik asit, glutamik asit, alanin, lösin ve prolince zengin olduğu gözlemlenmiştir. Gruplar arası inceleme yapıldığında histidinin alabalık ve çipura protein hidrolizatında diğerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 6 aylık depolama sonunda; gruplar arası karşılaştırma yapıldığında glutamik asit, lizin ve glisinin en yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Levrek protein hidrolizatı 0.günde glisin, alanin, glutamik asit, prolin ve lösince zengindir. 6 aylık depolama sonunda alanin, aspartik asit, glutamik asit, histidin ve vlin dışında bahsedilen aminoasitlerde artış gözlemlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Hidroliz süresince tüm yan ürünler kahverengimsi sıvılara dönüşmektedir. Yapılan çalışmalar göstermektedir ki, hidroliz derecesi her bir metoda özgü olarak belirlenen hidrolize olma süreleri boyunca zamana bağlı olarak artış göstermekte ve bir süre sonra kararlı hale geçmektedir (Bougatef vd., 2010; Nguyen vd., 2011). Bu çalışmada da hidroliz süresinin başlangıcından sonlandırılmasına kadar geçen sürede hidroliz derecesi zamana bağlı olarak artış göstermiştir. Başlangıçta hızlı bir şekilde ilerleyen hidroliz derecesi daha sonra azalan oranlarda artış göstermiş ve bir süre sonra kararlı duruma gelmiştir. Protein çözünürlüğü analizi proteinin depolama boyunca kalitesinin izlenmesine kullanılan parametrelerden biridir. Yüksek protein çözünürlüğü jel, köpük ve emülsiyon oluşumunda gereklidir (Muzaiya vd., 2012). Yüksek protein çözünürlüğü formüle edilebilen gıda sistemlerinde etkileyici görünüm ve düzgün yapıya sahip ürün geliştirilmesinde potansiyel uygulamaları işaret eder (Thiansilakul vd., 2007a). Enzimatik hidroliz protein hidrolizatının polar ve iyonlaşabilen gruplarında olduğu gibi molekül büyüklüğü ve hidrofobikliği etkiler. Daha küçük peptitler içeren iyi hidrolize olmuş protein hidrolizatları daha yüksek hidroliz derecelerine sahiptir ve daha çözünürdür. Bu çalışmada da protein çözünürlüğü değerleri hidroliz derecesiyle levrekten elde edilen protein hidrolizatında paralellik göstermektedir. Ayrıca depolamaya bağlı olarak protein yapısında meydana gelen değişimler nedeniyle çözünürlük azalmıştır. Mikroskobik peptidler stabil bir köpük oluşturmak için gerekli olan güce sahip değildirler. Genel olarak proteinlerin aşırı hidroliz olması nedeniyle emülsiyon stabilitesinde daha az etki gösteren küçük peptidlerin oluşmasından dolayı EAI ve ESI azalır (Klompong vd., 2007; Wasswa vd., 2007). Bu nedenle düşük hidroliz derecelerinde

hidrolizatlar daha güçlü emülsiyonlaştırma özelliği gösterirler. Çipura ve levrekten elde edilen protein hidrolizatında yüksek miktarda hidroliz işlemi gerçekleştiğinden dolayı bu türlerin protein hidrolizatlarının ESI'inde azalma, alabalıktan elde edilen protein hidrolizatında ise daha düşük oranda hidroliz gerçekleşmesinden dolayı ESI'nin yükselme görülmektedir. EAI ise levrek ve alabalıktan elde edilen hidrolizatlarda azalma gösterirken, çipuradan elde edilen hidrolizatta artış göstermiştir. Diğer yandan EAI ve ESI enzimin spesifikiğinden de etkilenmektedir. EAI'nin protein konsantrasyonuna bağlı olduğu adsorpsiyon kinetiği ile açıklanır. Yapılan çalışmalar da göstermektedir ki hidroliz derecesinin artmasıyla köpürme stabilitesi azalmaktadır. 6 aylık depolamanın sonunda yapılan analizde en yüksek köpürme stabilitesi çipuradan elde edilen protein hidrolizatında tespit edilmiştir. Protein hidrolizatının köpürme stabilitesi karıştırılmadan sonra 60 dk süresince izlenerek tespit edilir. Tüm gruplarda, alabalıkta daha az olmak üzere, 0 ile 60.dk arasında süre artışına bağlı olarak köpürme stabilitesinin azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Thiansilakul vd., (2007a) göstermektedir ki ilk karıştırılmadan sonra 60.dk'ya kadar geçen sürede köpürme stabilitesi azalmıştır. Renk gıda ürünlerindeki genel kabul beğeniyi etkileyen önemli parametrelerden biridir (Wasswa vd., 2007). Buna paralel olarak bu çalışmada elde edilen balık protein hidrolizatlarının renkleri birbirine yakın olmakla birlikte sarının farklı tonlarını sergilemektedir ve elde edilen tüm balık protein hidrolizatlarının renkleri diğer bitkisel ve hayvansal protein tozu kaynaklarına benzer şekilde ve kabul edilebilir. Buna göre b değeriyle ifade edilen sarılık değerlerinin tüm gruplarda (+) olduğu ve en yüksek sarı rengin levrekten elde edilmiş olan balık protein hidrolizatında olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra elde edilen sonuçlara bakılarak düştükte olsa balık protein hidrolizatlarının yeşil rengi barındırdığı ve depolama sonunda azalma gösterdiği söylenebilir. Wasswa vd. (2007) hidroliz arttıkça protein hidrolizatının su tutma kapasitesinin arttığını bildirmişlerdir. Su absorpsiyonunda benzer bir eğilimin peynir altı suyu protein hidrolizatında gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da en yüksek su tutma kapasitesi hidroliz derecesinin en yüksek olduğu levrek protein hidrolizatında tespit edilmiştir.

Düşük protein konsantrasyonlarında yağ-su ara yüzündeki protein adsorpsiyonu yayılımı denetimlidir. Yüksek protein konsantrasyonlarında aktivasyon enerji bariyeri proteinlerin sulu fazda birikimlerine önderlik eden difüzyona bağlı gerçekleşen protein göçüne izin vermez (Thiansilakul vd., 2007a). Lipit oksidasyonu gıdaların lezzetini, rengini ve besinsel kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle doğal ve etkili antioksidanlar gıda endüstrisinde önemli bir role sahiptir. Bazı balık protein hidrolizatlarının da antioksidan etki gösterdiği bildirilmektedir (Thiansilakul vd., 2007a). Antioksidatif aktivitenin linoleik oksidasyon sisteminde tespiti de antioksidatif özelliklerin tespitinde kullanılan yöntemlerdendir. Doymamış yağ asidi linoleik asit lipid oksidasyonunda ve emülsiyon sistemlerinin antioksidasyon ilişkili tespitinde sıklıkla kullanılan model bir bileşiktir (Yen vd., 2007). Linoleik asit oksidasyonunun çipura, levrek ve alabalık hidrolizatları

tarafından engellenmesi izlenmiştir. En yüksek antioksidatif aktivite levrek balığından elde edilen hidrolizatta tespit edilmiştir. Antioksidatif peptitler yağ-su arayüzüne yerleşebilir ve antioksidan olarak fonksiyon sergileyebilir. DPPH antioksidatif özelliğinin tespitinde kullanılan yöntemlerden birisidir. DPPH stabil bir serbest radikaldır ve antioksidan gibi antioksidana benzeyen proton veren bir substratla karşılaştığında, radikaller süpürür ve absorbans düşer. Absorbansın düşüşü radikal giderme aktivitesinin bir ölçümü olarak alınır (Bougatef vd., 2010). Buna göre alabalıktan elde edilen hidrolizat içindeki bazı peptitlerin güçlü radikal süpürücü oldukları söylenebilir. Thiansilakul vd., (2007a)'nın bildirdiğine göre 25°C ve 4°C'de depolama süresince ilk haftadan sonra DPPH'nin bir miktar azalmıştır. Metal şelatlama aktivitesi artan hidroliz derecelerine paralel olarak artmaktadır. Hidrolizatlardaki peptitler lipit oksidasyonunun azalmasını sağlayan prooksidanları şelatlayabilir. Demir, bakır, kobalt gibi gıdalarda bulunan geçiş metalleri hem otooksidasyon oranını hemde hidroperoksitlerin uçucu bileşiklere bozulmasını etkiler. Bu nedenle geçiş metal iyonlarının antioksidanlar yada antioksidatif peptitler tarafından şelatlanması oksidasyon reaksiyonunu geciktirecektir (Klompong vd., 2007). Buna göre en yüksek metal şelatlama aktivitesinin levrekten elde edilen hidrolizatta olduğu tespit edilmiştir. Thiansilakul vd. (2007a) balık protein hidrolizatlarının depolanmasındaki ilk iki haftalık sürede metal şelatlamada değişiklik gözlenmezken 2 haftadan sonra azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun depolama süresinin artmasıyla birlikte antioksidatif bileşiklerin tahrip olmasına bağlı olabileceğini bildirmektedirler. Bu bağlamda, 6 aylık depolama sonunda tüm gruplarda hidrolizatların metal şelatlama aktivitesi düşmüştür. Tanuja vd., (2012)'ye benzer şekilde, glutamik asit, aspartik asit, glisin, lösin, alanin ve prolin elde edilen balık protein hidrolizatlarda aminoasit kompozisyonunun büyük bir oranını oluşturmaktadır. Balık protein hidrolizatlarında hafif acı tat oluşumu mevcuttur. Buna göre her 3 protein hidrolizatında da prolin miktarı yüksektir. Prolin aminoasitinin protein hidrolizatlarında acılıktan sorumlu olabileceği bildirilmiştir (Thiansilakul vd., 2007b; Tanuja vd.,

2012). Acılığa katkı yapan temel tripeptidlerin analizinde, tripeptitlerin ikincil ve C-terminal rezidü olarak asparjin ve lizin, N-terminal rezidü olarak lösin ve glisin içerdiği bulunmuştur (Tanuja vd., 2012). Buna ilave olarak acı tadın bu çalışmada elde edilen hidrolizatlarda da bulunan lösin, izolösin, valin ve fenilalanin gibi hidrofobik peptidlerin ortaya çıkmasıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir. Balık ve kabuklu deniz ürünlerinin yüksek esansiyel (EAA) / esansiyel olmayan aminoasit (NEAA) oranına sahip olduğu bildirilmiştir (Thiansilakul vd., 2007b). Ayrıca, FAO/WHO'ya göre yetişkinler için EAA/NEAA oranı 0,6'dan düşük olmamalıdır (Deraz, 2015). Sonuçlara göre her 3 türden elde edilen protein hidrolizatlarının 0,5 civarında EAA/NEAA oranlarına sahip olduğu bu bağlamda nispeten zayıf bir aminoasit kararlılığına sahip olsa da zayıf dengeli protein diyetlerine katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen veriler ışığında levrek başlarından elde edilen protein hidrolizatının en yüksek fonksiyonel ve antioksidatif özellikleri sergilediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda levrek başlarından elde edilen protein hidrolizatının gıda sistemlerinde doğal katkı maddesi olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Ancak protein hidrolizatında tespit edilen acı (bitter) tadın giderilmesi ve dondurularak depolamanın dışında, depolama süreci sıcaklıklarının çoğaltılarak bu depolama sürelerinde ki fonksiyonel ve antioksidan özelliklerin değerlendirilmesi amacıyla ileri çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu kaynak ve yöntemin ülkemiz su ürünleri yetiştiriciliği işleme yan ürünlerinin değerlendirilebilmesi için iyi bir seçenek olacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sonuçları TÜBİTAK 1120925 No'lu proje tarafından desteklenmiştir. Ayrıca bu proje sonuçları 43. WEFTA Meeting, 9-11 October Tromso, Norway ve 44. WEFTA Meeting, 9-11 June Bilbao, Spain'de sözlü ve poster sunumları olarak sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Aylangan A. & Öztan A. (2008). Hayvansal gıda sanayisi yan ürünleri kullanarak protein hidrolizatları üretimi. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Beak H.H. & Cadwallader K.R. (1995) Enzymatic hydrolysis of crayfish processing by-products, *Journal of Food Science* 60 (5): 929-935. doi: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb06264.x
- Benjakul S. & Morrissey, M.T. (1997). Protein hydrolysates from Pacific whiting solid wastes, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45(9) : 3423-3430. doi: 10.1021/jf970294g
- Bougatef A., Nedjar-Arroume N., Manni L., Ravallec R., Barkia A. Guillochon D. & Nasri M. (2010) Purification and identification of novel antioxidant peptides from enzymatic hydrolysates of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products proteins, *Food Chemistry*, 118(3): 559-565. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.05.021
- Çaklı, Ş., (2008). Su Ürünleri İşleme Teknolojisi 2. Ege Üniversitesi Yayınları, Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 77.
- Chen H.M. Muramoto K. & Yamaguchi F. (1995). Structural analysis of antioxidative peptides from soybean beta-conglycinin, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43 (3), :574-578. doi: 10.1021/jf00051a004
- Chung Y.C. Chang C.T. Chao W.W., Lin C.F. & Chou, S.T (2002). Antioxidative activity and safety of the 50% ethanolic extract from red bean fermented by *Bacillus subtilis* IMR-NK1, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 2454-2458. doi: 10.1021/jf011369q
- Deraz S., (2015). Protein hydrolysate from visceral waste proteins of Bolti fish (*Tilapia nilotica*): chemical and nutritional variations as affected by processing pHs and time of hydrolysis, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(6): 614-631. doi: 10.1080/10498850.2013.797534
- Eide O, Borresen T. & Strom T. (1982). Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method of gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. *Journal of Food Science* 47(2): 347-349. doi: 10.1111/j.1365-2621.1982.tb10078.x
- Klompong V., Benjakul S., Kantachote D. & Shahidi S. (2007). Antioxidative activity and functional properties of protein hydrolysate of yellow stripe

- trevally (*Selaroides leptolepis*) as influenced by the degree of hydrolysis and enzyme type. *Food Chemistry* 102: 1317–1327. doi:10.1016/j.foodchem.2006.07.016
- Kristinsson H.G. & Rasco B.A. (2000). Fish Protein Hydrolysates: Production, Biochemical, and Functional Properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(1): 43–81. doi: 10.1080/10408690091189266
- Lowry O.H. Rosebrough N.J., Farr A.L. & Randall R.J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent, *Journal of Biological Chemistry* 193(1): 265–275.
- Nguyen H.T., Sylla B.S.K., Randriamahatody Z., Donnay-Moreno C., Moreau J., Tran T.L. & Berge P.J. (2011). Enzymatic Hydrolysis of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) By-Products Using Protamex Protease. *Food Technol. Biotechnol.*, 49: 48–55.
- Muzaifa M., Safriani N. & Zakaria F. (2012). Production of protein hydrolysates from fish by-product prepared by enzymatic hydrolysis. *International Journal of the Bioflux Society*, 5(1): 36-39.
- Pearce K.N. & Kinsella J.E. (1978). Emulsifying properties of proteins: Evaluation of a turbidimetric technique, *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 26(3): 716-723. doi: 10.1021/jf60217a041
- Schubring, R. (2002). Influence of freezing/thawing and frozen storage on the texture and colour of brown shrimp (*Crangon crangon*). *Archiv für Lebensmittel hygiene*. 53: 25-48
- Shahidi F., Han X.-Q. & Synowiecki J. (1995). Production and characteristics of protein hydrolysates from capelin (*Mallotus villosus*), *Food Chemistry*, 53(3): 285–293. doi: 10.1016/0308-8146(95)93934-J
- Tanuja S., Viji P., Zynudheen A.A. & Joshy C.G. (2012). Composition, functional properties and antioxidative activity of hydrolysates prepared from the frame meat of Striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Egyptian Journal of Biology*, 2012, 14: 27-35. doi: 10.4314/ejb.v14i1.3
- Thiansilakul Y., Benjakul B. & Shahidi F. (2007a). Compositions, functional properties and antioxidative activity of protein hydrolysates prepared from round scad (*Decapterus maruadsi*). *Food Chemistry*. 103: 1385–1394. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.10.055
- Thiansilakul Y., Benjakul B. & Shahidi F. (2007b). Antioxidative Activity Of Protein Hydrolysate From Round Scad Muscle Using Alcalase. *Journal of Food Biochemistry* 31: 266–287. doi: 10.1111/j.1745-4514.2007.00111.x
- TÜİK, (2016). Su ürünleri İstatistikleri, Ankara
- Yen G.C. & Wu J.Y. (1999). Antioxidant and radical properties of extracts from *Ganoderma tsugae*, *Food Chemistry* 65(3): 375–379. doi: 10.1016/S0308-8146(98)00239-8
- Wasswa J., Tang J, Gub X. & Yuan X. (2007). Influence of the extent of enzymatic hydrolysis on the functional properties of protein hydrolysate from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) skin. *Food Chemistry*, 104: 1698–1704. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.03.044

SHORT COMMUNICATION

KISA ARAŞTIRMA

Reconfirmed occurrence and northward expansion of the royal flagfish *Aulopus filamentosus* (Bloch, 1792) from the Aegean Sea

Aulopus filamentosus türünün Ege Denizi'nden yeniden onaylanmış gözlemi ve en kuzey dağılımı

İsmail Burak Daban^{1*}  • Kamil Çakır¹ • Deniz Acarlı² • Ali İşmen¹

¹ Department of Fisheries and Fish Processing, Faculty of Marine Science and Technology, Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale – Turkey

² Department of Fisheries Technology, Gökçeada School of Applied Sciences, Çanakkale Onsekiz Mart University, Gökçeada-Çanakkale, Turkey

* Corresponding author: burakdaban@comu.edu.tr

Received date: 11.04.2017

Accepted date: 15.06.2017

How to cite this paper:

Daban, İ.B., Çakır, K., Acarlı, D. & İşmen, A. (2017). Reconfirmed occurrence and northward expansion of the royal flagfish *Aulopus filamentosus* (Bloch, 1792) from the Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 337-339. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.13

Abstract: A single male specimen of the royal flagfin (*Aulopus filamentosus*), 369 mm total length was caught with the longline from the Gökçeada Island, north Aegean Sea. This report constitutes the reconfirmed occurrence with gives precise locality information from the Turkish waters and this record reflects northernmost expansion of this species in the Aegean Sea.

Keywords: *Aulopus filamentosus*, male, expansion, Aegean Sea

Öz: Kuzey Ege Denizi Gökçeada'da paragat ile 369 mm toplam boya sahip bir adet erkek *Aulopus filamentosus* bireyi yakalanmıştır. Bu kayıt Türkiye suları için türün kesin lokalite bilgisini içeren yeniden onaylanmış gözlemdir ve türün Ege Denizi için en kuzey dağılımını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Aulopus filamentosus*, erkek, dağılım, Ege Denizi

INTRODUCTION

The family Aulopidae has 12 species in all around the world whereas a great majority of these species are originated from South Western Pasific and some of them are endemic for Australia. Aulopidae is represented by single species with *Aulopus filamentosus* in the Mediterranean Sea. *A. filamentosus* is distributed in the eastern Atlantic from Canary Islands to Senegal, western central Atlantic from Gulf of Mexico to Caribbean and also distributed in the Mediterranean (Robins et al., 1991). It is marine demersal fish species and distributed at 50 - 1000 m (Sanches, 1991) depth interval but generally found at 100 – 200 m (Sulak, 1990). Data on biology of the species are very rare. Feeding type consist of mainly animals as cephalopods, finfish and benthic crustacea (Costa, 1991). Isometric growth type ($b: 3.099$; $r^2: 0.99$) was reported from south east part of the Aegean Sea that known single weight-length relationship study (Yapıcı et al., 2015). This paper presents the northern expansion of this species in the Aegean Sea, which is the reconfirmed occurrence of the royal flagfin fish for the Turkish waters.

MATERIALS AND METHODS

A single specimen of *A. filamentosus* was caught on 4 February 2017 by fishermen. It was caught by longline with 9 no fishhook baited with *Sephia officinalis* at 150 m depth in the Northwestern part of the Gökçeada Island (lat 40° 9' 16" N, long 25° 36' 19" E) (Fig. 1).

The specimen was identified according to Mater et al. (2009). It was photographed, some morphometric characters measured and meristic characters were counted. The specimen was then fixed and preserved in 5% formalin solution. The single specimen was deposited in the Piri Reis Marine Museum of Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, Turkey (PRM – PIS 2017-007) (Fig. 2).

RESULTS

Some morphometric measurements and meristic counts of the individual are given in Table 1. The specimen has relatively high head length, eye diameter and snout length. Dorsal fin origin is located behind the pelvic fin insertion. First ray of the

dorsal fin stretched and extend over the dorsal fin insertion. Pectoral fin base reach up to third dorsal fin ray. Lateral line go along nearly straight and has 50 ctenoid scales. Adipose fin present that located last quarter of the total length. The sex of the individual was male whereas no remarkable spermatozoa on the testes. However elongated first dorsal fin ray reflects the sex toward male. The stomach of the specimen was empty.

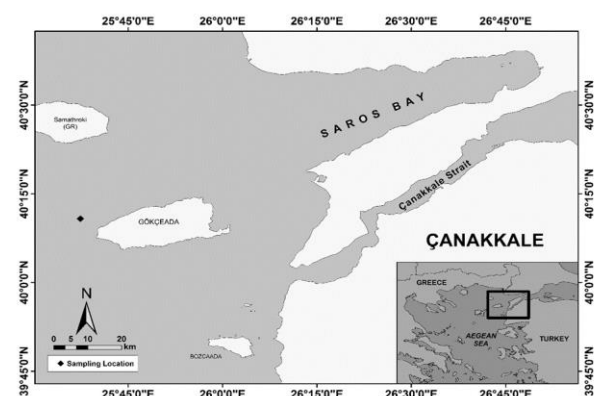


Figure 1. Sampling point (Black rhombus) of *Aulopus filamentosus* and general view of the Northern Aegean coasts of Turkey



Figure 2. Royal flagfish *Aulopus filamentosus* and its first dorsal fin ray, which reflects sex of the individual

Table 1. Morphometric measurements and meristic counts of the single specimen of *Aulopus filamentosus* (Bloch, 1792) captured from the Gökçeada Island, Northern Aegean Sea (Turkey)

Morphometric measurements	mm	TL%
Total length	369	100
Fork length	341	92.4
Standard length	323	87.5
Head length	68	18.4
Interorbital width	24	6.5
Body width	46	12.5
Body height	56	15.2
Snout length	28	7.6
Eye diameter	21	5.7
Pre – pectoral length	98	26.6
Pre – dorsal length	118	32

Pre – anal length	240	65
Pre – pelvic length	125	33.9
Pre – adipose length	259	70.2
Pre – anus length	215	58.3
Mouth height	31	8.4
Total mass (g)		440
Meristic counts		
Dorsal fin rays		15
Pectoral fin rays		12
Pelvic fin rays		9
Anal fin rays		11
Caudal fin rays		19
Lateral line scale		50

DISCUSSION

A. filamentosus has been reported by various researchers in the Mediterranean, Aegean and Adriatic Sea (Faber, 1883; Akşiray, 1954; Akyüz, 1957; Geldiay, 1969; Whitehead et al., 1984; Fischer et al., 1987; El Sayed, 1994; Al Hassan and El-Silini, 1999; Mater and Meriç, 1996; Mater and Bilecenoğlu, 1999; Bilecenoğlu et al., 2002) but provided no precise locality information and were presented in check list studies. Considering that precise locality information, this species was reported by Dulcic (2006) from the Adriatic Sea (Molunat Bay) and by Ben Souissiet al. (2010) from the northeastern Tunisia.

As for Turkish waters, only report based upon precise locality information was observed by İşmen et al. (2006) from the Aegean Sea (Babakale Harbour). In current study, the record of *A. filamentosus* from the Gökçeada Island demonstrated that northernmost extension range in the Aegean Sea. In addition, this is the first male individual compared with the other records which gives information about biology or locality. In accordance of fishermen observations in the area, *A. filamentosus* is quite rare species and one fishermen notified that he was firstly seen this species 4 years ago. Beside, informed that they have not seen any individual which was captured by bottom trawls up to day, encountered individuals were captured only by longlines. Cengiz et al. (2011) reported that 96 teleost fish species belonging to 43 families were identified from the Saros Bay, North Aegean Sea. However *A. filamentosus* was not sampled in that study. When considered that it was firstly reported 11 years ago from the Aegean Sea, the biomass and occurrence of the species has not been increased. Conversely, the biomass of the species has been risen in the southernmost of the Aegean Sea due to the study conducted by Yapıcı et al. (2015). They were presented weight-length relationship of the species for the first time with 11 individual from the samples taken from the bottom trawl. Changes of physico-chemical parameters in seawater may affect the physiology and distribution ranges of fishes, due to changes in prey abundance and distribution (Papaconstantinou, 2014). Southern part of the Aegean Sea has more temperate, saline and deeper waters than northern part of the Aegean Sea. This situation may provide more suitable biotope for *A. filamentosus*. However *A. filamentosus*

has not been reported yet in the Marmara Sea and Black Sea from the Turkey. In these areas has less temperate, saline and shallower waters. Possible reports from these areas may help us to understand the biological requirements in deal with more northernmost expansion.

REFERENCES

- Akşiray, F. (1954). A key to marine fishes of Turkey. Istanbul University Faculty of Science Hydrobiology Research Institute Publications, Istanbul, Turkey, 277 pp.
- Akyüz, E. (1957). Observations on the Iskenderun red mullet (*Mullus barbatus*) and its environment. *GFCM Proceedings and Technical Papers*, 4(38): 305-326.
- Al-Hassan, L.A.J. & El-Silini, O.A. (1999). Checklist of bony fishes collected from the Mediterranean coast of Bengazi, Libya. *Revista de Biologia Marina y Oceanografía*, 34(2): 291-301.
- Ben Souissi, S.J., Ben Amor, M.M. & Capape, C. (2010). Confirmed occurrence of the royal flagfish, *Aulopus filamentosus* (Osteichthyes: Aulopidae) in Tunisian waters. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(1): 157-161.
- Bilecenoğlu, M., Taşkavak, E., Mater, S. & Kaya, M. (2002). Checklist of the marine fishes of Turkey. *Zootaxa*, 113(1): 1-194. doi:10.11646/zootaxa.113.1.1
- Cengiz, Ö., İşmen, A., Özekinci, U. & Öztekin, A. (2011). An Investigation on Fish Fauna of Saros Bay (Northern Aegean Sea). *AKU-J. Sci.*, 11(011003): 31-37.
- Costa, F. (1991). *Atlante dei pesci dei mari italiani*. Gruppo Ugo Mursia Editore S.p.A. Milano, Italy. 438 p.
- Dulcic, J. (2006). On the record of the royal flagfish, *Aulopus filamentosus* (Pisces: Aulopidae), from the Adriatic Sea. *Annales, series Historia Naturalis*, 16(2): 189-192.
- El Sayed, R.S. (1994). Check-list of Egyptian Mediterranean fishes. Institute of Oceanography and Fisheries. Alexandria, Egypt: ix + 77 pp.
- Faber, G.L. (1883). The fisheries of the Adriatic and the fish thereof. A Reprt of the Austro – Hungarian sea – fisheries, with a detailed description of the Marine Fauna of the Adriatic Gulf. B. Quattrich, London, 178 pp.
- Fischer, W., Bauchot, M.L. & Schneider, M. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. FAO and EEC, Rome, 761-1530.
- Geldiay, R. (1969). Important fishes found in the Bay of İzmir and their possible invasions. Ege University Faculty of Science Monographies, İzmir, Turkey, 135 pp. (In Turkish).
- İşmen, A., Yiğın, Ç. & Çakır, F. (2006). A new fish species for the Northern Aegean Sea Fauna; *Aulopus filamentosus* (Bloch, 1792). *E.U. Journal of Fisheries&Aquatic Sciences*, 23, Supp.1/1: 95-97.
- Mater, S. & Meriç, N. (1996). Marine fishes. In: Kence A, Bilgin CC (Eds), Turkey Vertebrata Species List, Nurel Press A.S., Ankara, 129-172. [In Turkish].
- Mater, S. & Bilecenoğlu, M. (1999). Marine fishes of Turkey. In: Demirsoy, A. (Ed), General Zoogeography and Zoogeography of Turkey [in Turkish], Meteksan Press, Ankara, 790-808.
- Mater, S., Kaya, M. & Bilecenoğlu, M. (2009). Marine fishes of Turkey (4th edn), Ege University Fisheries Faculty Publishings, İzmir, No. 68. (In Turkish).
- Papaconstantinou, C. (2014). Fauna Graeciae. An updated checklist of the fishes in the Hellenic Seas. Monographs on Marine Sciences, 7, Athens 2014, HCMR, 340 p.
- Robins, C.R., Bailey, R.M., Bond, C.E., Brooker, J.R., Lachner, E.A., Lea, R.N. & Scott, W.B. (1991). Common and scientific names of fishes from the United States and Canada. *Am. Fish. Soc. Spec. Pub.*, 20: 183 p.
- Sanches, J.G. (1991). Catálogo dos principais peixes marinhos da República de Guiné-Bissau. Publ. Avuls. Inst. Nac. Invest. Pescas, 16: 429 p.
- Sulak, K.J. (1990). Aulopidae. p. 349-350. In Quero J.C., Hureau J.C., Karrer C., Post A., Saldanha L. (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.
- Yapıcı, S., Karachle, P.K. & Filiz, H. (2015). First length–weight relationships of 11 fish species in the Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(2): 398-402. doi:10.1111/jai.12459
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (eds) (1984-1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean, UNESCO, Paris, 1473 pp.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to thank the fishermen Mr. Bülent SÖNMEZ, Ali GÜNGÖR and Gazanfer İNCE for fishing and providing the specimen of *Aulopus filamentosus*.

KISA ARAŞTIRMA

SHORT COMMUNICATION

Spongilla lacustris'in (Porifera: Demospongiae) Doğu Karadeniz'den (Uzungöl, Trabzon) ilk kaydı

First record of *Spongilla lacustris* (Porifera: Demospongiae) from the Eastern Black Sea (Uzungöl Lake, Trabzon)

Murat Özbek*  • Efe Ulutürk

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author: murat.ozbek@ege.edu.tr

Received date: 26.12.2016

Accepted date: 14.04.2017

How to cite this paper:

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

Öz: Uzungöl (Trabzon)'un bentik makro-omurgasız türlerinin belirlenmesi sırasında, bir tatlısu süngeri olan *Spongilla lacustris* kolonilerine rastlanmıştır. Sünger kolonileri, gölün zemininden (2 metre derinlik) standart sucul makrofit örnekleme ekipmanı (tırmık) ile örneklenmişlerdir. Bu kayıt türün Uzungöl ve Doğu Karadeniz Bölgesi'nden ilk kaydı niteliğindedir.

Anahtar kelimeler: *Spongilla lacustris*, Tatlısu Süngeri, Porifera, Uzungöl, Trabzon, Türkiye

Abstract: In order to determine the benthic macro-invertebrate fauna of Uzungöl Lake (Trabzon), colonies of the freshwater sponge (*Spongilla lacustris* L., 1759) were observed during the field study. The sponge colonies were sampled by standard macrophyte sampling equipment (rake) from the bottom of the lake (2 meters depth). This record is the first one of the species for Uzungöl Lake and for the Eastern Black Sea Region.

Keywords: *Spongilla lacustris*, Freshwater Sponge, Porifera, Uzungöl, Trabzon, Turkey

GİRİŞ

Dünya üzerinde 580 milyon yıldan daha fazla bir süredir varlıklarını sürdüren süngerler, metazoa grubunun en yaşlı üyeleridir ve fosil kayıtları Mesozoik çağlara kadar uzanır (Roovere et al., 2006). Günümüzde Porifera filumu içerisinde 15000'den daha fazla tür ile temsil edilen bu canlıların denizlerdeki temsilcilerine sıklıkla rastlansa da, tatlı sularda genellikle nadiren rastlanır (Manconi & Pronzato, 2008). Kuzey ve güney kutup bölgeleri hariç olmak üzere, içsulara dağılım gösteren süngerler, 6 familya içinde 45 cinse ait 219 tür ile temsil edilirler. (Manconi & Pronzato, 2008). Yaşlı ve derin göllerde süngerler yüzlerce metrelik derinliklerde yaşayabildikleri gibi, diğer bazı göllerde güneş ışıklarının etkili olduğu yüzeye yakın bölgelerde de dağılım gösterebilirler (Manconi & Pronzato, 2007). Bu göllerden biri olan Baykal Gölü'nde endemik bir sünger familyası (Lubomirskiidae) dağılım göstermektedir (Manconi & Pronzato, 2002).

Bu grubun en yaygın olarak gözlenen cinslerden biri *Spongilla* olup, dünya genelinde 15 türle temsil edilir. Bu türler içinde Holarktik Bölge'de en yaygın dağılım göstereni *Spongilla lacustris*'tir (Manconi & Pronzato, 2007) (Şekil 1).

Türkiye içsularından günümüze kadar toplam 3 sünger türü rapor edilmiştir; bunlar *Ephydatia fluviatilis* (L., 1759), *Spongilla alba* (Carter, 1849) ve *Spongilla lacustris* türleridir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de süngerlerin tatlı sulardaki mevcudiyetleri hakkında yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Konu ile ilgili ilk çalışma Geldiay (1949) tarafından yapılmış olup, *E. fluviatilis* türü Çubuk Baraj Gölü'nden (Ankara) rapor edilmiştir. Sonrasında, aynı tür Köyceğiz Gölü'nden de rapor edilmiştir (Kazancı vd., 1992). Gugel (1996) Köyceğiz Gölü'nden diğer bir tatlısu sünger türü olan *Spongilla alba* (Carter, 1849)'yı rapor etmiştir. Aslantaş Baraj Gölü'nde (Osmaniye) yapılan bir çalışmada *Spongilla* sp. olarak sünger kaydı verilmiştir (Fındık & Göksu, 2007). Konu ile ilgili yapılmış diğer bir çalışmada, *S. lacustris* türü Saklıgöl'den (Kocaeli) rapor edilmiştir (Altınsoy vd., 2014). Son olarak Gaygusuz vd. (2016) tarafından Poyrazlar Gölü (Sakarya) ve Sır Baraj Gölü'nden (Kahramanmaraş) *Spongilla* cf. *lacustris* olarak sünger kaydı bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma yapılan Uzungöl'ün coğrafi konumu, sünger kolonisinin genel görünüşü ve gölde gözlemlenen sünger kolonileri (sağ alt resim). (Uydu görüntüleri: Google Earth, 2016)

Figure 1. Geographical location of Uzungöl and general view of a sponge colony and sponge colonies observed (the bottom right photograph) at the study area (Satellite images: Google Earth, 2016)

Türkiye tatlı sularında çok az sayıda tür ile temsil edilen ve nadir bulunan bu canlılar diğer birçok bentik omurgasız türü gibi ortam şartlarındaki olumsuz değişimlerden direkt olarak etkilenir ve habitatın ekolojik değerlendirilmesinde iyi bir gösterge olarak kabul edilebilir.

Bu çalışma ile Uzungöl'de (Trabzon) varlığı tespit edilmiş olan ve Holarktik dağılıma sahip olan *S. lacustris* türü, gölden ve dolayısıyla Doğu Karadeniz Bölgesi'nden ilk defa rapor edilmiştir. Örneklenen bireylerin bazı morfometrik özellikleri verilmiş, elde edilen kayıt ile türün gerek Asya ile Avrupa arasındaki gerekse Türkiye iç sularındaki zoocoğrafik dağılımına katkı yapılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Trabzon ili Çaykara ilçesi sınırları içerisinde yer alan Uzungöl'ün deniz seviyesinden yüksekliği 1090 m'dir. Heyelan seti göl özelliğindeki göl, derin bir vadinin içinden akan Haldizen Deresi'nin önünün zaman içinde heyelan materyali ile kapanması sonucu meydana gelmiştir. Göle akan Haldizen Deresi günümüzde gölü besleyen en önemli kaynak konumundadır. Gölün maksimum yüzey alanı 127609 m² olup en derin yeri 5,8 m olarak rapor edilmiştir (Verep vd., 2002). Tipik bir dağ gölü olan Uzungöl, doğal güzellikleri nedeniyle yüksek turizm potansiyeline sahip göllerinden biridir. Son yıllarda çevresinde yapılan kuşaklama ve mesire yeri düzenlemeleri nedeniyle özellikle gölün kıyısız kesimlerinde habitat tahribatı meydana gelmiştir.

Doğu Karadeniz Havzası'nda 08.10.2015 tarihinde yapılan arazi çalışmaları sırasında, Trabzon'un doğu kısmında bulunan Uzungöl'de sünger kolonilerine rastlanılmıştır (Şekil 1). Gölde tekne ile yapılan örneklemeler sırasında gölde bulundukları tespit edilen sünger kolonileri, 2 m derinlikten standart sucul makrofit örneklem ekipmanı (tırmık) ile örneklenmişlerdir (Şekil 1). İlk tespitleri %4'lük formaldehit solüsyonu ile yapılan sünger örnekleri laboratuvarında incelenmek üzere kavanozlara konularak etiketlenmişlerdir. Elde edilen sünger örneklerinin spikül ve iskelet yapılarını belirlemek amacıyla ağartma yöntemi kullanılmıştır. Sünger türünün dokusundan, 1 cm²'lik kesitler alınarak, kısa bir süre %5'lik NaClO (Sodyum hipoklorit)'da bekletilmiş, sonrasında distile su ile yıkanmış ve ardından %70'lik ethanol solüsyonunda tekrar yıkanmıştır (Hooper, 2003). Elde edilen kesitlerin Euparal ile kalıcı preparatları hazırlanarak, Olympus SZ61 model stereo-mikroskop ve Olympus CKX41 model ışık mikroskobu altında iskelet ve spikül yapıları incelenmiştir. İncelenen örneklerin fotoğrafları mikroskoba monte edilmiş Olympus marka dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Çalışma sonrasında elde edilen örnekler Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Müzesi'nde ESFM-PORI/15-01 kodu ile saklanmaktadır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

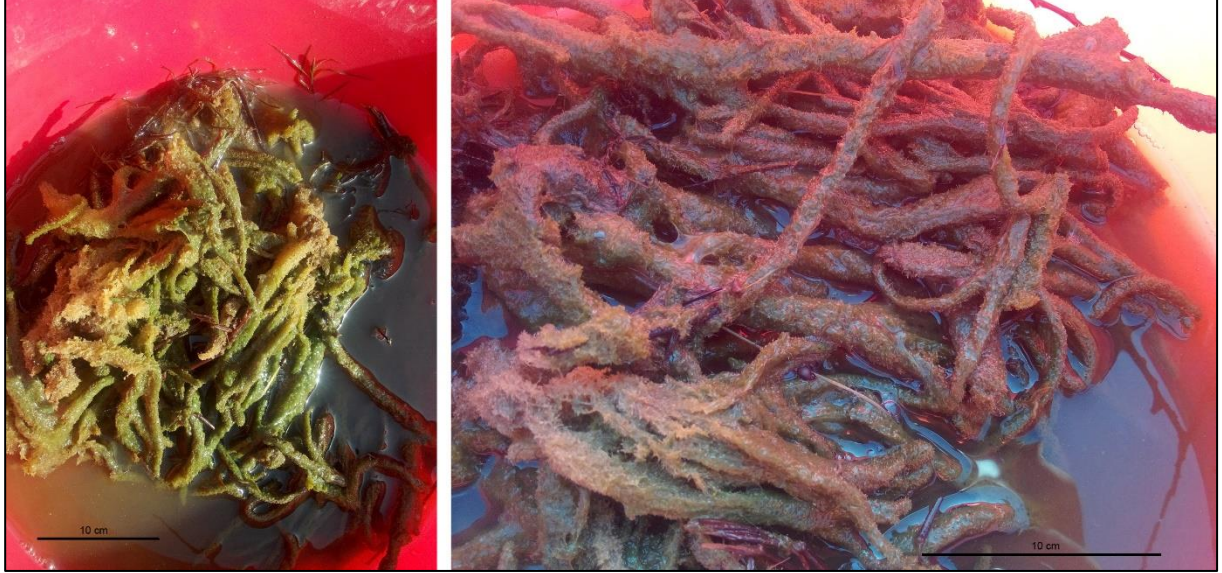
Örneklemenin yapıldığı tarihte oldukça berrak olduğu gözlenen gölde, sünger kolonileri 2 m (seki-disk derinliği 2 m'dir) derinde yer aldıkları halde çıplak gözle görülebilmeye

örneklenmiştir (Şekil 1). Tespit edilen türün sistematik kategorideki yeri aşağıdaki gibidir (WoRMS Editorial Board, 2017).

Phylum: Porifera
Classis: Demospongiae
Ordo: Spongillina
Familia: Spongillidae

Genus: *Spongilla*
Spongilla lacustris (Linnaeus 1759)

Örneklenen sünger bireylerinin, fiks edilmeden önce yeşilimsi kahverengi bir renge sahip olduğu ve sünger kolonisinin uzunluğu 25-30 cm civarında olan bitki dallarının üzerine kapladığı saha çalışması sırasında gözlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. *Spongilla lacustris* kolonisinin örneklendikten hemen sonraki hali
Figure 2. Colonies of *Spongilla lacustris* just after sampling

Sünger bireylerinin mikroskopik incelemeleri sonucunda mega ve mikrosklerit yapıları ışık mikroskopunda tespit edilmiştir. Pürüzsüz ve iç şeklindeki tipik yapısı kolayca gözlenen megasikleritler 250-300 μ m boyda sahiptir. Lateral den bakıldığında oxea fusiform yapıda olup, hafifçe kıvrılmış ve her iki ucu sivri bir şekilde sonlanmaktadır. Sayıca daha az olan ve nadir gözlenen mikroskleritler 75-80 μ m boyda sahiptir. Megasikleritlerden farklı olarak daha konkav olan mikroskleritlerde, oxea sivri ve üzerinde küçük dikencikler mevcuttur (Şekil 3).

Mikroskopik incelemeler sonucunda gemmül yapılarının küresel bir formda olduğu gözlenmiştir; dış kısımlarını kaplayan koruyucu bir tabakaya rastlanılamamıştır. Gemmül'lerde mikrofil delikleri net olarak gözlenmiş olup, gemmül çapı 520 μ m civarında ölçülmüştür (Şekil 4).

Tür Aslantaş Baraj Gölü'nde (Osmaniye) cins düzeyinde (*Spongilla* sp.) rapor edilmiş olup, spikül ve iskelet yapıları ile ölçüm değerleri hakkında herhangi bir detay verilmemiştir (Fındık & Göksu, 2007). *S. lacustris* türünün tür seviyesindeki ilk kaydı Saklıgöl'den rapor edilmiştir (Altınışıklı vd., 2014). Rapor edilen türün spikül yapılarından megasiklerit'in pürüzsüz oxea ve kısmen konkav, düz ve keskin şeklinde sonlanan bir yapıya sahip olduğu bildirilmiştir. Mikrosklerit yapılarının ise kısmen konkav ve tümüyle küçük

dikenler ile kaplı olduğu belirtilmiş olup, spikül yapılarının boyutları hakkında ayrıntılı bilgi verilmemiştir. Rapor edilen türün, gemmül çaplarının 500-600 μ m civarında olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada ölçülen gemmül çapları ve morfolojik özellikleri Saklıgöl'den rapor edilen *S. lacustris* türü ile benzerlik göstermektedir. Türkiye içsularından tür hakkındaki diğer kayıt Gaygusuz vd. (2016) tarafından verilmiş olup, Poyrazlar Gölü (Sakarya) ve Sır Baraj Gölü'nden (Kahramanmaraş) kaydedilen türün, spikül ve iskelet yapıları ile morfometrik ölçüm değerleri hakkında herhangi bir bilgi verilmemiştir.

S. lacustris Holarktik bölgede dağılım gösteren ve *Spongilla* cinsinin en bol bulunan türüdür (Şekil 5). Kuzey kutup daresi yakınlarında yer alan daimî donuk bölge ile Akdeniz bölgesinin yarı kurak adalarına kadar olan tüm lotik ve lentik habitatlarda bulunabilir. İlave olarak, acıuslardan alpin göllere veya yaşlı göllere kadar geniş bir ekolojik varyasyona sahip olan habitatlarda dağılım gösterebilir (Manconi & Pronzato, 2002).

Spongilla lacustris türü oldukça geniş bir dağılım alanına sahip olduğu halde, genel dağılım haritasında Türkiye türün dağılım alanı içinde görünmemektedir (Manconi & Pronzato, 2007) (Şekil 5). Her ne kadar Osmaniye ili sınırları içinde yer alan Aslantaş Baraj Gölü'nde *Spongilla* sp. olarak kayıt görünüyor olsa da (Fındık & Göksu, 2007), *S. lacustris* tür seviyesinde ilk defa Saklıgöl (Kocaeli)'den rapor edilmiştir

(Altınsaçlı vd., 2014). Doğu Karadeniz Bölgesi'nden ilk kez kaydı verilen *S. lacustris*'in bu çalışma ile genel ve Türkiye iç sularındaki dağılımına katkı sağlanmıştır.

Alkali karakterli, çözünmüş oksijen konsantrasyonu yüksek, mesotrof bir göl olan Saklıgöl, deniz seviyesinden 77 m yukarıda yer almaktadır (Altınsaçlı vd., 2014). Türün bir diğer kayıt yeri olan (*Spongilla* sp. olarak) Aslantaş Baraj Gölü ise deniz seviyesinden 135 m yukarıdadır (Fındık & Göksu, 2007). Bu çalışmada türün tespit edildiği Uzungöl diğer iki lokaliteyle kıyaslandığında çok daha yüksek bir rakımda yer almaktadır (1090 m). Ekolojik açıdan bakıldığında, *S. lacustris* türü bu çalışma ile Türkiye'de tipik bir dağ gölü özelliğindeki bir lentik habitattan ilk defa kayıt edilmektedir.

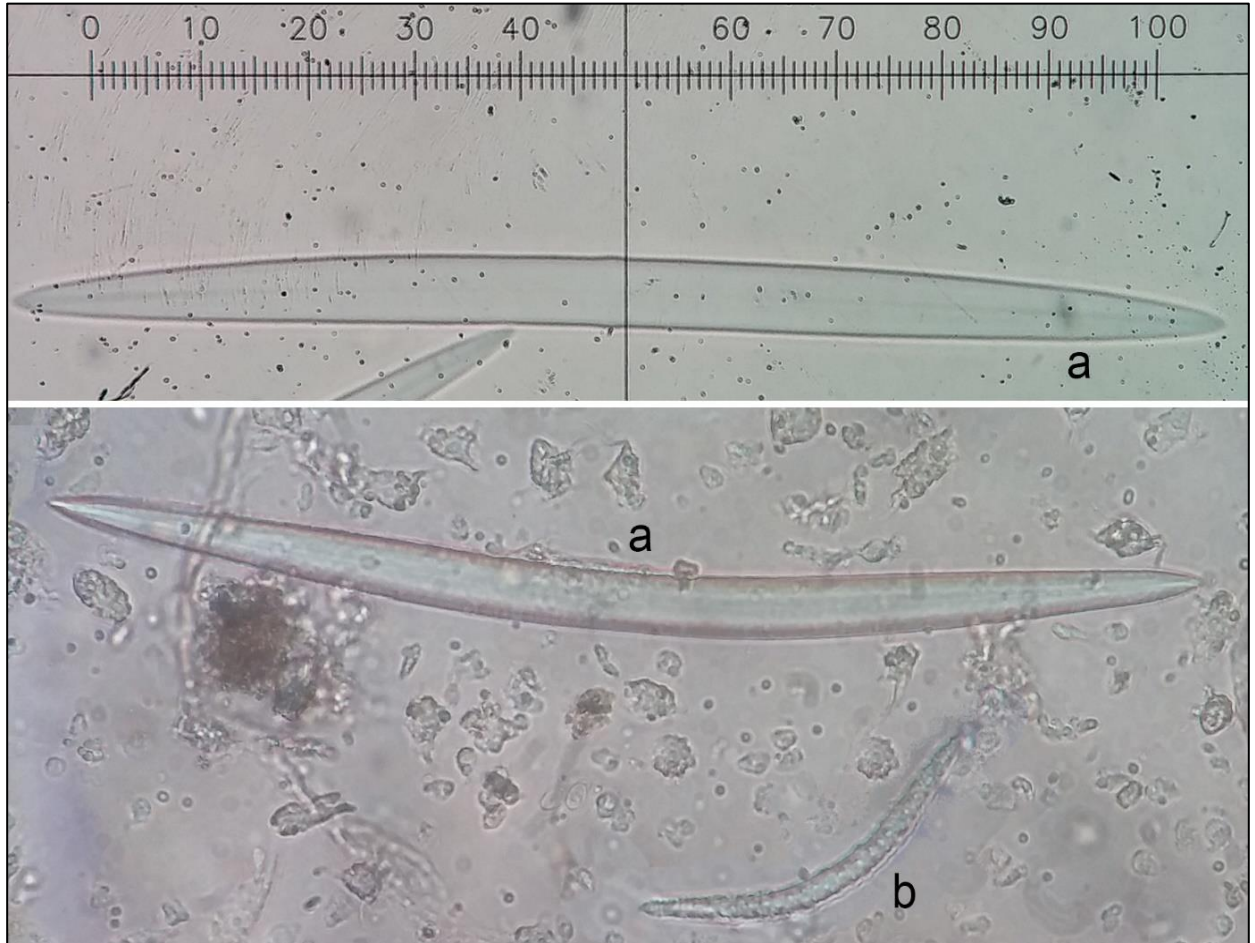
S. lacustris türü beslenmesini büyük ölçüde fitoplanktonik türler üzerinden yapar, bu haliyle bentik ve pelajik arasındaki besin zincirinin önemli bir bağlantısını oluşturmaktadır (Skelton & Strand, 2013). Türün süzerek beslenme yapmasından dolayı

tespit edildiği gölde ışık geçirgenliği değerlerine direkt veya indirekt katkı yaptığı düşünülmektedir (Altınsaçlı vd., 2014).

Denizel türlere tezat oluşturacak şekilde, tatlısu süngerleri bentoz içinde önemli bir yer tutmazlar ve göl verimliliği dikkate alındığında genel verimliliğe katkıları az olduğu düşünülür. Oysa alg grupları ile yaptıkları fakültatif endo-simbiyotik yaşam ve birçok makro ve meiobentik organizma için sığınak teşkil etmeleri sebebiyle, ekolojik açıdan göz ardı edilmiş bir önemleri olduğu düşünülmektedir.

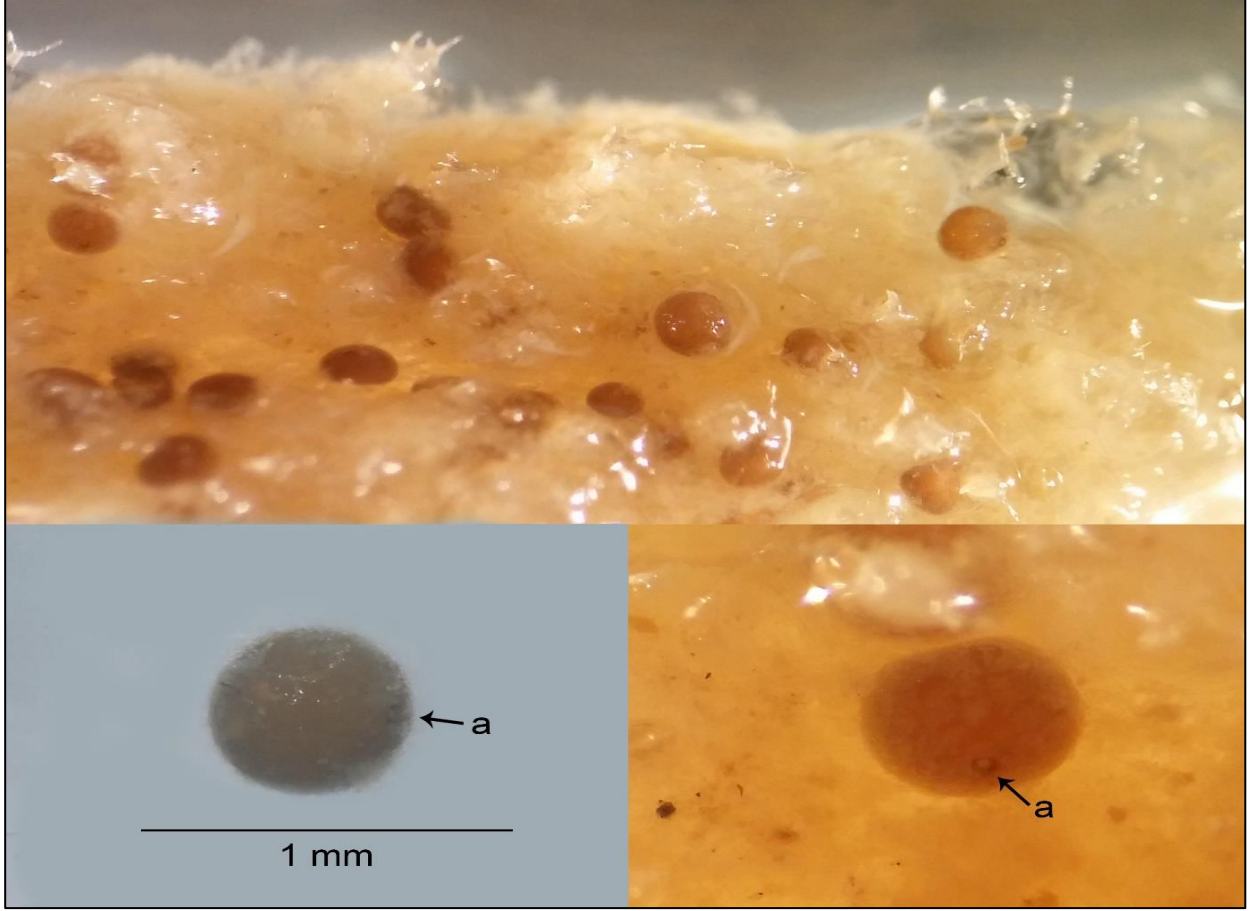
Tatlısularda dağılım gösteren bu nadir grup hakkında yapılacak çalışmalar, bu canlıların ekolojik önemlerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır.

Sonuç olarak, *S. lacustris* türünün Türkiye'den daha önceki kayıtları listelenmiş ve Doğu Karadeniz'den kaydı verilerek Anadolu'daki dağılımının ortaya çıkarılmasına katkı sağlanmıştır.

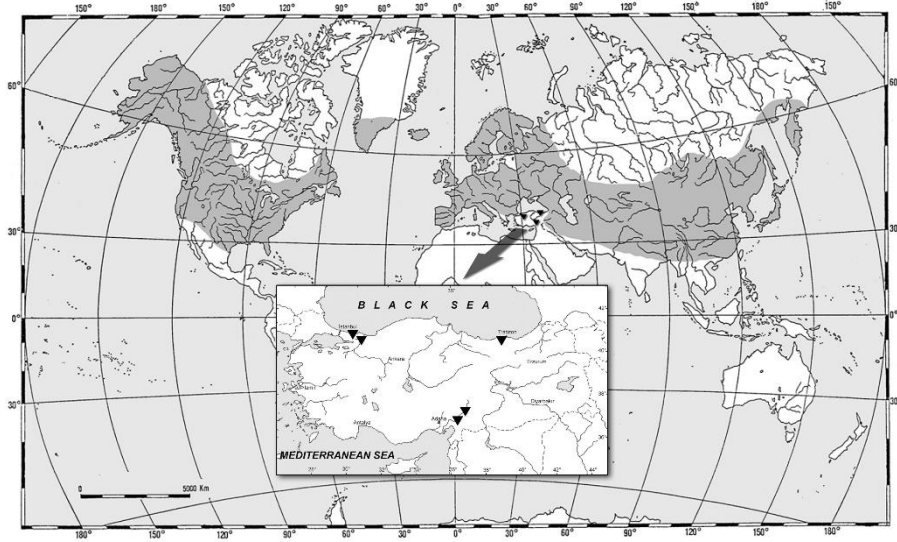


Şekil 3. Örneklenen *Spongilla lacustris* kolonisinin spikül yapıları (a: Pürüzsüz oxae (megasklerit); b: dikencik içeren oxae (mikrosklerit) (10 birim = 25 μ m)

Figure 3. Spicules of the sampled colonies of *Spongilla lacustris* (a: Smooth oxae (megasccleres); b: Spiny oxae (microscleres) (10 units= 25 μ m)



Şekil 4. Örneklenen *Spongilla lacustris* kolonisindeki gemmül yapıları (a: mikrofıl)
Figure 4. Gemmules of sampled colonies of *Spongilla lacustris* (a: micropyle)



Şekil 5. *Spongilla lacustris*'in dağılımı (Manconi & Pronzato, 2007'den düzenlenmiştir)
Figure 5. Distribution of *Spongilla lacustris* (redrawn from Manconi & Pronzato, 2007)

KAYNAKÇA

- Altınsaçlı, S., Sevilla, J.D. & Altınsaçlı, S. (2014). On occurrence of *Spongilla lacustris* (Linnaeus, 1759) from Lake Saklıgöl, Kandıra District, Turkey. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2 (3): 68-73.
- Fındık, Ö. & Göksu, M.Z.L. (2007). Benthic fauna of the Aslantaş Dam Lake (Osmaniye) (in Turkish with English abstract). *Çukurova University Institute of Natural and Applied Sciences*, 16(2): 52-62.
- Gaygusuz, Ö., Aydın, F., Tunç, Z., Serezli, E.E., Oğuz, A., Dorak, Z., Gürevin, C. & Akçaalan, R. (2016). Poyrazlar Gölü (Sakarya) ve Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş) İçin Tatlısu Süngeri (*Spongilla* cf. *lacustris*) Kaydı. VII. *Limnoloji Sempozyumu, Mersin Üniversitesi*, 2016 (pp 67). Mersin-Türkiye: Bildiri Özet Kitabı.
- Geldiay, R. (1949). Çubuk Barajı ve Emir Gölünün Makro ve Mikro Faunasının Mukayeseli İncelenmesi. *Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, 2: 106 s.
- Google Earth 6.0. 2008. Hylands House and estates 40°37'09.99"N, 40°17'45.88"E, elevation 1128M. 3D Buildings data layer. <<http://www.google.com/earth/index.html>> [Viewed 23 July 2014].
- Gugel, J. (1996). The occurrence of *Spongilla alba* Carter, 1849 (Porifera, Spongillidae) in Lake Köyceğiz (SW Turkey). *Zoology in the Middle East*, 12(1): 105-108. doi: 10.1080/09397140.1996.10637696
- Hooper, J. N. A. (2003). 'Sponguide'. Guide to Sponge Collection and Identification 26 p. Old. Museum, Australia.
- Kazancı, N., İzbırak, A., Çağlar, S., Gökçe, D. (1992). *Köyceğiz Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Sucul Ekosisteminin Hidrobiyolojik Yönden İncelenmesi*. Özyurt Matbaası, Ankara.
- Manconi, R. & Pronzato, R. (2002). *Spongillina* subord. nov. Lubomirskiidae, Malawispongiidae n. fam., Metaniidae, Metschnikowiidae, Potamolepidae, Spongillidae. In: Hooper, J.N.A. and Van Soest, R.W.M. (Eds.). *Systema Porifera: A Guide to the Classification of Sponges* (pp. 921-1019). Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York. doi: 10.1007/978-1-4615-0747-5_97
- Manconi, R. and Pronzato, R. (2007) Gemmules as a key structure for the adaptive radiation of freshwater sponges: a morphofunctional and biogeographical study. In: Custódio, M.R., Lôbo-Hajdu, G., Hajdu, E., Muricy, G. (Eds.) *Porifera research: Biodiversity, Innovation and Sustainability* (pp. 61-77). Museu Nacional, Rio de Janeiro 28.
- Manconi, R. and Pronzato, R. (2008). Global diversity of sponges (Porifera: Spongillina) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 27-33. doi: 10.1007/s10750-007-9000-x
- Roovere, T., Lopp, A., Reintamm, T., Kuusksalu, A., Richelle Maurer, E., & Kelve, M. (2006) Freshwater sponges in Estonia genetic and morphological identification. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences: Biology, Ecology*, 55 (3): 216-227.
- Skelton, J. & Strand, M. (2013). Trophic ecology of a freshwater sponge (*Spongilla lacustris*) revealed by stable isotope analysis. *Hydrobiologia*, 709:227-235. doi: 10.1007/s10750-013-1452-6
- Verep, B., Çelikkale, M.S. and Düzgüneş, E. (2002). Some limnological and hydrographical properties of Uzun Lake (In Turkish with English Abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(1-2): 233-240.
- WoRMS Editorial Board (2017). World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. Accessed 2017-03-14. doi:10.14284/170

Akuakültürde sürdürülebilir besin kaynağı olarak mikroalglerin kullanımı

Usage of microalgae as a sustainable food source in aquaculture

Esin Özçipek^{1*} • Erkan Can² • Kadir Yılmaz³ • Şafak Seyhaneyıldız Can⁴

¹ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 62000, Tunceli

² Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 62000, Tunceli

³ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, 62000, Tunceli

⁴ Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, 62000, Tunceli

* Corresponding author: esinbagci23@gmail.com

Received date: 08.03.2017

Accepted date: 05.04.2017

How to cite this paper:

Özçipek, E., Can, E., Yılmaz, K. & Seyhaneyıldız Can, Ş. (2017). Usage of microalgae as a sustainable food source in aquaculture. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 347-354. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.15

Öz: Güvenilirliği daha fazla olan besin kaynaklarına duyulan ihtiyaç, hayvansal ürünlere göre özellikle bitki ve alglere olan ilgiyi arttırmıştır. Akuakültürde çeşitli kullanım alanları olan mikroalglerden önemli ölçüde faydalanılmaktadır. Besin olarak kullanılmalarının yanı sıra salmonlarda pigment kaynağı olarak da değerlendirilmektedir. Günümüzde büyük ölçekli ve gelişmiş kalite kontrolü ile elde edilebilen mikroalg üretim sistemlerinin maliyet etkinliğini incelemek için çalışmalar devam etmektedir. Mikroalglerin kullanımında sürdürülebilirliği sağlamak için; biyoteknoloji, biyoisleme ve yönetim prosedürleri gibi farklı alanların entegre olduğu sistemlere dayalı bir yaklaşım gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Akuakültür, besin, mikroalg, sürdürülebilirlik

Abstract: The need for food sources more reliability according to animal products has increased interest especially in plants and in algae. In aquaculture has benefited significantly from microalgae in the various application areas. They are used as food as well as are evaluated as sources of pigments in the salmonids. Currently, studies are underway to examine the cost-effectiveness of microalgae production systems which can be obtained by large-scale and advanced quality control. In order to ensure sustainability in the use of microalgae; a systems based approach is needed which integrates different fields such as biotechnology, bioprocess and management procedures.

Keywords: Aquaculture, food, microalgae, sustainability

GİRİŞ

Su ürünleri üretimi 2015 yılında 672 241 ton olmuştur. Üretimin %59,2'si deniz ürünleri, %5'i tatlı su ürünleri ve %35,75'i yetiştiricilik ürünlerinden oluşmaktadır. Avcılıkla yapılan üretim 397 731 ton, yetiştiricilik üretimi ise 240 334 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik üretiminin %42'si iç sularda, %58'i denizlerde gerçekleşmiştir (Anonim, 2017).

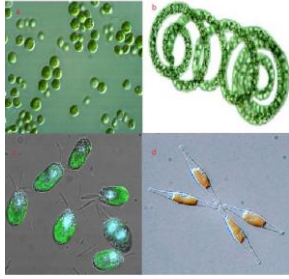
Akuakültürde sürdürülebilir üretimin artması; genel ekonomik yönetim, ileri su yönetimi, kaliteli beslenme stratejileri, çevre dostu yemler, genetik açıdan uygun stoklar, gelişmiş sağlık yönetimi ve bunların entegrasyonunun benimsenmesine bağlıdır. Akuakültür; insanlık tarihinin en eski dönemlerinden beri bilinmesine rağmen, son 30 yıldır yem üretimi ve besleme çalışmalarıyla birlikte ivme kazanmıştır. Akuakültür üretiminin yaklaşık olarak %40'ı artık ticari yeme sıkı bir şekilde bağlıdır (New ve Wagner, 2000). Balık unu formundaki yemler, özellikle karides, salmon ve alabalık gibi yüksek değerli karnivor türlerin beslenmesinde çok önemlidir. Ticari yem kullanan işletmelerin oranı, sazan çiftliklerinde %38,

deniz karidesi çiftliklerinde %83, salmon ve alabalık çiftliklerinde ise %100 civarında olmaktadır (Alvarez vd., 2007).

Algler, büyüklüklerine göre mikroalg ve makroalg olarak sınıflandırılan, fotosentetik sucul canlı grubudur. Algler, biyolojik CO₂/O₂ dönüştürücüsü olarak görev yaparlar. Bununla birlikte, biyomasın birincil üreticileri olup, organizmalar içinde en önemli ekolojik gruplardan biridir. Alglerin çoğu doğada fotoototrofik, birkaç türü ise heterotroftir. Mikroalgler enerji ürünü olarak üretilme potansiyelleri çok yüksek olan fotosentetik heterotrofik organizmalardır. Verimli toprak veya sulama gerektiren karasal bitkilerin aksine, çok farklı habitatlarda büyüyebilir (Raja, 2009). Bu nedenle, mikroalgler ışık, karbondioksit ve diğer besin maddelerine yeterli erişimin sağlandığı kültürlerde gelişmektedir (Rosenberg vd., 2008). Basit yapılı, tek hücreli olan mikroalglerin çoğu gıda sektöründe kullanılmaktadır. İçerdikleri pigment maddeleri, antibiyotikler, vitaminler nedeniyle de tıp, eczacılık alanlarında ve kozmetik ürünlerinde katkı maddesi olarak yer alırlar. Bununla birlikte; insan ve hayvan gıdası, tarım alanlarında ise organik gübre

olarak değerlendirilirler (Yılmaz, 2006). Ayrıca, son zamanlarda, yakıt üretimi için biyokütle üretiminde kullanılmaya başlanmış olan mikroalgler bu alanda da ayrı bir öneme sahiptir (Eliğin vd., 2009). Mikroalglerin başarılı şekilde ticari kullanımı; besin katkı maddeleri, antioksidanlar, kozmetik, doğal boyalar ve çoklu doymamış yağ asitlerinin üretiminde kullanılması ile gerçekleşmiştir (Spolaore vd., 2006). Alg biyomasının dünya çapındaki yıllık üretiminin yaklaşık 330 US\$/kg piyasa değeri ile 5 milyon kg/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Biyomasın yaklaşık beşte biri kuluçkahanelerde yetiştirilen balık ve deniz kabuklularını beslemek için kullanılmaktadır (Muller-Feuga, 2004).

Akuakültürde, mikroalglerin salmon balıklarında pigmentasyon ve diğer biyolojik aktiviteler gibi temel uygulamaları beslenmeyle ilişkilidir. Mikroalgler balıkların larval dönemlerinde belli bir süre kullanılmaktadır. En sık kullanılan cinsler, *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Isochrysis*, *Pavlova*, *Phaeodactylum*, *Chaetoceros*, *Nannochloropsis*, *Spirulina*, *Skeletonema* ve *Thalassiosira*'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Bazı mikroalg türleri a) *Chlorella* sp., b) *Spirulina* sp., c) *Tetraselmis* sp., d) *Phaeodactylum* sp.

Figure 1. Some microalgae species a) *Chlorella* sp., b) *Spirulina* sp., c) *Tetraselmis* sp., d) *Phaeodactylum* sp.

Akuakültürde kullanılacak mikroalg türünün seçiminde; yüksek besin değerine sahip olması ve toksin içermemesi gibi çeşitli kriterlere dikkat edilmektedir (Patil vd., 2007; Raja vd., 2004b). Farklı alg türlerinin kombinasyonu daha dengeli bir beslenme sağlar ve sadece tek bir alg türü ile oluşan diyetle göre büyümeyi daha fazla artırır (Spolaore vd., 2006). Protein ve vitamin içeriği mikroalglerin besin değerini belirlemede önemli bir faktördür. Ayrıca, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) (örneğin, eikosapentaenoik asit [EPA], araşidonic asit [AA] ve dokosaheksaenoik asit [DHA]) içeriği büyük bir önem taşımaktadır. Mikroalglerin PUFA içeriğini geliştirmek için farklı stratejiler uygulanmaktadır. Işık şiddeti, besin durumu ya da sıcaklık gibi ortam koşulları değiştirilerek, lipid kompozisyonunun ayarlanmasına olanak vermektedir. Buna bağlı olarak, verimlilikle optimizasyon sağlanmaktadır. Genetiği değiştirilmiş mikroalgleri kapsayan multidisipliner bir yaklaşım ve işlem kontrolünü kullanarak istenilen bileşiğin üretim optimizasyonu için klasik yöntemlere başvurmak daha iyi performans gösterecektir (Hemaiswarya vd., 2011). Bu çalışmada; mikroalglerin üretim sistemleri, su ürünleri üretiminde mikroalglerin kullanımı, mikroalglerin yerine

kullanılan alternatif kaynaklar, mikroalglerin besin özellikleri ve gelecekteki araştırmalarda zooplanktonun zenginleştirilmesinde alglerin rolü değerlendirilmiştir.

Mikroalglerin üretim sistemleri

Mikroalg üretiminde kullanılan sistemler açık ve kapalı sistemler olarak sınıflandırılabilir. Büyük havuzlar, dairesel havuzlar ve kanal tipi havuzlar açık sistemlere örnek verilebilir (Borowitzka, 1997; Pulz, 2001). Mikroalg kültüründe en yaygın olarak kullanılan kapalı sistem ise, fotobiyoreaktörlerdir. Kapalı kültür sistemleri açık sistemlere göre oldukça pahalıdır ve bu sistemlerin çoğunu genişletmek veya büyütmek zordur. Ayrıca, kapalı sistemlerin çoğu yapay ışık altında iç mekân kültürü olarak kurulmaktadır. Bu durum, yüksek enerji maliyetlerine neden olmaktadır. Açık sistemler ise, güneş ışığından yararlanabildikleri için fiyat olarak daha ekonomiktirler. Sistem seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken özelliklerden birisi, alg kültürlerinin hangi alg üretim sisteminde daha verimli olacağını belirlenmiş olmasıdır (Naz ve Gökçek, 2006). Ticari olarak üretilen alg türlerinin çoğunun ortak özelliği, açık havada büyüyen ve diğer alg ve protozoaların kontaminasyonundan nispeten arındırılmış ve özel ortamlarda büyümeleridir (Borowitzka, 1997). Örneğin, *Chlorella* mikroalginin besin maddesi açısından zengin ortamlarda iyi yetiştiği, *Spirulina*'nın ise bikarbonatın uygun konsantrasyonu ile yüksek bir pH 10-11 değerine ihtiyaç duyduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, *Dunaliella salina* 0,5-6 M tuzlulukta en iyi büyümeyi göstermektedir (Raja, 2003, 2004a, 2007a). Özel ortam koşullarında yetiştirilmesi gerekmeyen *Chaetoceros*, *Isochrysis*, *Skeletonema*, *Thalassiosira*, *Tetraselmis* ve *Cryptocodinium cohnii* gibi mikroalg türlerinin kapalı sistemlerde üretimi daha başarılı olmaktadır (Hemaiswarya vd., 2011).

Mikroalglerin üretimi için dikkate alınması gereken özellikler; alg biyolojisi, arazi maliyeti, işçilik, enerji, su, besin ve nihai ürünün tipidir. Büyük ölçekli kültür sistemlerinde ışığın etkin kullanımı, sıcaklık, işletme giderleri, karbon kaynağı için gaz transferi, alg kültüründe hidrodinamik dengeyi ve kültürün devamını sağlayabilmek gibi temel hususların kıyaslanması gerekir. Tüm bu hususlarda ekonomik bir sonuca ulaşmak temel amaçtır (Kargın, 2006). Endüstrinin daha da gelişebilmesi için üretilen mikroalglerin fiziksel özellikleri ve fizyolojisinin çok iyi bilinmesi ile birlikte, fotobiyoreaktörlerin inşası ve tasarımı önemli iyileştirmeler olmalıdır (Hemaiswarya vd., 2011).

Su ürünleri üretiminde mikroalglerin kullanımı

Yumuşakça ve eklem bacaklı üretiminde mikroalglerin kullanımı

Karides larvalarının beslenmesinde yaygın olarak kullanılan yemler, özellikle canlı yemlerden olan mikroalgler ve *Artemia*'dır. Karides larvalarının gelişiminin ikinci aşamasında mikroalglerle ihtiyaç duyulmaktadır ve üçüncü aşamadan itibaren zooplankton ile kombinasyon yapılır. Doğal olarak oluşan mikroalg çoğalmaları, larvaların bulunduğu yerde az su

değişimi yapılarak sağlanmaktadır. Bazen de bakteri ve gübreler daha elverişli koşullar oluşturmak için ilave edilmektedir (Lo'pez Eli'as vd., 2003; Rosenberry, 1991).

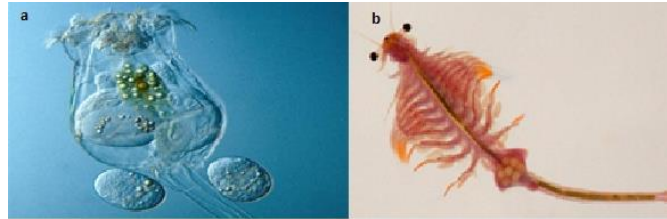
Karides larvalarının beslenmesinde kullanılan mikroalglerin büyük miktarlarda üretimi zor, karmaşık ve pahalıdır (Léger ve Sorgeloos, 1992; Watanabe vd., 1983). Yine, larva beslemede kullanılan *Artemia* uygun bir yem kaynağı olmakla birlikte, kistlerinin pahalı olması, farklı coğrafik varyetelerin besin içeriklerinin değişken olması gibi dezavantajları vardır (Léger vd., 1986; Watanabe vd., 1983). Menasveta vd. (1984) karides kuluçkahane masraflarının %60'ının *Artemia* için harcandığını bildirmektedir. Son zamanlarda, karides larvalarının beslenmesinde kullanılmak üzere besin içeriği aynı olan, larvaların tüketebileceği boyutlarda yapay mikropartikül yemler üretilmiştir (Jones vd., 1987). Bu yemler herbivor ya da omnivor beslenme özelliğine sahip penaeid larvalarının beslenmesinde başarı ile kullanılabilirken (Jones vd., 1993; Kumlu ve Jones, 1995a), karnivor karides larvalarının beslenmesinde, *Artemia* yerine kullanımlarında başarısız olunmuştur (Kumlu ve Jones, 1995b).

Çift kabukluların yoğun olarak yetiştirildiği kuluçkahanelerde işletme giderlerinin ortalama %30'unu canlı

alglerin üretimi oluşturmaktadır (Lavens ve Sorgeloos, 1996). Larvalar, besin ihtiyacını karşılamak için büyük hacimli alg kültürlerini tüketmektedir. Çift kabuklu kuluçkahanelerinde *Chaetoceros* sp., *Chlorella minutissima*, *Gomphonema* sp., *Isochrysis galbana*, *Nitzschia* sp., *Pavlova* sp., *Phaeodactylum tricornutum*, *Skeletonema* sp., *Thalassiosira pseudonana* ve *Tetraselmis subcordiformis* gibi alg türleri geniş çapta kullanılmaktadır. Bu alg türleri, 1995 yılında kuluçkahane işletmecileri arasında yapılan uluslararası bir ankette bildirilmiştir (Hemaiswarya vd., 2011).

Zooplankton ve balık üretiminde mikroalglerin kullanımı

Mikroalgler, larval beslemede zooplanktonu zenginleştirmek için kullanılmasıyla akuakültürde önemli bir role sahiptir. Bu nedenle, alg ve zooplankton suşlarının doğru boyut ve besin içeriği önemlidir. En sık kullanılan zooplankton; *Brachionus plicatilis* ve *Artemia salina*'dır (Şekil 2) (Chakraborty vd., 2007). Daha az sıklıkta ise, *Kladoser* (*Moina macrocarpa*, *Daphnia* sp.) ve kopepod türleri (*Euterpina acutifrons*, *Tigriopus japonicus*) kullanılır. Kuluçkahanelerde zooplanktonun çoğaltılması ve büyümesi için mikroalgler ihtiyacı duyulmaktadır. Ayrıca, yumurtadan yeni çıkmış zooplanktonun istenilen boyuta ulaşmasını sağlamaktadır (Brown, 2002).



Şekil 2. Bazı zooplankton türleri a) *Brachionus plicatilis* b) *Artemia salina*
Figure 2. Some zooplankton species a) *Brachionus plicatilis* b) *Artemia salina*

Kuluçkahanelerde genellikle *Artemia* tercih edilir. Çünkü bunların kistleri kuru faz hâlinde satın alınır. Kistler deniz suyuna daldırıldıktan sonra 24 saat içinde *Artemia* çıkar ve sindirilebilir hâle gelir. Bunlar, protein ve enerji kaynağı olmasının yanı sıra, besin zinciri yoluyla aktarılan vitaminler, yağ asitleri, pigmentler ve steroller gibi diğer önemli bileşimler de besin içeriğini oluşturmaktadır. Mikroalg ile beslenen rotiferler, kısa sürede askorbik asit ile zenginleştirilmektedir (Brown, 2002). Rotifer ya da *Artemia* beslemek için genellikle balık kuluçkahanelerinde üretilen algler; *Chlorella* sp., *Chlamydomonas* sp., *Nannochloris oculata*, *Nannochloropsis oculata*, *Tetraselmis tetrathele* ve *T. chuii*'dir (Hemaiswarya vd., 2011).

Nannochloropsis sp. çoğunlukla balık çiftliklerinde rotifer besini ve yeşil su tekniği için balık larvalarının beslenmesinde kullanılır (Rodolfi vd., 2003). Son yıllarda yapılan çalışmalarda balık yemlerine *Spirulina* ilave edilmesi ile yetiştiricilerin en büyük sorunlarından olan hastalıklar büyük oranda azalmış ve *Spirulina* ilaveli yemlerle beslenen balıklarda lezzet ve deri

pigmentasyonu artmıştır. Ayrıca, *Spirulina* yemin lezzetini artırdığı için yem alımı kolaylaşmış ve balık larvalarının büyüme oranı artmıştır. Yemlerin büyük oranı tüketildiği için de yem kaybı azalmış ve dolayısıyla da çevre kirliliği azalmıştır. *Spirulina*'nın kullanımıyla balık yemlerinin maliyet/performans oranı gelişmiştir (Anonim, 2015).

Balık kuluçkahanelerinde mikroalglerin kullanımı, canlı üretimi ve larva yetiştirme ortamının kalitesini korumak için de gereklidir (Spolaore vd., 2006). *Chlorella* sp. yetiştiricilikte yağ asitleri ve vitaminlerin primer kaynağı olarak balık yemlerine ilave edilmektedir (Gökpinar vd., 2006). Farklı vitaminler yönünden zengin olan mikroalgler, akuatik canlılar için primer vitamin kaynağı olmaları açısından da önemlidir ve mikroalg türünün besleyici değerini etkileyen önemli bir faktördür (Brown vd., 1999).

Çipura larvalarının olduğu kuluçkahanelerde başarılı olmak için *Brachionus plicatilis* (Rotifer), bir ön koşuldur. Rotifer üretiminde, maya esaslı yapay yemler de kullanılabilir. Ancak fitoplanktona göre çok daha az verimli olmaktadır. Çok sayıda

tatlı su ve deniz suyu türü için, fitoplanktonun kullanıldığı yetiştirme havuzlarında yaşama oranı, büyüme ve dönüşüm indeksi açısından çok daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Çipura balıklarında bu durum ekonomik bir zorunluluk hâline gelmiştir. Balık ve karides larvaları yetiştirme havuzlarında mikroalglerin olumlu rolü arkasındaki nedenler, tam olarak aydınlanmamıştır (Richmond, 2004). Her ne kadar su kalitesi gelişmiş, oksijen ve pH stabilizasyonu sağlanmış olsa da, bu her şeyi açıklamış değildir. Bazı biyokimyasal bileşiklerin aksiyonu, ilk avın yakalanması gibi davranışsal süreçlerin başlaması ve diğer pozitif fonksiyonlar (probiyotik etkisi, bakteri popülasyonunun düzenlenmesi gibi) da öne sürülmesine rağmen, yeterince açıklığa kavuşmamıştır (Hemaiswarya vd., 2011).

Su ürünleri üretiminde canlı mikroalglerin yerine kullanılan alternatif kaynakların verimliliği

Canlı olmayan diyetlerle beslenen balıkların canlı mikroalglerle beslenen balıklara göre büyüme oranı daha düşük ve ölüm oranı ise daha yüksek olmaktadır (Ponis vd., 2003). Bakteriler, organik molekül ve vitaminleri parçalayarak metabolik gereksinimlerin sadece bir kısmını sağlayabilmektedir (Knuckey vd., 2006; Wikfors ve Ohno, 2001). Canlı mikroalg kültüründeki doğal bakteri florasının yumuşakçaların sağlığını geliştirdiği kanıtlanmıştır. Bununla birlikte; fiziksel ve kimyasal tedavilerin, ciddi larva ölümlerine sebep olan bakteriyel kontaminasyon gelişimini sınırlandırmak için kullanılmasından bu yana bakteriler kuluçkahanelerde besin kaynağı olarak tercih edilmemektedir (Durmaz, 2007). Mayalar da alternatif bir besin kaynağı olarak araştırılmasına rağmen, sonuçların kötü olduğu gözlemlenmiştir (Ponis vd., 2003). Bu nedenle, bakteri ve mayaların canlı mikroalglerin yerine kullanımı uygun değildir (Hemaiswarya vd., 2011).

Beslenme açısından bakıldığında, canlı mikroalglerin diğer alternatif besinlere göre besleyici değeri ve sindirilebilirliği daha fazladır. Besin kaynaklarının kalitesi PUFA, vitaminler, steroller ve karbonhidratlar gibi birçok kimyasal bileşene bağlıdır (Dhontand Van Stappen, 2003). Dünya çapında, çift kabuklu yumuşakça larvalarının, kurutulmuş mikroalgleri düşük düzeyde sindirdiği ve n-3 HUFA (Yüksek oranda doymamış yağ asitleri) içermediği görülmüştür (Muller-Feuga vd., 2003). Birçok çalışmada, canlı alg rasyonu yetersiz olduğunda alternatif besinlerin ek olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Püskürtmeyle kurutulmuş alglerin ve alg pastasının canlı alglerin %50'sinin yerine kullanılmasının yararlı olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte *Tetraselmis*, mikroalg pastası için iyi bir aday gibi görünmesine rağmen besin kalitesi hızla bozulmuştur (Robert vd., 2001). Örneğin; kurutulmuş mikroalgler, oksidasyondan dolayı larval büyümede temel bileşenlerden olan HUFA kaybına neden olabilmektedir (Atalah vd., 2007).

Yapay veya canlı olmayan diyetler, nadiren çift kabuklu yumuşakçaların rutin beslenme sürecinde uygulanır ve çoğunlukla yedek besin kaynağı olarak kabul edilir. Mikroalglerin dondurularak kurutulmuş formları, hücre şekli ve

dokularında bozulma olmadığından canlı mikroalglerle uygun alternatif bir besindir. Hava ile ya da püskürtülerek kurutulmuş mikroalgler, yüksek işlem sıcaklığına bağlı olarak küçülüp büzülme ve ürün kalitesi düşmektedir. Dondurularak kurutulmuş ürünlerin kullanımı, korunması ve depolanması daha kolaydır (Lubzen vd., 1995; Yamasaki vd., 1989).

İstant algler, fotobiyoreaktörlerde yetiştirilen mikroalglerdir ve bu patentli sistem, açık ve kapalı fotobiyoreaktörlerden oluşmaktadır (Pulz ve Scheibenbogen, 1998). İstant alglerin; ticari balık, karides ve kabuklu deniz ürünleri kuluçkahanelerinde canlı mikroalglerin yerine veya ilave besin olarak kullanımı kolay bir yöntemdir. Bu diyetler, balığın larval döneminden damızlık dönemine kadar kullanılabilmesiyle birlikte, genellikle canlı mikroalgler gibi performans göstermektedir. Bu nedenle, canlı mikroalglerin yerine kullanılabilir (Brown, 2002).

Mikroalglerin besin kaynağı olarak değerlendirilmesi

Mikroalglerin larva üretimini geliştirdiği bilinmesine rağmen etki mekanizması tam olarak tespit edilememiştir. Bununla ilgili gelişmiş teoriler; mikroalgli ortamda ışığın zayıflaması (gölgeleme etkileri), zooplanktonun besin kalitesini arttırması, algler tarafından sağlanan vitaminler gibi büyüme arttırıcı maddeler ve alglerin probiyotik etkisidir. Mekanizma, bu olasılıkların çeşitli bir kombinasyonu olabilir. Mikroalgler hem zooplanktonun beslenmesinde kullanılmakta hem de kültür ortamının kalitesini arttırmaya ve stabilize etmeye yardımcı olmaktadır. Tatlı su ve deniz suyundaki pek çok hayvan türü için; yetiştirme havuzlarında fitoplankton kullanımı, yaşam süresi, büyüme ve dönüşüm indeksi açısından daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar (Muller-Feuga, 2000). Bunun nedeni tam olarak bilinmemektedir. Ancak su kalitesinin iyileşmesi, alg oksijen üretimi ile stabilizasyon, pH stabilizasyonu, bakteri popülasyonunun düzenlenmesi gibi süreçlerin başlamasıyla birlikte bazı atılan biyokimyasal bileşiklerin aksiyonu, probiyotiklerin etkisi ve bağışıklığın uyarılması sebep olarak gösterilebilir (Hong vd., 2005; Raja ve Hemaiswarya, 2010).

Mikroalglerin besin değerini etkileyen birçok faktör olabilir. Mikroalglerin besin değeri ile biyokimyasal profilini ilişkilendiren çalışmalar mevcuttur (Durmaz, 2007; Richmond, 2004). Mikroalgler, son logaritmik büyüme fazında genellikle %30-40 protein, % 10-20 lipit ve %5-15 oranında karbonhidrat içermektedir (Fujii vd., 2010). *Patinopecten yessoensis* yeterli oranda PUFA içermektedir. Proteini yüksek diyetler, *Mytilus trossulus* ve *Crassostrea gigas* larvalarının büyüme oranını arttırmıştır (Knuckey vd., 2002).

Zooplanktona aktarılan mikroalg pigmentleri, besin değerine katkıda bulunmaktadır (Gagneux-Moreaux vd., 2007; Lorenz ve Cysewski, 2000; Raja vd., 2008). Bir kopepod türü olan *Temora* sp.'de lutein ve astaksantin, *Artemia*'da ise kantaksantin baskın olarak bulunan pigmentlerdir (Gentsch vd., 2009; Kang ve Sim, 2008). Kopepodlarla beslenen pisi balıklarında yeterli miktarda A vitamini bulunmasına rağmen, *Artemia* ile beslenen pisi balıklarında az miktarda A vitamini

bulunmuştur. Astaksantin ve kantaksantin, salmon balıklarının etinde bulunan pigmentlerdir (Baker, 2002; Raja vd., 2007b). Bu yem katkı maddeleri, kimyasal sentezle üretilmektedir. Günümüzde, astaksantin için biyolojik arz kaynakları, *Phaffiarhodozyma* cinsi bir mayadır (Sanderson ve Jolly, 1994). Karoten pigmentlerince zengin *Arthrospira* sp. sazan balığı yemlerine %5-20 oranında ilave edildiğinde balıkların renklerinde ve desenlerinde artış sağlanmıştır (Gagneux-Moreaux vd., 2007).

Mikroalglerin pufa / hufa açısından değerlendirilmesi

Alglerin yağ içeriği düşük olup, %1–5 civarındadır. Bununla birlikte, içerdiği esansiyel yağ asitleri kara bitkilerinden çok daha fazladır (Duru ve Kargın, 2013). Mikroalglerden elde edilen EPA ve DHA gibi PUFA'ların, birçok larva için gerekli olduğu bilinmektedir (Sargent vd., 1997). Yağ asidi içeriği, taksonomik gruplara göre sistematik farklılıklar göstermiştir. Aynı sınıfa ait mikroalgler arasında belirgin farkların olduğu örnekler vardır. Birçok mikroalg türü, %7-34 oranında EPA içermektedir. Haptophyta (*Pavlova* sp., *Isochrysis* sp. ve *Cryptomonads*) DHA (%0,2-11) bakımından nispeten zengindir. *Nannochloropsis* ve diatomlar, AA'nın (%0-4) en yüksek yüzdesine sahiptir. Bazı türler az miktarda EPA'ya sahip olmakla birlikte, *Chlorophytes*, *Dunaliella* ve *Chlorella* türleri de C:20 ve C:22 PUFA'ları bakımından yetersizdir. PUFA eksikliğinin sebebi, Chlorophyta şubesi alglerinin genellikle düşük besin değerine sahip olmasıdır. Bu yüzden tek bir türün diyet olarak kullanılması uygun değildir (Brown, 2002). *Pavlova* sp. ve *Isochrysis* sp. gibi PUFA oranı bakımından zengin mikroalgleri zooplankton tüketebilir. EPA, eikosanoid grubunun öncüsü olarak daha üstün hayvanlarda önemli rol oynamaktadır. Prostaglandin, tromboksan ve lökotrienler gibi eikosanoidler, hormon benzeri maddelerdir. AA ve EPA, eikosanoidlerin öncül bileşikleridir. Bununla birlikte, bu iki yağ asidi eikosanoidlerden hem yapısal hem de işlevsel olarak farklıdır. Dengeli oranda EPA/AA alımı, eikosanoidlerin işlev bozukluklarını önleyebilir ve hastalıklar ile metabolik bozuklukların tedavisinde etkili olabilir (Gill ve Valivety, 1997).

Bacillariophyceae, *Chlorophyceae*, *Chrysophyceae*, *Cryptophyceae*, *Eustigmatophyceae* ve *Prasinophyceae* sınıfı gibi deniz mikroalglerinde büyük oranda EPA bulunmuştur. *Nannochloropsis* türleri, akuakültürde besin olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu tür, EPA'nın ticari üretimi için de önerilmektedir (Apt ve Behrens, 1999). *Porphyridium purpureum*'da yüksek oranda EPA bulunduğu rapor edilmiştir (Martínez-Fernández ve Paul, 2007; Wen ve Chen, 2003). Diatomların çoğunun hayvan tarafından sentezlenemeyen EPA'yı fazla miktarda biriktirdikleri bilinir (Dunstan vd., 1993; Sicko-Goad ve Andresen, 1991). EPA içeren çok sayıda mikroalg türü bulunmasına karşın, sadece birkaç tür endüstri üretim potansiyeli göstermiştir (Raja vd., 2007b). Bu durum, spesifik büyüme oranının düşük olması ve fotoototrofik koşullar altında yetiştirilen mikroalglerin düşük hücre yoğunluğuna sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (Hemaiswarya vd., 2011).

Sıcaklık, basınç, tuzluluk gibi çevresel faktörlerin değişmesi karşısında nispeten sabit olan fosfolipidler, biyolojik membran açısından zengindir. Karideslerde enzimatik ve hormonal işlemler ile vitellogenik süreçte PUFA/HUFA ve 22:6 (n-3) DHA gereksinimi olabilir. Kabuk değişimi için steroid hormonu üretimi, büyüme ve yumurta üretimi için, içeriğinde PUFA/HUFA bulunduran hareketli ve esnek enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulur. Balık fosfolipidler, genellikle n-3 PUFA/HUFA olarak toplam yağ asitlerinin %50'sini içermektedir. Bu durum, balık yumurtası fosfolipitlerinde açıkça görülmektedir. Diatom lipitleri, önemli miktarda C16 (n-3) PUFA/HUFA ile 20:5 (n-3) EPA içermesine rağmen, önemsiz miktarda DHA içermektedir. Dinoflagellat lipitleri ise, büyük miktarda DHA ve 18:5 (n-3) yağ asidi ihtiva etmektedir (Gara vd., 1998).

Mikroalglerin antioksidan açısından değerlendirilmesi

Farklı mekanizmalar sonucu oluşan serbest radikaller karşı vücuttaki doğal savunma mekanizmasını oluşturan bileşiklere "antioksidanlar" denir. Antioksidanlar, doğal antioksidanlar ve ilaçlar olmak üzere iki çeşittir. Doğal antioksidanlar arasında enzimler (superoksit dismutaz, katalaz, glutathion peroksidaz, glutathion redüktaz, sitokrom-C-oksidad, hidroksiperoxidaz), makromoleküller (seruloplazmin, transferrin, ferritin, myoglobin, haptoglobilin) ve mikromoleküller (β -karoten, A vitamini, C vitamini, E vitamini, tokoferoller, tiol içerenler, glutathion, N-asetil sistein, metionin, kaptopril, ubiquinon) sayılabilir (Hilmi, 1994). Tokoferoller (E vitamini), askorbik asit (C vitamini), karotenoidler, bioflavonoidler ve retinoidler karasal kaynaklı ürünler ile alglerde bulunan antioksidan bileşikleridir (Gökpinar vd., 2006).

Antioksidan etkisi çok güçlü olan astaksantini hücre içinde fazla miktarda biriktirebilen *Haematococcus pluvialis* (Chlorophyceae)'in kapalı sistemlerde üretimi gerçekleştirilmektedir (Torzillo vd., 2003). Vitaminler bakımından zengin olan mikroalgler, su ürünleri için primer vitamin kaynağı olmaları açısından önemlidir ve mikroalglerin besleyici değerini etkileyen önemli bir faktördür. Farklı mikroalg türleri vitamin içerikleri bakımından incelenmiştir. *Nannochloropsis* sp., *Pavlova pinguis*, *Stichococcus* sp. ve *Tetraselmis* sp. türleri 100 $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ gibi düşük ışık şiddetiyle, 12:12 ışık rejiminde büyütülmüş ve logaritmik fazda ürün hasat edildiği zaman vitamin içeriklerinin türler arasında 2-3 kat kadar değiştiği belirlenmiştir. Vitamin miktarları kuru ağırlık olarak ifade edildiğinde, askorbat 1,3-3,0 mg g⁻¹, β -karoten 0,37-1,05 mg g⁻¹, α -tokoferol 0,07-0,27 mg g⁻¹, tiamin 29-109 $\mu\text{g g}^{-1}$, riboflavin 25-50 $\mu\text{g g}^{-1}$, total folat 17-24 $\mu\text{g g}^{-1}$, pyridoksin 3,6-17 $\mu\text{g g}^{-1}$, kobalamin 1,7-1,95 $\mu\text{g g}^{-1}$, biotin 1,1-1,9 $\mu\text{g g}^{-1}$ civarında değişmiştir. Bu değerler, akuatik besin zincirinde mikroalglerin primer vitamin kaynağı olarak diğer canlıların beslenmesinde oynadığı rolün önemini göstermektedir (Brown vd., 1999).

Chlorella sp., su ürünleri yetiştiriciliğinde yağ asitleri ve vitaminlerin primer kaynağı olarak balık yemlerine ilave edilmektedir. Radikalleri süpürme etkisi ile inhibe eden *Chlorella* ekstraktı, α -tokoferol ve karotenoidler gibi lipofilik

antioksidan bileşikler içermektedir (Gökpinar vd., 2006). Karotenoid biriktirebilen türler arasında *Chlorella sorokiniana*, *Chlorella zofingiensis*, *Dunaliella salina* ve *Haematococcus pluvialis* sayılabilir. *Dunaliella salina* (Chlorophyceae) en fazla tuzla parsellerinde rastlanan yüksek tuzluluğa hücre dışı gliserol salgısıyla osmoregülasyon sağlayarak adapte olmuş, yüksek miktarda karotenoid biriktirebilen birkaç mikroalg türünden biridir. *Dunaliella salina*, biyomasi kuru ağırlığın %2,8 w/w düzeyinde karotenoid içeriği olan bir mikroalg türüdür. Önemli karotenoid grubu β -karoten başta olmak üzere, α -karoten, lutein ve likopen içermektedir. β -karoten gibi yağda çözünen pigmentler serbest radikalleri süpürür ve lipofilik yapıda olduklarından serbest radikallerin hücre içi membran yapıları üzerindeki oksidatif baskıyı azaltır. Ayrıca katalaz, peroksidaz ve super oksit dismutaz gibi karaciğer enzimlerinin yeniden onarımını sağlar (Gökpinar vd., 2006).

SONUÇ

Mikroalglerin yüksek üretim maliyeti, birçok kuluçkahane de kısıtlayıcı bir faktör olmaktadır. Ancak, kuluçkahanelerde mikroalglerin üretim maliyetleri yeni teknolojik gelişmelere bağlı olarak azalabilir. Alternatif diyetlerin gelişmesi devam etmektedir. Mikroalglerin yerini tamamen alternatif diyetlerin alması olası değildir. Mikroalg türlerinin iyi seçimi, akuakültür sektörünü destekleyici olabilir. Bununla birlikte, bazı özel uygulamalar veya endüstriyel sektörler için, gelişmiş besin kalitesi veya büyüme özelliklerine sahip yeni türlerin kullanımı kuluçkahane verimliliğini artırabilir. Alternatif mikroalg türlerinin kullanımı ile üretim oranları da yükselir (Lo'pez El'as vd., 2003).

Alg üretimi bünyesindeki maliyet-etkinlik gelişmelerinden ayrı olarak, daha ucuz bir alg biyomasi üretmek için heterotrofik yöntemler veya fotobiyoreaktörlerin kullanılması, yığın kültürü tesislerinde alg üretiminin merkezileşmesi için bir alternatiftir (Lo'pez El'as vd., 2003). Önemli kamçılı (*Isochrysis* sp. ve *Pavlova lutheri* gibi) konsantrasyonlarının geliştirilmesi ve raf ömrünü arttırmak için, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Zooplanktonun tam veya kısmi zenginleştirilmesinde alglerin kullanımı, zooplanktonların besin kalitesini artırmak için dikkate alınmalıdır. Mikroalgler, besin

zincirleri aracılığıyla aktarılabilen bir dizi temel besin içerir. *Thraustochyrid* sp. gibi yeni algler, son derece yüksek DHA ve iyi bir DHA:EPA oranı elde etmek için zooplanktonu zenginleştirmede etkili bir yol sağlar. *Thraustochyrid*'lerin diğer beslenme özellikleri de araştırılmaktadır. Bazı eserlerde, zooplankton ve balık larvaları ile mikroalgler arasındaki araşidonik asit transferi belgelendirilmiştir. Fakat vitaminler hakkında çok daha az bilgi mevcuttur (Hemaiswarya vd., 2011).

Mikroalglerin genellikle iyi bir vitamin kaynağı olduğu ileri sürülmesine rağmen, miktarları önemli ölçüde değişebilir. Bu nedenle, zooplankton belli diyetlerle zenginleştirildiği zaman bir veya daha fazla vitamin eksikliği olabilir. Gelecekteki araştırmalar, farklı diyetlerle beslenen ve farklı kültür koşullarına sahip zooplankton için diğer gerekli besinlerin (pigmentler, steroller) transferi konularına özellikle yoğunlaşmalıdır. Ayrıca, yoğun ve yaygın kültür koşullarında yeşil su sistemleri mekanizmasının daha iyi anlaşılması, larva kültüründe mikroalglerin kullanımını iyileştirmeye yardımcı olacaktır (Hemaiswarya vd., 2011).

Genetik mühendisliği, mikroalglerin ağır metallerin biyolojik arıtımı ve biyoyakıt üretiminde kullanımını incelemiştir. Li ve Tsai (2009), bakteriyel patojenik enfeksiyonuna karşı bir organizma elde etmek için *Nannochloropsis oculata* türü içine kodon optimizasyonlu sığır laktoferini (antimikrobiyal peptid) eklemiştir. Transgenik alglerle beslenen medaka balıklarının (*Oryzias latipes*) ortalama yaşama oranı (%85), doğal alglerle beslenenlere (%5) göre daha yüksek olmuştur. Akuakültürde mikroalglere gen ilavesi, balıkların kalitesini artırabilir (Sayre vd., 2001).

Akuakültürde, cansız mikroalg uygulamalarında başarısız sonuçlar alınmıştır. Besin olarak canlı mikroalgler ilk tercih olmalıdır. Canlı mikroalglerin yerine kısmen cansız alg konserveleri, mikrokapsüllü diyetler ya da püskürtmeyle kurutulmuş alglerin kullanıldığı çalışmalarda başarılı olunmuştur. Ancak tamamen bir değişim olması imkânsızdır. Bilimsel literatüre göre, yüksek besin değeri ve gerekli fiziksel özelliklere sahip olan canlı mikroalgler, akuakültür sistemlerinde sağlıklı yetiştirme ortamı sunmaktadır (Hemaiswarya vd., 2011).

KAYNAKÇA

- Alvarez, J.S., Llamas, A.H., Galindo, J., Fraga, I., Garca, T., & Villarreal, H. (2007). Substitution of fishmeal with soybean meal in practical diets for juvenile white shrimp *Litopenaeus schmitti*. *Aquaculture Research*, 38: 689–695. doi: 10.1111/j.1365-2109.2007.01654.x
- Anonim. (2015). Spirulina. Retrieved from <http://www.algaeindustrymagazine.com/special-report-spirulina-part-6> (15.09.2015).
- Anonim. (2017). BSGM. Retrieved from <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf> (22.03.2017).
- Apt, K.E., & Behrens, P.W. (1999). Commercial developments in microalgal biotechnology. *Journal of Phycology*, 35: 215–226. doi: 10.1046/j.1529-8817.1999.3520215.x
- Atalah, E., Herna'ndez Cruz, C.M., Izquierdo, M.S., Rosenlund, G., Caballero, M.J., Valencia, A., & Robaina, L. (2007). Two microalgae *Cryptocodinium* *cohnii* and *Phaeodactylum tricornutum* as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 270: 178–185. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.009
- Baker, R.T.M. (2002). Canthaxanthin in aquafeed applications: is there any risk? *Trends in Food Science Technology*, 12: 240–243. doi: 10.1016/S0924-2244(01)00091-7
- Borowitzka, M.A. (1997). Microalgae for aquaculture: Opportunities and constraints. *Journal of Applied Phycology*, 9: 393–401. doi: 10.1023/A:1007921728300
- Brown, M.R., Mular, M., Miller, I., Farmer, C., & Trenerry, C. (1999). The vitamin content of microalgae used in aquaculture. *Journal of Applied Phycology*, 11: 247–255. doi: 10.1023/A:1008075903578
- Brown, M.R. (2002). Nutritional value of microalgae for aquaculture. In: Cruz-Sua'rez LE, Ricque-Marie D, Tapia-Salazar M, Gaxiola-Corte's MG, Simoes N (eds) *Avances en Nutricio'n Acu'cola VI. Memorias del VI*

- Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. 3 al 6 de Septiembre del. anu'n. Quintana Roo, México. doi: 10.5772/30576
- Chakraborty, R.D., Chakraborty, K., & Radhakrishnan, E.V. (2007). Variation in fatty acids composition of *Artemia salina* nauplii enriched with microalgae and baker's yeast for use in larviculture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 4043–4051. doi: 10.1021/jf063654l
- Dhont, J., & Van Stappen, G. (2003). Live feeds in marine aquaculture. *Blackwell Science Ltd*, pp. 65–121.
- Dunstan, G.H., Volkman, J.K., Barret, S.M., & Garland, C.D. (1993). Changes in the lipid composition and maximization of the polyunsaturated fatty acid content of three microalgae grown in mass culture. *Journal of Applied Phycology*, 5: 71–83. doi: 10.1007/BF02182424
- Durmaz, Y. (2007). Vitamin E (α -tocopherol) production by the marine microalgae *Nannochloropsis oculata* (Eustigmatophyceae) in nitrogen limitation. *Aquaculture*, 272: 717–722. doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.07.213
- Duru, M.D., & Kargin, Y. (2013). Mikroalglerin Pigment Kaynağı Olarak Balık Yemlerinde Kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(2): 112–118.
- Eliçin, A.K., Kılıçkan, A., Avcıoğlu, A.O., (2009). Mikroalglerden Biyodizel Üretimi. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi bildiri kitabı, pp: 273 – 278. Isparta.
- Fujii, K., Nakashima, H., Hashidzume, Y., Uchiyama, T., Mishiro, K., & Kadota, Y. (2010). Potential use of the astaxanthin-producing microalgae, *Monoraphidium* sp. GK12, as a functional aquafeed for prawns. *Journal of Applied Phycology*, 22: 363–369. doi: 10.1007/s10811-009-9468-z
- Gagneux-Moreaux, S., Moreau, C., Gonzalez, J.L., & Cosson, R.P. (2007). Diatom artificial medium (DAM): a new artificial medium for the diatom *Haslea ostrearia* and other marine microalgae. *Journal of Applied Phycology*, 19: 549–556. doi: 10.1007/s10811-007-9169-4
- Gara, B., Shields, R.J., & McEvoy, L. (1998). Feeding strategies to achieve correct metamorphosis of Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L., is using enriched Artemia. *Aquaculture Research*, 29: 935–948. doi: 10.1046/j.1365-2109.1998.29120935.x
- Gentsch, E., Kreibich, T., Hagen, W., & Barbara, N. (2009). Dietary shifts in the copepod *Temora longicornis* during spring: evidence from stable isotope signatures, fatty acid biomarkers and feeding experiments. *Journal of Plankton Research*, 31: 45–60. doi: 10.1093/plankt/fbn097
- Gill, I., & Valivety, R. (1997). Polyunsaturated fatty acids: Part 1. Occurrence, biological activities and applications. *Trends in Biotechnology*, 15: 401–409. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799(97)01076-7
- Gökpinar, Ş., Koray, T., Akçiçek, E., Göksan, T., & Durmaz, Y. (2006). Algal antioksidanlar. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 2 -Ek (1/1): 85–89.
- Hemaiswarya, S., Raja, R., Kumar, R.R., Ganesan, V., & Anbazhagan, C. (2011). Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27: 1737–1746. doi: 10.1007/s11274-010-0632-z
- Hilmi, Ş. (1994). Oksidanlar ve antioksidanlar. *Türk Hastane Tıp Dergisi*, 48: 1–2, 44–49.
- Hong, H.A., Duc, H.L., & Cutting, S.M. (2005). The use of bacterial spore formers as probiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, 29: 813–835. doi: 10.1016/j.femsre.2004.12.001
- Jones, D.A., Kurmaly, K., & Arshad, A. (1987). Penaeid shrimp hatchery trials using microencapsulated diets. *Aquaculture*, 64: 133–146. doi: 10.1016/0044-8486(87)90349-8
- Jones, D.A., Kamarudin, M.S., & Le Vay, L. (1993). The potential for replacement of live feeds in larval culture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 24(2): 199–210. doi: 10.1111/j.1749-7345.1993.tb00009.x
- Kang, C.D., & Sim, S.J. (2008). Direct extraction of astaxanthin from *Haematococcus* culture using vegetable oils. *Biotechnology Letters*, 30: 441–444. doi: 10.1007/s10529-007-9578-0
- Kargin, Y.H. (2006). Mikroalg Üretimi İçin Fotobiyoreaktör Tasarımları. *Ege Journal of Fisheries&Aquatic Sciences*, Cilt/Volume 23, Ek/Suppl. (1/2): 327–332.
- Knuckey, R.M., Brown, M.R., Barrett, S.M., & Hallegraef, G.M. (2002). Isolation of new nanoplanktonic diatom strains and their evaluation as diets for the juvenile Pacific oyster. *Aquaculture*, 211: 253–274. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00010-8
- Knuckey, R.M., Brown, M.R., Rene Robert, R., & Frampton, M.F.D. (2006). Production of microalgal concentrates by flocculation and their assessment as aquaculture feeds. *Aquacultural Engineering*, 35(3): 300–313. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaeng.2006.04.001
- Kumlu, M., & Jones, D.A. (1995a). The effect of live and artificial diets on growth, survival and trypsin activity in larvae of *Penaeus indicus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26(4): 406–415. doi: 10.1111/j.1749-7345.1995.tb00836.x
- Kumlu, M., & Jones, D.A. (1995b). Feeding and digestion in the caridean shrimp larva of *Palaemon elegans* (Rathke) and *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) (Crustacea: Palaemonidae) on live and artificial diets. *Aquaculture Nutrition*, 1: 3–12. doi: 10.1111/j.1365-2095.1995.tb00029.x
- Lavens, P., & Sorgeloos, P. (1996). Manual on the production and use of live food for aquaculture. *FAO Fisheries Technical paper*. In: Lavens P, Sorgeloos P (eds) Rome. pp. 36–19.
- Léger, P., Bengtson, D.A., Sorgeloos, P., Simpson, K.L., & Beck, A.D. (1986). The use and nutritional value of Artemia as a food source. *Oceanography and Marine Biology, An Annual Review*, 24: 521–623.
- Léger, Ph., & Sorgeloos, P. (1992). Optimised feeding regimes in shrimp hatcheries. In: Fast, A. W. and L. J. Lester, (Editors), *Marine Shrimp Culture: Principles and Practices*, Elsevier, pp. 225–244.
- Li, S.S., & Tsai, H.J. (2009). Transgenic microalgae as a non-antibiotic bactericide producer to defend against bacterial pathogen infection in the fish digestive tract. *Fish and Shellfish Immunology*, 26: 316–325. doi: 10.1016/j.fsi.2008.07.004
- Lo'pez Eli'as, J.A., Voltolina, D., Chavira Ortega, C.O., Rodri'guez, B.B., Sa'enz Gaxiola, L.M., Esquivel, B.C., & Nieves, M. (2003). Mass production of microalgae in six commercial shrimp hatcheries of the Mexican northwest. *Aquacultural Engineering*, 29: 155–164. doi: 10.1016/S0144-8609(03)00081-5
- Lorenz, R.T., & Cysewski, G.R. (2000). Commercial potential for *Haematococcus* microalgae as a natural source of astaxanthin. *Trends in Biotechnology*, 18: 160–167. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0167-7799(00)01433-5
- Lubzens, E., Gibson, O., Zmora, O., & Sukenik, A. (1995). Potential advantages of frozen algae (*Nannochloropsis* sp.) for rotifer (*Brachionus plicatilis*) culture. *Aquaculture*, 133:295–309. doi: 10.1016/0044-8486(95)00010-Y
- Martí'nez-Ferna'ndez, E., & Paul, C. (2007). Use of tropical microalgae as food for larvae of the black-lip pearl oyster *Pinctada margaritifera*. *Aquaculture*, 263: 220–226. doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.09.040
- Menasveta, P., Panichayakul, P., Piyatitivorakul, P., & Piyatitivorakul, S. (1984). Effect of different diets on survival of giant prawn larvae (*Macrobrachium rosenbergii*). *Journal of the Science Society of Thailand*, 10: 179–187.
- Muller-Feuga, A. (2000). The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *Journal of Applied Phycology*, 12: 527–534. doi: 10.1023/A:1008106304417
- Muller-Feuga, A., Moal, J., & Kaas, R. (2003). The microalgae of aquaculture. In aquaculture. In: Støttrup JG, McEvoy LA (eds) *Live feeds in marine aquaculture*. *Blackwell Science Ltd*, pp. 253–299.
- Muller-Feuga, A. (2004). Microalgae for aquaculture: the current global situation and future trends. In: Richmond A (ed) *Handbook of microalgal culture*. *Blackwell Science*, pp. 352–364.
- Naz, M., & Gökçek, K. (2006). Fotobiyoreaktörler: Fototropik Mikroorganizmalar için Alternatif Üretim Sistemleri. *Ulusal Su Günleri 2004*, 6-8 Ekim 2004, İzmir.
- New, M.B., & Wagner, C.V. (2000). Freshwater prawn culture. *Blackwell Science*, Oxford, pp. 1–11.

- Patil, V., Kallqvist, T., Olsen, E., Vogt, G., & Gislerød, H.R. (2007). Fatty acid composition of 12 microalgae for possible use in aquaculture feed. *Aquaculture International*, 15: 1–9. doi: 10.1007/s10499-006-9060-3
- Ponis, E., Robert, R., & Parisi, G. (2003). Nutritional value of fresh and concentrated algal diets for larval and juvenile Pacific oysters (*Crassostrea gigas*). *Aquaculture*, 221: 491–505. doi: 10.1016/S0044-8486(03)00075-9
- Pulz, O., & Scheibenbogen, K. (1998). Photobioreactors: design and performance with respect to light energy input. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, 59: 123–151. doi: 10.1007/BFb0102298
- Pulz, O. (2001). Photobioreactors: production systems for phototropic microorganisms. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 57: 287–293. doi: 10.1007/s002530100702
- Raja, R. (2003). Studies on *Dunaliella salina* (Dunal) Teod. With special reference to its anticancer properties. *Ph.D., thesis*, University of Madras, Chennai, India.
- Raja, R., Anbazhagan, C., Ganesan, V., & Rengasamy, R. (2004a). Efficacy of *Dunaliella salina* (Volvocales, Chlorophyta) in salt refinery effluent treatment. *Asian Journal of Chemistry*, 16: 1081–1088.
- Raja, R., Anbazhagan, C., Lakshmi, D., & Rengasamy, R. (2004b). Nutritional studies on *Dunaliella salina* (Volvocales, Chlorophyta) under laboratory conditions. *Seaweed Resources Utilization*, 26: 127–146.
- Raja, R., Hemaiswarya, S., Balasubramanyam, D., & Rengasamy, R. (2007a). Protective effect of *Dunaliella salina* (Volvocales, Chlorophyta) on experimentally induced fibrosarcoma on wistar rats. *Microbiological Research*, 162: 177–184. doi: 10.1016/j.micres.2006.03.009
- Raja, R., Hemaiswarya, S., & Rengasamy, R. (2007b). Exploitation of *Dunaliella* for β -carotene production. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 74: 517–523. doi: 10.1007/s00253-006-0777-8
- Raja, R., Hemaiswarya, S., Ashok Kumar, N., Sridhar, S., & Rengasamy, R. (2008). A perspective on the biotechnological potential of microalgae. *Critical Reviews in Microbiology*, 34: 77–88. doi: 10.1080/10408410802086783
- Raja, R. (2009). Microalgae [*Pourriel probable*] a column in the IInd Chapter in 'Un monde invisible' edited by Laurence Bordenave, Publisher: Aubanel-La Martinie're, La Martinie're Group, ISBN: 978-2-7006-0670-6, France, pp. 124–126 (French).
- Raja, R., & Hemaiswarya, S. (2010). Microalgae and immune potential a chapter in dietary components and immune function–prevention and treatment of disease and cancer. In: Watson RR, Zibadi S, Preedy VR (eds) Humana Press/Springer, ISBN: 978-1-60761-060-1, USA, pp. 517–529.
- Richmond, A. (2004). Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. *Blackwell Science Ltd.*, pp. 1–544.
- Robert, R., Parisi, G., Rodolfi, L., Poli, B.M., & Tredici, M.R. (2001). Use of fresh and preserved *Tetraselmis suecica* for feeding *Crassostrea gigas* larvae. *Aquaculture*, 192: 333–346. doi: 10.1016/S0044-8486(00)00456-7
- Rodolfi, L., Zittelli, G.C., Barsanti, L., Rosati, G., & Tredici, M.R. (2003). Growth medium recycling in *Nannochloropsis* sp. mass cultivation. *Biomolecular Engineering*, 20, pp. 243–248. doi: 10.1016/S1389-0344(03)00063-7
- Rosenberg, J.N., Oyler, G.A., Wilkinson, L., & Betenbaugh, M.J. (2008). A green light for engineered algae: redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution. *Current Opinion in Biotechnology*, 19: 430–436. doi: 10.1016/j.copbio.2008.07.008
- Rosenberry, B. (1991). World shrimp farming. *Aquaculture Digest*, San Diego.
- Sanderson, G.W., & Jolly, S.O. (1994). The value of *Phaffia* yeast as a feed ingredient for Salmonid fish. *Aquaculture*, 124: 193–200. doi:10.1016/0044-8486(94)90377-8
- Sargent, J.R., McEvoy, L.A., & Bell, J.G. (1997). Requirements, presentation and sources of polyunsaturated fatty acids in marine fish larval feeds. *Aquaculture*, 155: 117–128. doi: 10.1016/S0044-8486(97)00122-1
- Sayre, R.T., Wagner, R.E., Siripornadulsil, S., & Farias, C. (2001). Use of *Chlamydomonas reinhardtii* and other transgenic algae in food or feed for delivery of antigens. International Patent Number W.O. 01/98335 A2.
- Sicko-Goad, I., & Andresen, N.A. (1991). Effect of growth and light/dark cycles on diatom lipid content and composition. *Journal of Phycology*, 27: 710–718. doi:10.1111/j.0022-3646.1991.00710.x
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., & Isambert, A. (2006). Commercial applications of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101: 87–96. doi: 10.1263/jbb.101.87
- Torzillo, G., Goksan, T., Faraloni, C., Kopecky, J., & Masojidek, J. (2003). Interplay between photochemical activities and pigment composition in an outdoor culture of *Haematococcus pluvialis* during the shift from the green to red stage. *Journal of Applied Phycology*, 15: 127–136. doi: 10.1023/A:1023854904163
- Watanabe, T., Kitajima, C., & Fujita, S. (1983). Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish: a review. *Aquaculture*, 34: 115–143. doi:10.1016/0044-8486(83)90296-X
- Wen, Z.Y., & Chen, F. (2003). Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae. *Biotechnology Advances*, 21: 273–294. doi: 10.1016/S0734-9750(03)00051-X
- Wikfors, G.H., & Ohno, M. (2001). Impact of algal research in aquaculture. *Journal of Phycology*, 37: 968–974. doi: 10.1046/j.1529-8817.2001.01136.x
- Yamasaki, S., Tanabe, K., & Hirata, H. (1989). Efficiency of chilled and frozen *Nannochloropsis* sp. (Marine *Chlorella*) for culture of rotifer. *Memoirs of Faculty of Fisheries Kagoshima University*, 38: 77–82.
- Yılmaz, H.K. (2006). Mikroalg Üretimi İçin Fotobiyoreaktör Tasarımları. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(1/2): 327–332.

DERLEME

REVIEW

İhtiyoplanktonun dağılım dinamikleri ve stoka katılım hipotezleri

Distribution dynamics of ichthyoplankton and recruitment hypotheses

Sinan Mavruk*  • Dursun Avşar

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 01330 Balcalı/Adana

* Corresponding author: smavruk@cu.edu.tr

Received date: 17.01.2017

Accepted date: 10.03.2017

How to cite this paper:

Mavruk, S. & Avşar, D. (2017). Distribution dynamics of ichthyoplankton and recruitment hypotheses. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(3): 355-361. doi:10.12714/egejfas.2017.34.3.16

Öz: Denizel kemikli balıkların çoğunda yumurta ve larval aşamalar planktonik özellik göstermektedir. Bu formlar aktif hareket kabiliyeti kazanıncaya dek balık planktonu anlamına gelen ihtiyoplankton kapsamında değerlendirilmektedir. Kemikli balıklar genellikle çok sayıda yumurta üretmekte; bu yumurtalardan önemli bir kısmı, açlık, predasyon, anormal sürüklenmeler ve saçılmalar gibi nedenlerle stoka katılım öncesinde ölmektedir. Bu süreçte, yaşam oranlarındaki küçük değişimler stoka katılımda önemli farklılıklar yaratabilmektedir. Diğer taraftan, maksimum sayıda yavruyu hayatta tutabilecek ideal habitatların varlığı alan ve zamansal açıdan değişkenlik sergilemekte; bu nedenle, yavruların ideal çevresel koşullarla buluşturulması kritik önem arz etmektedir. Balıklar, bu eşleştirmeyi sağlamak amacıyla çeşitli üreme stratejileri geliştirmişlerdir. Bu derleme çalışmasında, ihtiyoplanktonun alansal ve zamansal dağılımını etkileyen iç (yumurtlama stratejisi) ve dış (çevresel koşullar) faktörler teorik bir çerçevede ele alınmış, planktonik evrelerin stoka katılım başarısındaki rollerini vurgulayan hipotezlerle birlikte tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Balık yumurtası, balık larvası, üreme stratejileri, ihtiyoplankton toplulukları

Abstract: Planktonic eggs and larvae of marine teleost fishes are considered as ichthyoplankton until they improve active locomotion. These fishes usually produce a large number of propagules however, the great majority of them die before recruitment due to the extrinsic conditions such as predation, starvation and aberrant drift. In this period, small variations in survival rates may cause important differences in recruitment success. On the other hand, the presence of the ideal habitats which can sustain maximal survival for propagules, can significantly change in space and time. Therefore, it is critically important that emergence of propagules should match with the appearance of ideal habitats. To ensure this match, fishes have advanced different spawning strategies. In this review, intrinsic (spawning strategies) and extrinsic (environmental factors) conditions affecting the spatio-temporal distribution of ichthyoplankton have been evaluated on a theoretical basis by discussing match-mismatch dynamics and recruitment hypotheses.

Keywords: Fish egg, fish larvae, spawning strategies, ichthyoplankton assemblage

GİRİŞ

Denizel kemikli balıkların önemli bir kısmı erken yaşam evrelerini pelajik ortamda geçirmektedir. Planktonik olan bu embriyonik ve larval formlar meroplankton kapsamında ele alınmakta ve balık planktonu anlamına gelen ihtiyoplankton adını almaktadır. İhtiyoplanktonik faz, balığın aktif hareket kabiliyeti kazanması ya da demersal türlerde ergin popülasyonun yaşadığı habitatlara geçişle son bulmaktadır (Russell, 1976; Richards, 2006). Stoka katılım öncesi dönemi oluşturan bu süreçte kayıplar genellikle son derece yüksek düzeyde olup; ölüm oranlarındaki küçük değişimler stoka katılımda önemli farklılıklara neden olabilmektedir (Cushing, 1990). Dolayısıyla planktonik evredeki ekolojik ilişkilerinin çözülmesi, balık popülasyonlarındaki değişimlerin anlaşılmasında büyük önem arz etmektedir (Houde, 2009).

Uluslararası literatürde ihtiyoplanktonik evrelerin dinamikleri hakkında çok sayıda araştırma ve sentez bulunmaktadır. Moser vd. (1983)'ün gerçekleştirdiği araştırma,

bu çalışmalar arasında en önemlilerindendir. Bu çalışmada balıkların ontogenetikleri, erken gelişim evrelerindeki ekolojileri ve sistematikleri oldukça ayrıntılı olarak verilmiştir. Blaxter (1988), deniz balıklarında yumurtlama davranışları, embriyonik ve larval gelişim süreci ile bu süreçteki morfolojik ve ekolojik değişimleri ele almıştır. Sinclair (1997), Hjort (1914)'le değişen stoka katılım anlayışını tarihsel bir perspektifle incelemiştir. Fuiman ve Higgs (1997) balıklarda ontogeni, larval büyüme ve stoka katılım arasındaki bağlantıları ele almışlardır. Fuiman ve Werner (2002)'nin editörlüğünde yayınlanan kitapta denizel kemikli balıkların erken gelişim evreleri ve bu aşamadaki ekolojileri tüm yönleriyle incelenmiştir. Agostini ve Bakun (2002) ile Bakun (2006), balıklar için ideal yumurtlama habitatlarının şekillenmesini sağlayan fiziksel mekanizmalar üzerinde durmuşlardır. Govoni (2005), balıkların erken gelişim evrelerindeki ekolojik özellikleriyle ilgili detaylı bir kritik vermiştir. Winemiller (2005), balıklarda üç temel yaşam stratejisini incelemiş ve bu stratejileri izleyen balık türlerinin

temel özelliklerine değinmiştir. Houde (2008) ile Houde (2009) balıklarda stoka katılım ve planktonik evrelerdeki dinamiklerin stoka katılıma etkileri üzerinde durmuşlardır. Peck vd. (2012) ise balıkların erken gelişim evrelerinde çevresel koşullarla eşleşme dinamiklerini değerlendirerek, yaşam başarısını etkileyen iç ve dış koşulları irdemişlerdir.

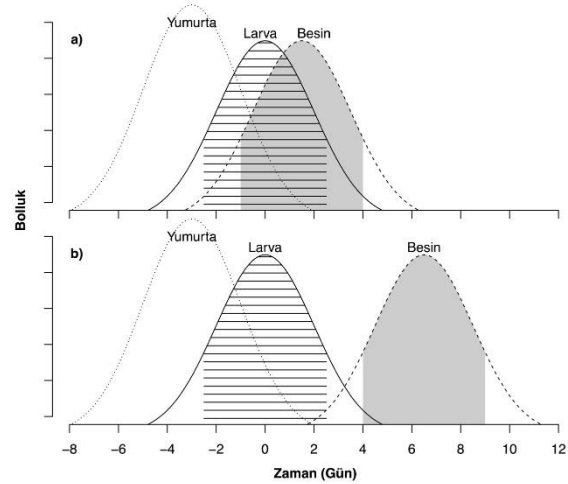
Türkiye’de ihtiyoplanktonun taksonomisi, bolluk ve dağılımını konu alan çalışmalar 1950’li yıllardan bu yana sürdürülmekte olup; bunlardan Çoker ve Mater (2006) İzmir Körfezi, Hoşsucu ve Taylan (2015) Ege Denizi, Ak-Örek ve Mavruk (2016) ise Akdeniz’in detaylı birer sentezini yapmışlardır. Avşar (2006)’nın “İhtiyoplanktona Giriş” ders notları, ihtiyoplankton ekolojisi üzerine giriş seviyesindeki bilgileri içermektedir. Sonrasında, Hoşsucu (2014) tarafından hazırlanan “Balık Yumurta ve Larvaları” adlı kitapta ekolojik faktörlerin balık yumurta ve larvaları üzerindeki etkisi detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu derleme çalışmasında ise, ihtiyoplanktonun dağılım dinamikleri teorik bir çerçevede incelenmiş, balıklarda stoka katılım başarısını planktonik fazın ekolojisiyle ilişkilendiren hipotezler tartışılmıştır. Kavramlar verilirken mümkün olduğunca Türkçe kelimeler kullanılmaya çalışılmış, diğer taraftan özgün kaynaklara bağlı kalmak için İngilizce adları da parantez içinde sunulmuştur.

İhtiyoplanktonik faz ve stoka katılım başarısı

Geçtiğimiz yüzyılın başlarında, planktonik sürecin stoka katılım başarısı ve dolayısıyla da stok büyüklüğü üzerindeki etkileri anlaşılmaya başlamış; ihtiyoplankton araştırmaları balıkçılık biyolojisinin odak noktalarından biri haline gelmiştir (Hjort, 1914; Cushing, 1975; Cushing, 1990; Houde, 2008). Öncesinde balıkların av miktarlarındaki değişimlerin göçlerden kaynaklandığı yaygın bir düşünce iken (Sinclair, 1997); Hjort (1914), balık stoklarındaki dalgalanmaların asıl nedeninin stoka katılımdaki değişimler olduğunu ortaya koymuştur. Hjort (1914)’ün “kritik dönem” (critical period) hipotezine göre, kohortun stoka katılım başarısı büyük ölçüde ilk beslenme aşamasındaki larvanın uygun besinsel ortamla karşılaşmasına bağlıdır. Buna paralel olarak Cushing (1975)’in “tek süreç” (single process) hipotezi ise stoka katılım başarısının tüm erken gelişim evreleri boyunca büyüme ve ölüm oranlarına bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Bu hipoteze göre, ihtiyoplanktonik dönem boyunca büyüme/ölüm (G/M) oranını artıran koşullar kohortun gücünü de tayin etmektedir (Cushing, 1990; Cowan ve Shaw, 2002).

Balık yumurta ve larvalarının bolluk ve dağılımındaki alansal ve zamansal değişimlere etki eden koşullar, iç ve dış faktörler olmak üzere iki grup altında değerlendirilebilir. Yumurtlayan stokun batin fekonditesi ile üreme alan ve zamanı en önemli iç faktörler arasında yer almaktadır. Diğer taraftan su hareketleri, su ortamının fiziko-kimyasal ve biyolojik koşulları da dış faktörler arasında kabul edilebilir (Peck vd., 2012). Yumurta ve larvaların gözlenen dağılımları, sözü edilen bu iç ve dış faktörler arasındaki evrimsel uyumun bir yansımasıdır. Bu uyum, Cushing (1975) ve (1990) tarafından tanımlanan eşleşme (match-mismatch) hipotezi ile açıklanmaktadır (Şekil

1). Cushing (1975)’e göre yüksek enlemlerde dağılışı gösteren balıklarda üreme dönemi, çoğunlukla ilkbahar ve sonbahardaki plankton artışlarıyla eşleşmekte; bu şekilde larvanın besin bulma olasılığı artmakta ve açlığa bağlı ölümler düşmektedir. Cushing (1990), bu yaklaşımı orta ve düşük enlemlerde yaşamlarını sürdüren balıklara uyarlayarak, mevsimsel plankton artışlarının yanı sıra, upwelling gibi besin artışı sağlayan diğer süreçlerin de önemli olduğunu vurgulamıştır. Bu ikinci yaklaşıma göre, balıkların üreme alan ve zamanları, yavruların hayatta kalma olasılığını maksimize edecek fiziksel ve biyolojik koşullarla eşleşmelidir (Houde, 2009). Dolayısıyla, balıkların üreme davranışları ile denizel ortamdaki taşınım, konsantrasyon, tutulum, tabakalaşma ve karışım gibi fiziksel süreçler (Bakun, 2006) ve bunların yanı sıra besin organizmalarının süksesyonları gibi biyolojik süreçler arasında bir uyum söz konusudur. Bu uyumdaki küçük bozulmalar (mismatch), yavrular için hedeflenen habitat kalitesinin yakalanamaması anlamına gelmekte olup; popülasyonların stoka katılım başarısını direkt olarak olumsuz yönde etkilemektedir (Cushing, 1990; Myers, 2002). (Şekil 1).



Şekil 1. Yumurtlama ile ideal besinsel koşulların zamansal açıdan eşleşmesi (a) ve eşleşmemesi (b) durumlarını gösteren kavramsal modeller (Cushing (1990)’dan uyarlanmıştır)

Figure 1. The conceptual models showing phenological match (a) and mismatch (b) between spawning and ideal feeding conditions (Modified from Cushing (1990))

Bu durumda “Yumurtlama için ideal bir habitat nasıl olmalıdır?” sorusu gündeme gelmektedir. Bu soru Cushing (1975)’in “tek süreç” hipotezi ile bağlantılı olarak formüle edilebilir. Buna göre ideal bir habitatta larvaların büyüme oranı yüksek ve ölüm oranı düşük olmalıdır. Ontogenik sürecin erken dönemlerinde bireyin algı, tepki ve hareket kapasitesi oldukça düşüktür. Bu nedenle de yaşam riskleri ve dolayısıyla da ölüm oranları son derece yüksek olup; gelişimle ters orantılı bir eğilim sergilemektedir. Bu periyodun hızlı bir şekilde geçilmesi, kohortun stoka katılım başarısında belirleyici faktörler arasında ön sıradadır (Houde, 2009). Bu olgu, “evre süresi” (stage

duration) hipotezi ile açıklanmaktadır. Cushing (1975)'in "tek süreç" hipotezinin doğal bir sonucu olarak, erken gelişim evrelerinde büyüme oranının artması neticesinde riskli aşamalar hızlı bir şekilde atlatılmakta ve bu yolla toplam mortalite düşürülmektedir (Cowan ve Shaw, 2002; Houde, 2008; Houde, 2009).

Bakun (2006) "predatör tuzağı" (predatör pit) hipotezinde, ideal habitat kavramını tanımlarken larval mortalitenin iki ana kaynağı olan "av" (prey) ve "avcı" (predator) kavramlarını kullanmıştır. Buna göre artan larval besin düzeyleri, belli bir eşiği geçtiğinde predatörlerin de yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Eğer ortamın besin düzeyi predatör ilgisini çekecek kadar yüksek olup; bu predatörleri doyuracak kadar yüksek değil ise, plankton üzerindeki predasyon baskısı da aşırı derecede artmaktadır. Bu bağlamda, Bakun (2006)'nın önerdiği ideal habitatta besin düzeyleri larvanın büyümesi için yeterli olmakla birlikte, predatörleri cezp etmemeli; eğer cezp ediyor ise bunları doyuracak seviyede olmalıdır. Ayrıca ortamın birim zamandaki besin üretimi de ortamdaki mevcut ürünün (standing stock) korunmasını sağlamalıdır.

İhtiyoplanktonun dağılım dinamikleri

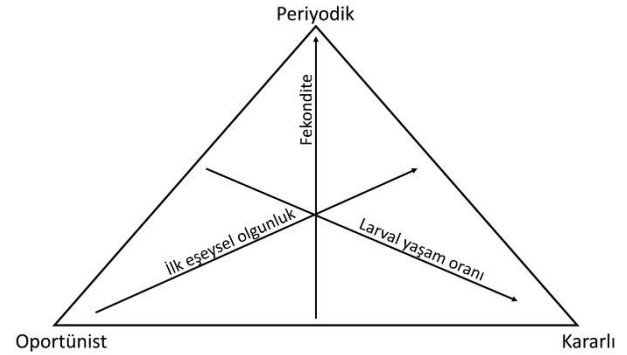
Balıkların üreme stratejilerinin etkisi

İhtiyoplanktonun dağılımından sorumlu birincil faktör, ebeveyn tarafından üreme alan ve zamanının ayarlanmasıdır (Somarakis vd., 2011). Larvaların beslenme, korunma ve olumsuz koşullardan kaçınma gibi konulardaki fonksiyonel yetersizlikleri nedeniyle (Werner, 2002), alan ve zaman tercihi kritik önem arz etmektedir (Miller, 2002). Bu bağlamda, maksimum sayıda larvanın ideal koşullara sahip ortamlara ulaştırılması ve bu ortamlarda tutulması gerekmektedir (Laprise ve Pepin, 1995; Agostini ve Bakun, 2002; Aceves-Medina vd., 2004). Bu amaca ulaşmak için geliştirilen taktikler; türler ve hatta popülasyonlar arasında önemli farklılıklar göstermektedir (Peck vd., 2012).

Balıkların seçim stratejileri, maksimum sayıda yavruyu gelecek nesillere aktarabilmek amacıyla evrilen taktiklerden oluşmakta olup (Wootton, 1984); üreme alan ve zamanı ile yoğunluğunun belirlenmesinde son derece önemlidir. Bu bağlamda bazı türler, üremelerini zamansal skalaya yaymak suretiyle, larvalarının olumlu koşullara denk gelme olasılıklarını arttırmaya çalışmaktadır (Peck vd., 2012). Bu grup, Winemiller ve Rose (1992)'nin üçlü sınıflandırmasında (W-R model; Şekil 2) "oportünist" stratejiye denk gelmektedir. İlk eşeyssel olgunluğa erken yaşlarda erişen oportünistler, düşük batın fekonditesini yüksek batın sayısı ile telafi etmekte ve bu şekilde üretilen yavru sayısını maksimize etmeye çalışmaktadırlar (Winemiller, 2005).

W-R modelinin bir diğer kategorisi olan periyodik stratejide ise üreme; besin, su hareketleri gibi larval yaşam oranlarını belirleyen faktörlerin uzun dönemler boyunca istikrar gösteren fenolojik döngüleri ile senkronize edilmeye çalışılmaktadır (Frank ve Leggett, 1983; Winemiller ve Rose, 1992). Cushing (1975)'in eşleşme hipotezinde belirtilen mevsimsel üreme

döngüleri, bu stratejinin en belirgin örneğini oluşturmaktadır. Periyodik balıklarda ilk eşeyssel olgunluk gecikmekte, buna karşın batın fekonditesi artırılarak, batın sayısı düşürülmektedir. Bu balıklarda üremenin uyarılmasında birçok çevresel koşulun etkisi gözlenmiş olsa da (Bye, 1984); sıcaklık ve yüksek enlemlerde fotoperiyot dominant faktörlerdir (Peck vd., 2012).



Şekil 2. Kemikli balıklarda yaşam stratejileri (Winemiller ve Rose (1992)'den uyarlanmıştır)

Figure 2. Life history strategies of Teleost fishes (Modified from Winemiller and Rose (1992))

Oportünist ve periyodiklerin en belirgin ortak özelliği, yavru başına yapılan yatırımın düşük olması nedeniyle, yavruların son derece kırılgan olmasıdır (Winemiller, 2005). W-R modelinin diğer kategorisi olan kararlı (equilibrium) stratejide ise yavru sayısı azaltılarak, ebeveyn gözetimi ile yavruların yaşam oranları artırılmaya çalışılmaktadır (Winemiller ve Rose, 1992). Bu grupta genellikle direkt gelişim gösteren yumurtalardan postlarvalar çıkmaktadır. Demersal yuvaların ebeveyn tarafından korunması, yumurtaların ağır ya da özel bir kese içerisinde kuluçkalandırılması gibi karmaşık üreme davranışları gözlenmektedir (Fuiman, 2002; Winemiller, 2005). Dağılım dinamikleri büyük ölçüde ebeveynin kontrolü altında şekillendiğinden, mortalite ve adveksiyon kayıpları minimize edilmektedir (Cowen ve Sponaugle, 1997; Werner, 2002).

Fiziksel ve kimyasal koşulların etkisi

Sıcaklık, orta ve yüksek enlemlerde dağılışı gösteren balıklarda, gerek direkt olarak üreme davranışını uyararak ve gerekse larval yaşam için önemli koşulları düzenleyerek üreme ekolojisinin merkezinde yer almaktadır (Houde, 2009; Peck vd., 2012). Bu nedenle birçok balık türü, üreme aktiviteleri için maksimum sayıda larvayı hayatta tutabileceği belirli bir sıcaklık aralığını tercih etmektedir (Pörtner ve Peck, 2010). Sıcaklığın mevsimsel döngülerindeki ufak sapmalar, prey ve predatör organizmaların süksesyonlarını etkileyebilmekte (Edwards ve Richardson, 2004), yumurtlama aktivitelerinin ideal çevresel koşullara denk getirilmesini riske atabilmektedir (Cushing, 1975).

Salinite, özellikle geçiş sularında ihtiyoplankton dağılımını direkt etkileyebilmektedir. Diğer taraftan, horizontal ve vertikal su hareketlerini düzenlemek suretiyle de planktonik yumurta ve

larvaların dağılımı üzerinde dolaylı olarak etkili olabilmektedir (Houde, 2009). Oksijen, Karadeniz gibi anoksik koşullara sahip bölgeler, upwelling sahaları ya da kentsel atık döküm sahaları gibi ötrofik alanlar dışında ihtiyoplankton dağılımını direkt belirleyici bir faktör olarak değerlendirilmemektedir (Bunn vd., 2000). pH değişimlerinin yumurta ve larvalar üzerindeki etkisi ise küresel ısınma ve asidifikasyon tartışmalarıyla birlikte yeniden gündeme gelmiştir (Pankhurst ve Munday, 2011). Henüz direkt olarak denizel ortamdaki ihtiyoplankton dağılımı üzerinde herhangi bir etkisi rapor edilmemiş olsada; pH artışlarının *Clupea harengus* larvalarında büyüme ve kondisyonu olumsuz etkilediği ve organ hasarlarına yol açtığı, deneysel ortamda gösterilmiştir (Frommel vd., 2014). Diğer taraftan Westernhagen (1988)'e göre, deniz balıklarında gözlenebilir gelişim anomalilerine neden olabilecek pH değerleri ile ancak kirlenmiş alanlarda karşılaşılabilir.

Yeterli miktarda, uygun ebat ve kalitedeki besinin bulunurluğu, larval yaşam için son derece önemli olmakla birlikte yeterli değildir. Her ikisi de planktonik olan larva ile besin öğelerini aynı mikro habitatta bir araya getiren fiziksel süreçlere de gerek duyulmaktadır. Bu süreçleri ele alan hipotezler Peck vd. (2012) tarafından "birleştirici süreçler" (integrative processes) başlığı altında toplanmıştır. Lasker (1978) tarafından California upwelling sistemi için ileri sürülen "sakin deniz" (stable ocean) hipotezi bu başlığın en bilinenlerindendir. Buna göre, şiddetli upwelling, maksimum klorofil tabakası gibi larval besinin toplandığı tabakaların dağılmasına neden olmakta ve yaşam başarısını düşürmektedir. Mikro-türbülans, bir diğer önemli birleştirici süreçtir. Rothschild ve Osborn (1988)'in "planktonla temas" (plankton contact) hipotezine göre, rüzgarın suda oluşturduğu küçük ölçekli türbülanslar, larvaların besin öğeleriyle karşılaşma olasılığını artırmaktadır (Cowan ve Shaw, 2002).

Su kütlelerinin yatay hareketleri, jetler, girdap ve ediler gibi fiziksel oluşumlar, termo-halin ve/veya rüzgar akıntıları ihtiyoplanktonun yer değiştirmesini sağlayan yegane koşullardır. Su hareketlerinin dağılım üzerindeki etkisi tesadüfi olabileceği gibi, balığın üreme davranışlarının uyumsal bir bileşeni de olabilir. Örneğin, larvaların yumurtlama alanlarından uygun bakım alanlarına (nursery ground) ulaştırılması son derece önemlidir. Bu amaçla izlenen yollar çeşitlilik gösterebilmektedir. Bu bağlamda, yumurtlama etkinliği direkt olarak bakım alanlarında gerçekleşebileceği gibi, akıntıları kullanmak suretiyle yavruların bu alanlara sürüklenmesi de hedeflenebilmektedir (Miller, 2002; Werner, 2002). Kontranatant-denatant göç döngüsü, ya da göç üçgeni (migration triangle) olarak bilinen bu olgu; yumurtlayan stokun akıntının tersi istikamette göç etmesi (kontranatant), bırakılan yumurtaların ise akıntıyla larval yaşam sahalarına taşınması (denatant) aşamalarından oluşmaktadır (Miller, 2002). Balıklar arasında bu taktikle oldukça sık karşılaşmaktadır (Agostini ve Bakun, 2002; Cowan ve Shaw, 2002; Werner, 2002; Bakun, 2006).

Larvaların ideal habitatlara ulaştırılması, bu habitatlarda tutulması ve juvenillerin stoka katılım habitatlarından

uzaklaşmasının önlenmesi, lles ve Sinclair (1982)'nin "stabil tutulum" (stable retention) ya da "üye-kayıp" (member-vagrant) hipotezi ile irdelenmiştir. Hjort (1914)'ün "olumsuz sürüklenme" (aberrant drift) savını detaylandıran bu hipotezde (Houde, 2009), larval tutulum alanları büyük önem arz etmektedir. Kalıcı frontlar ile orta ve büyük ölçekli girdap ve ediler, ihtiyoplanktonun toplanmasına ve belirli alanlarda tutulmasına yardımcı olan fiziksel yapılardır (Bakun, 2006). Bunun yanı sıra koy ya da körfez gibi coğrafi sınırlara sahip alanlar da larvaların saçılarak kaybolmasını ya da olumsuz koşulların hüküm sürdüğü alanlara sürüklenmesini önleyebilmektedir (Cushing, 1990). Larval tutulum alanları, balığın yaşam döngüsünde yumurtlamayla stoka katılım arasındaki sürecin taktiksel bir parçasıdır. Bu bağlamda, larval bakım sahalarına ulaşabilen ve buralarda kalabilen bireyler "üye" (member), bu alanın dışına sürüklenen bireyler ise "kayıp" (vagrant) olarak adlandırılmış (lles ve Sinclair, 1982) olup; kayıplar büyük olasılıkla ölmektedir.

Bakun (1996), Bakun (1998) ile Agostini ve Bakun (2002)'nin "deniz üçlemeleri" (ocean triads) hipotezine göre, denizel ortamda ideal habitatların şekillenmesi üzerinde etkili üç fiziksel mekanizma bulunmaktadır. Birbiri ardına (i.) nutrient artışı (upwelling, vertikal karışımlar vs.), (ii.) konsantrasyon (frontlar vs.) ve (iii.) tutulumu (ediler vs.) sağlayan fiziksel süreçler, larvalar için ideal yaşam ortamlarının oluşmasında önemli rol oynamakta ve birçok Akdeniz türünde gözlenen larval dağılımları açıklayabilmektedir.

Larvalar, her ne kadar aktif hareket kabiliyetinden yoksun olsalar da (Blaxter, 1988), denatant göçün ve tutulumun tümüyle pasif unsurları da değildirler. Bu bağlamda larvalar, mekanoreseptörleriyle akıntıları algılayıp, sudaki vertikal pozisyonlarını ayarlamak suretiyle (Falk-Petersen, 2005); rüzgar, med-cezir ve nehir akıntıları gibi su hareketlerini aktif bir şekilde kullanabilmektedir (Cowan ve Sponaugle, 1997; Miller, 2002). Bu olgu "seçici taşıma" (selective transport) olarak adlandırılmaktadır (Houde, 2009).

İhtiyoplankton toplulukları

Türler, sınırları ekolojik nişleri tarafından çizilen belirli habitatlarda dağılım gösterirler (Pörtner ve Peck, 2010). Bu bağlamda, çeşitli derecelerde benzer çevresel taleplere sahip olan ve ekolojik anlamda etkileşen farklı türlere ait bireylerden oluşan birlik; topluluk (assemblage) olarak adlandırılmaktadır (Miller, 2002). Bu tanım, genel ekolojinin komünite tanımına oldukça yakındır (Kocataş, 2003). Her iki terim, zaman zaman birbirini yerine kullanılsa da Miller (2002) ve Govoni (2005), meroplanktonik yapıdaki, yani zamansal açıdan süreklilik arz etmeyen ihtiyoplankton topluluklarının komünite kapsamında ele alınamayacağını bildirmişlerdir. Dolayısıyla, ihtiyoplankton toplulukları aynı yerden aynı zamanda örneklenen, farklı türlere ait planktonik yumurta ve larvaların bütünüdür (Miller, 2002).

Frank ve Leggett (1983), farklı türlerin neden aynı ihtiyoplankton topluluğunda bulunduğunu sorguladıkları çalışmalarında iki hipotez geliştirmişlerdir. Bunlardan "ayırıcı

yaşam başarısı" (differential survival) hipotezine göre, farklı türlere ait erken gelişim evreleri pelajik ortamda tesadüfi olarak dağılmakta ve konsantrasyon alanlarına ya da ideal habitatlara (safe site) denk gelen bireyler hayatlarını sürdürerek, ihtiyoplankton topluluklarını oluşturmaktadır.

Diğer taraftan, "uyumsal ortaya çıkış" (adaptive emergence) hipotezi ise, farklı türlerin ihtiyoplankton topluluklarında bir arada bulunmalarını, üreme taktiklerindeki benzerliklerle ilişkilendirmektedir (Frank ve Leggett, 1983). Doyle vd. (1993)'ün "uyumsal müştereklik" (adaptive commonality) olarak adlandırdığı bu durum, farklı türlerin üreme taktiklerinin birlikte evrimleşmesi sonucunda oluşmuştur. Buna göre mevsimsel döngüler, predasyon ve akıntılar gibi çeşitli süreçlere birbiriyle analog uyumsal yanıtlar geliştiren türler ihtiyoplankton topluluklarında da bir arada yer almakta ve etkileşmektedir (Miller, 2002).

Balıkların üreme alan ve zaman tercihleri, ihtiyoplankton topluluklarının şekillenmesini açıklayan en önemli iki faktör olarak görülmektedir (Miller, 2002; Govoni, 2005). Topluluğun sürdürülmesi, yani ihtiyoplanktonların bir arada kalabilmesi ise, her şeyden önce topluluğu oluşturan bireylerin hayatta kalmalarına bağlıdır. Bu bağlamda, mortaliteyi düşüren tüm çevresel koşullar topluluğun sürdürülmesinde de önemli rol oynamaktadır (Miller, 2002). Ayrıca; ediler ve frontlar gibi su ortamındaki partiküllerin bir arada tutulmasına ya da toplanmasına yardımcı olan su hareketleri de toplulukların sürdürülmesinde büyük önem arz etmektedir (Agostini ve Bakun, 2002; Miller, 2002). Topluluğun oluşması ve sürdürülmesini sağlayan faktörlerde gözlenen anomaliler ise, topluluğun dağılmasına yol açabilmektedir. Bu bağlamda şiddetli türbülanslı akım, adveksiyon kayıplarına yol açabilecek rüzgar gibi faktörlerden kaynaklanan düzensiz akıntılar, ağır predasyon baskısı ya da rekabet, toplulukların beklenmedik bir şekilde dağılmasına yol açabilmektedir. Zamansal skalada geçici özellik sergilediklerinden, tüm koşulların olumlu olması durumunda topluluğu oluşturan bireyler başarıyla stoka katılmakta ve sonuç olarak ihtiyoplankton topluluğu her koşulda dağılmaktadır (Miller, 2002).

SONUÇ

Stoka katılım öncesi süreçte balığın büyüme ve ölüm oranlarındaki küçük değişimler, stoka katılımda önemli dalgalanmalara yol açabilmektedir (Cushing, 1975). Bu nedenle planktonik safhada yumurta ve larvaların bolluk, dağılım, büyüme ve ölümlerini açıklamaya çalışan çok sayıda sav geliştirilmiştir. Farklı türler veya popülasyonlar için kanıtlanmış olan (Cushing, 1975, Iles ve Sinclair, 1982) bu savlar genellikle birbirinin alternatifi olmayıp, bir arada geçerliliğini sürdürmekte, birbirini destekleyip geliştirmekte ya da aynı olguların farklı yönlerini açıklamayı hedeflemektedir (Peck vd., 2012). Örneğin eşleşme hipotezi (Cushing, 1975), kritik periyot (Hjort, 1914) hipotezini temel alarak geliştirilmiş olup; her iki hipotez de yumurtlamanın ideal besinsel koşullarla eşleşmesi halinde stoka katılım başarısının artacağını ifade etmektedir. Tek süreç hipotezinde ise ideal koşulların cereyan

ettiği ortamlara denk gelen larvaların yüksek büyüme ve düşük ölüm oranlarına sahip olacağı öngörülmektedir (Cushing, 1975). Doğal olarak bu durumun tersi de geçerlidir. Evre süresi hipotezi ise hızlı büyüyen larvaların, riskli ontogenik evreleri hızlı geçeceği ve dolayısıyla da stoka katılımın daha düşük zayıfla atlatacağını ifade etmektedir (Cowan ve Shaw, 2002). Burada bir kısmına yer verilen bu hipotezler, trofodinamik koşulları incelemekte ve benzer olgulara işaret etmektedir. İhtiyoplanktonun alansal dağılımında etkili fiziksel koşulları açıklayan hipotezler de benzer bir yaklaşımla değerlendirilir. Bu hipotezler larvaları besinle bir araya getiren ve/veya stoka katılım alanlarından uzağa sürüklenmesini engelleyen fiziksel süreçler üzerine odaklanmaktadır (Houde, 2009). Bu nedenle de Peck vd. (2012) tarafından "birleştirici süreçler" (integrative processes) başlığı altında toplanmışlardır.

Tüm canlılarda olduğu gibi balıklarda da esas hedef maksimum sayıda yavruyu gelecek nesillere aktarmaktır. Bu amaçla izlenen yollar son derece çeşitli olabilmekte (Winemiller, 2005); bu bağlamda, oportünist gruplarda yavruların ideal habitatlarla eşleşme olasılığını arttırmak için üreme faaliyeti zamana yayılırken, periyodik gruplarda mevsimsel döngüler gibi uzun dönemler boyunca istikrar gösteren çevresel koşullarla eşleşme hedeflenmektedir. Kararlı stratejide ise ideal habitat ebeveyn tarafından oluşturulmaktadır (Winemiller, 2005). Yüksek enlemlerde mevsimsel döngüler son derece belirgin olduğundan periyodik strateji, plankton pikleri ile yumurtlama arasındaki uyumun yakalanmasında önemli bir avantaj getirebilmektedir. Diğer taraftan mevsimsel döngülerin zayıf olduğu düşük enlemlerde oportünist strateji, tesadüfi olarak belirip kaybolan ideal habitatlara daha çok larva ulaştırılmasını sağlayabilmektedir (Bye, 1984, Govoni, 2005). Ancak orta enlemlerde her üç gruba ait türler bir arada yer alabilmektedir (Mavruk, 2015). Dolayısıyla orta enlemler için bu stratejiler, üstünlükleri yada zayıflıklarından ziyade aynı hedefe ulaşmak amacıyla ortaya konan farklı evrimsel yaklaşımlar olarak değerlendirilmiştir.

İhtiyoplankton toplulukları, erken gelişim sürecinin herhangi bir evresinde benzer dağılım özellikleri sergileyen türlerin oluşturduğu birliklerdir. Bu türler benzer ya da farklı yaşam stratejilerini benimsemiş olabilmektedir (Miller, 2002). Oportünist bir türe ait larvalar tesadüf eseri, periyodik türe ait larvalar ise, alan ve zamanı adaptasyon sonucunda belirlenmiş bir yumurtlama aktivitesi neticesinde ideal habitatta bulunuyor olabilir. Ancak ortak ihtiyaçları yüksek büyüme ve düşük ölüm oranlarını yakalayabilmektedir.

Tür toplulukları, stabil yapılar değil, ekosistemdeki doğal ve antropojenik etkilere hızla yanıt veren dinamik birlikteliklerdir (Legendre ve Gauthier, 2014). Topluluğu oluşturan unsurlar arasındaki kuvvetli etkileşimler nedeniyle, habitatteki değişimler sadece tek bir türün değil topluluğun tüm bileşenlerinin demografik yapısını etkilemektedir (Miller, 2002). Bu bağlamda, ihtiyoplankton topluluklarını tanımlamak ve çevresel koşullarla ilişkilerini çözümlemek; erken gelişim evrelerinde etkileşen türlerin belirlenmesi ve bunların niş paylaşımları ile kaynak kullanımları hakkında son derece

önemli bilgiler sunmaktadır (Doyle vd., 1993). Bu bilgiler, türlerin stoka katılım başarısında gözlenen değişimleri anlamının son derece önemli bir adımını teşkil etmektedir (Miller, 2002).

Popülasyonların sürdürülebilirliği her şeyden önce stoka katılım başarısı ile bağlantılıdır (Houde, 2009). Bu nedenle, iklimsel değişimlerin ya da balıkçılık, deniz kirliliği gibi antropojenik faktörlerin balık popülasyonları üzerindeki

etkilerinin anlaşılabilmesi, ancak stoka katılım başarısını etkileyen faktörlerin anlaşılmasıyla mümkündür (Peck vd., 2012). Bu uzun vadeli bir hedef olup; balıkların ihtiyoplanktonik evrelerdeki dağılımları, büyüme ve ölümleri üzerinde etkili olan çevresel koşulların etrafıca kavranması, bu hedefe ulaşmada ilk adımı teşkil etmektedir (Houde, 2008). Son derece karmaşık süreçleri içeren stoka katılım öncesi dinamiklerin yeterince anlaşılabilmesi halinde, stoka katılım düzeylerinin önceden tahmin edilmesi dahi mümkün olabilecektir (Houde, 2009).

KAYNAKÇA

- Aceves-Medina, G., Jimenez-Rosenberg, S. P. A., Hinojosa-Medina, A., Funes-Rodriguez, R., Saldierna-Martinez, R. J., & Smith, P. E. (2004). Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *Journal of Fish Biology*. 65(3):832-847. doi 10.1111/j.1095-8649.2004.00490.x
- Agostini, V. N., & Bakun, A. (2002). "Ocean triads" in the Mediterranean Sea: physical mechanisms potentially structuring reproductive habitat suitability (with example application to European anchovy, *Engraulis encrasicolus*). *Fisheries Oceanography*. 11(3):129-142. doi: 10.1046/j.1365-2419.2002.00201.x
- Ak Örek, Y., & Mavruk, S. (2016). Ichthyoplankton of the Mediterranean Sea. In: Turan, C., Salihoglu, B., Ozbek Ozgur, E., Ozturk, B. (Ed.), *The Turkish Part of the Mediterranean Sea. Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (pp 226-247). Turkish Marine Research Foundation, Istanbul.
- Avşar, D. (2006). *İhtiyoplanktona Giriş*. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitabı, No: 14.
- Bakun, A. (1996). *Patterns in the Ocean: Ocean Processes and Marine Population Dynamics*. University of California Sea Grant, San Diego, in cooperation with Centro de Investigaciones Biológicas de Noroeste, La Paz, Baja California Sur, Mexico.
- Bakun, A. (1998). Ocean triads and radical inter-decadal stock variability: bane and boon for fishery management science. In: T.J. Pitcher, P.J.B. Hart and D. Pauly (Ed.), *Reinventing Fisheries Management*, (pp. 331-358). London: Chapman & Hall.
- Bakun, A. (2006). Fronts and eddies as key structures in the habitat of marine fish larvae: opportunity, adaptive response. In: Olivar, M., Govoni, J.J. (Ed.), *Recent Advances in the Study of Fish Eggs and Larvae*, (pp 105-122). Scientia Marina, Barcelona.
- Blaxter, J. (1988). Pattern and variety in development. In: Hoar, W. S., Randall, D. J. (Ed.), *Fish physiology, the physiology of developing fish* (pp 1-48) Academic Press, INC. California.
- Bunn, N., Fox, C., & Webb, T. (2000). *A Literature Review of Studies on Fish Egg Mortality: Implications for the Estimation of Spawning Stock Biomass by the Annual Egg Production Method*. Technical Report Cefas Lowestoft. Sheffield.
- Bye, V. J. (1984). The role of environmental factors in timing of reproductive cycles. In: Potts, G. W., Wootton, R. J. (Ed.), *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*, (pp 187-205) Academic Press, INC. London.
- Cowan, J. H., & Shaw, R. F. (2002). Recruitment. In: Fuiman, L. A., Werner, R. G. (Ed.), *Fishery Science, The Unique Contributions of Early Life Stages*, (pp 88-111). Blackwell Science.
- Cowen, R. K., & Sponaugle, S. (1997). Relationships between early life history traits and recruitment among coral reef fishes. In: Chambers, R. C., Trippel, E. A. (Ed.), *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*, (pp 423-449) Chapman & Hall. London.
- Cushing, D. H. (1975). *Marine Ecology and Fisheries*. Cambridge. Cambridge University Press.
- Cushing, D. H. (1990). Plankton production and year-class strength in fish populations - an update of the match mismatch hypothesis. *Advances in Marine Biology*. 26:249-293. doi 10.1016/S0065-2881(08)60202-3
- Çoker, T., & Mater, S. (2006). İzmir Körfezi İhtiyoplanktonu (1974-2005) Türleri. *Ege University Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4): 463-472.
- Doyle, M. J., Morse, W. W., & Kendall, A. W. (1993). A comparison of larval fish assemblages in the temperate zone of the northeast pacific and northwest atlantic oceans. *Bulletin of Marine Science*. 53(2):588-644.
- Edwards, M. E., & Richardson, J. (2004). Impact of climate change on marine pleagic phenology and trophic mismatch. *Nature*. 430: 881-884.
- Falk-Petersen, I. B. (2005). Comparative organ differentiation during early life stages of marine fish. *Fish and Shellfish Immunology*. 19(5):397-412. doi: 10.1016/j.fsi.2005.03.006
- Frank, K. T., & Leggett, W. C. (1983). Multispecies larval fish associations - accident or adaptation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 40(6):754-762. doi: 10.1139/f83-098
- Frommel, A., Maneja, R., Lowe, D., Pascoe, C. K., Geffen, A. J., Folkvord, A., Piatkowski, U., & Clemmesen, C. (2014). Organ damage in Atlantic herring larvae as a result of ocean acidification. *Ecological Applications*. 24(5): 1131-1143. doi: 10.1890/13-02971
- Fuiman, L. A., & Higgs, D. M. (1997). Ontogeny, growth and the recruitment process. In: Chambers, R. C., Trippel, E. A. (Ed.), *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*, (pp 225-249). Chapman & Hall, London.
- Fuiman, L. A. (2002). Special considerations of fish eggs and larvae. In: Fuiman, L. A., Werner, R. G. (Ed.), *Fishery Science, The Unique Contributions of Early Life Stages* (pp 1-32). Blackwell Science.
- Fuiman, L. A. & Werner, R.G. (2002). *The Unique Contributions of Early Life Stages*. Blackwell Science.
- Govoni, J. J. (2005). Fisheries oceanography and the ecology of early life histories of fishes: a perspective over fifty years. *Scientia Marina*. 69:125-137.
- Hjort, J. (1914). *Fluctuations in the Great Fisheries of Northern Europe Viewed in the Light of Biological Research*. Rapports et Proces Verbaux des Reunions du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer.
- Hoşsucu, B. (2014). *Balık Yumurta ve Larvaları*. Ege Üniversitesi Yayınları. Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 83.
- Hoşsucu, B., & Taylan, B. (2015). Ichthyoplankton of the Aegean Sea. In T. Katagan, A. Tokaç, S. Besiktepe, & B. Ozturk (Eds.), *The Aegean Sea. Marine Biodiversity, Fisheries, Conservation and Governance* (pp. 343-342). Istanbul: Turkish Marine Research Foundation.
- Houde, E. D. (2008). Emerging from Hjort's shadow. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*. 41:53-70. doi: 10.2960/J.v41.m634
- Houde, E. D. (2009). Recruitment variability. In: Jakobsen, T., Fogarty, M. J., Megrey, B. A., Moksness, E. (Ed.), *Fish Reproductive Biology: Implications for Assessment and Management*, (pp 91-171). Wiley-Blackwell. West Sussex, UK.
- Iles, T. D., & Sinclair, M. (1982). Atlantic Herring - stock discreteness and abundance. *Science*. 215(4533):627-633.
- Kocataş, A. (2003). *Ekoloji, Çevre Biyolojisi*. İzmir. Ege Üniversitesi Basımevi.
- Laprise, R., & Pepin, P. (1995). Factors influencing the spatiotemporal occurrence of fish eggs and larvae in a Northern, physically dynamic coastal environment. *Marine Ecology Progress Series*. 122(1-3):73-92.

- Lasker, R. (1978). The relation between oceanographic conditions and larval anchovy food in the California Current: Identification of factors contributing to recruitment failure. *Rapports et Proces-Verbaux Des Reunions. Conseil International Pour l'Exploration de La Mer*. 173: 212–230.
- Legendre, P., & Gauthier, O. (2014). Statistical methods for temporal and space-time analysis of community composition data. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*. 281: 1–9. doi: 10.1098/rspb.2013.2728
- Mavruk, S. (2015). *İskenderun Körfezi İhtiyoplanktonunun Zamansal ve Alansal Değişimi*. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. 292s.
- Miller, T. J. (2002). Assemblages, Communities, and Species Interactions. In: Fuiman, L. A., Werner, R. G. (Ed.). *Fishery Science, The Unique Contributions of Early Life Stages*, (pp 183-205) Blackwell Science.
- Moser, H. G., Richards, W. J., Cohen, D. M., Fahay, M. P., Kendall, A. W., & Richardson, S. L. (1983). *Ontogenetics and Systematics of Fishes*. Based on An International Symposium Dedicated to the Memory of Elbert Halvor Ahlstrom. American Society of Ichthyologists and Herpetologists.
- Myers, R. A. (2002). Recruitment: Understanding density-dependence in fish populations. In: Hart, P. J. B. (Ed.). *Handbook of Fish Biology And Fisheries*, (pp 123-148). Blackwell Science. Oxford.
- Pankhurst, N. W., & Munday, P. L. (2011). Effects of climate change on fish reproduction and early life history stages. *Marine and Freshwater Research*. 62(9), 1015–1026. doi:10.1071/MF10269
- Peck, M. A., Huebert, K. B., & Llopiz, J. K. (2012). Intrinsic and extrinsic factors driving match-mismatch dynamics during the early life history of marine fishes. *Advances in Ecological Research, Global Change in Multispecies Systems*. 47:177-302. doi 10.1016/B978-0-12-398315-2.00003-X
- Pörtner, H. O., & Peck, M. A. (2010). Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and-effect understanding. *Journal of Fish Biology*. 77(8):1745-1779. doi: 10.1111/j.1095-8649.2010.02783.x
- Richards, W. J. (2006). *Early Stages of Atlantic Fishes: an Identification Guide for the Western Central North Atlantic*. USA. CRC Taylor & Francis Group.
- Rothschild, B. J., & Osborn, T. R. (1988). Small-scale turbulence and plankton contact rates. *Journal of Plankton Research*, 10(3): 465–474. <http://doi.org/10.1093/plankt/10.3.465>
- Russell, F. S. (1976). *The Eggs and Planktonic Stages of British Marine Fishes*. London. Academic Press.
- Sinclair, M. (1997). Prologue. Recruitment in fish populations: the paradigm shift generated by ICES Committee A. In: Chambers, R. C., Trippel, E. A. (Ed.). *Early Life History and Recruitment in Fish Populations*, (pp 1-27) Chapman & Hall. London.
- Somarakis, S., Isari, S., & Machias, A. (2011). Larval fish assemblages in coastal waters of central Greece: reflections of topographic and oceanographic heterogeneity. *Scientia Marina*. 75(3):605-618. doi: 10.3989/scimar.2011.75n3605
- Werner, R. G. (2002). Habitat Requirements. In: Fuiman, L. A., Werner, R. G. (Ed.). *Fishery Science, The Unique Contributions of Early Life Stages*, (pp 161-182). Blackwell Science.
- Westernhagen, H. V. (1988). Sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae. In: Hoar, W. S., Randall, D. J. (Ed.). *Fish Physiology, The Physiology of Developing Fish*, (pp 253-346). Academic Press, INC. California.
- Winemiller, K. O., & Rose, K. A. (1992). Patterns of life-history diversification in North-American fishes - implications for population regulation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 49(10):2196-2218
- Winemiller, K. O. (2005). Life history strategies, population regulation, and implications for fisheries management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 62(4):872-885. doi: 10.1139/f05-040
- Wootton, R. J. (1984). Introduction: Strategies and Tactics in Fish Reproduction. In: Potts, G. W., Wootton, R. J. (Ed.). *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*, (pp 1-12) Academic Press. London.



ISSN: 1300-1590



13001590