

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

ISSN 1300 - 1590 / E-ISSN 2418-3140

EgeJFAS

Su Ürünleri Dergisi



Volume 35 Number 3

2018



Ege University Faculty of Fisheries



Instructions for Authors

Scope of the Journal

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

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

Submission of Manuscripts

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

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

Please prepare your manuscript according to the instructions below. Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.

Preparation of Manuscripts

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

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

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

- Research papers and reviews must not exceed 25 manuscript pages including tables and figures.
- 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

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

Books

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

Chapter in Books

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

Proceedings

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. Altinelataman (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, ESCI, Zoological Record (Clarivate Analytics), DOAJ, ASFA,

Corresponding Address

Su Ürünleri Dergisi
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 35 Number 3

ISSN 1300-1590 / E-ISSN 2418-3140

İÇİNDEKİLER CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

- The effects of nanoemulsions on the fatty acid profiles of sea bass fillets during storage at 2±2 °C
Nanoemülsiyonların 2±2°C'de depolanan levrek filetoalarının yağ asidi profilleri üzerine etkileri
Mustafa Durmuş, Yeşim Özoğlu 227-235
- The delayed mortality of discarded sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) in trawl simulation: an experimental appraisal
Deneyisel yaklaşımla trol simülasyonunda ıskarta edilen çipurada (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) gecikmiş ölüm
Aydın Demirci, Emrah Şimşek 237-241
- Abiyotik bir su ürünü olan sofrata tuzunda mikroplastik kirliliği tehlikesi
Microplastic pollution threat in table salt that an abiotic sea product
Meral Yurtsever 243-249
- Av kompozisyonundaki değişimin av araçlarının yapısal özelliklerine yansımaları; Gökova Körfezi örneği
Reflection of changed catch composition on characteristics of fishing gear; Gökova Bay case study
Celalettin Aydın, M. Hakan Kaykaç, Zafer Tosunoğlu 251-260
- Kadmiyuma maruz bırakılmış Sarı Prens (*Labidochromis caeruleus*) balıklarında saptanan histolojik değişiklikler üzerine bir ön çalışma
Histological alterations detected in Electric Yellow Cichlid (*Labidochromis caeruleus*) exposed to cadmium
Semra Küçük, Sema Midilli, Mehmet Güler, Deniz Çoban 261-266
- Mikrozooplanktonik Tintinnid'lerin (Protozoa: Ciliophora) İzmir Körfezi'ndeki son 20 yıllık tür çeşitliliği ve dağılımları
Microzooplankton Tintinnida (Protozoa: Ciliophora) communities from the İzmir Bay, Turkey and their diversity and distribution for last 20 years
Levent Yurga 267-277
- Size distribution, fatty acid composition and short-term storage studies on Blue mussel (*Mytilus edulis*) trochophores
Mavi midye (*Mytilus edulis*) trokoforlarının boy dağılımı, yağ asit kompozisyonu ve kısa dönem canlı depolama çalışmaları
Gamze Turan, Linda J. Kling 279-287
- Düz panel reaktör sistemde *Porphyridium purpureum*'un dışarı kültürü ve polisakkarit eldesi
Outdoor culture and polysaccharide extraction of *Porphyridium purpureum* in flat panel reactor system
Leyla Uslu, Oya Işık, Burcu Ak 289-294
- The effect of frozen storage on chemical and sensory quality of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) coated whey protein isolate enriched with thyme essential oil
Dondurarak depolamanın kekik esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş peynir altı suyu protein izolatu ile kaplanan istavrit (*Trachurus trachurus*)'in kimyasal ve duyu kalitesine etkisi
Bahar Tokur, Elif Tuğçe Aksun 295-304
- Avcılık ve kültür yoluyla elde edilen balıkların tüketim tercihleri: Elazığ İli örneği, Türkiye
Consumption preferences of wild fish and farmed fish: The case of Elazığ Province, Turkey
Muhsine Duman, Mürşide Dartay 305-310
- Comparison the effects of using different organic acids on gelatin extracted from cultured sea bream (*Sparus aurata*) scales
Farklı organik asitlerin kullanımının kültüre edilmiş çipura (*Sparus aurata*) pullarından elde edilen jelatin üzerine etkilerinin karşılaştırılması
Hülya Kalkan, Mehmet Tolga Dinçer 311-317
- Gillnet selectivity for non target fish species caught by red mullet gillnets north Aegean Sea
Kuzey Ege Denizi'nde barbut uzatma ağlarında yakalanan hedef dışı türlerin seçiciliği
Engin Kocabaş, Alkan Öztekin, İsmail Burak Daban, Adnan Ayaz 319-326

KISA ARAŞTIRMALAR SHORT COMMUNICATIONS

- Sürmene kıyılarında (Trabzon, Karadeniz) mezgit (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) avcılığında kullanılan derin su serpmeye ağının av verimi
The catching efficiency of deep cast net used for catching whiting (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) in Sürmene coast, Trabzon (Black Sea)
Mustafa Emanet, Adnan Ayaz 327-333

DERLEMELER REVIEWS

- Balıklarda viral ensefalopati ve retinopati
Viral encephalopathy and retinopathy in fishes
A.Erdem Dönmez, Doruk Yılmaz 335-342
- Denizel makroalg özütlelerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine bir derleme
A review on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts
Bahar Gümüş, Mustafa Ünüsayın, Erkan Gümüş 343-351
- Viral balık hastalıkları ile mücadelede ulusal ve uluslararası mevzuatlar
National and international legislations of combating viral fish diseases
Murat Kaplan, Mehmet Taner Karaoğlu 353-360



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, İzmir, Turkey

Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief

Ufuk ÇELİK
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Yazı İşleri Müdür Yardımcıları Co-Editors-in-Chief

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

Yardımcı Editörler Associate Editors

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

Teknik Editör Technical Editor

M. Tolga TOLON Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

İstatistik Editörü Statistical Editor

Hülya SAYGI Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

Yayın Kurulu

Ela ATİŞ Ege University, İzmir, Turkey
Aslı BAŞARAN Ege University, İzmir, Turkey
S. Serap BİRİNCİOĞLU Adnan Menderes University, Aydın, Turkey
Javier BORDERÍAS ICTAN-CSIC, Madrid, Spain
Kurt BUCHMANN University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark
İbrahim CENGİZLER Çukurova University, Adana, Turkey
Melih Ertan ÇINAR Ege University, İzmir, Turkey
Yılmaz ÇİFTÇİ Ordu University, Ordu, Turkey
Deniz ÇOBAN Adnan Menderes University, Aydın, Turkey
Mark DIMECH FAO Fish. Aqua. Dept., Rome, Italy
M. Tolga DİNÇER Ege University, İzmir, Turkey
Ercüment GENÇ Ankara University, Ankara, Turkey
Ana GORDOA CEAB-CSIC, Madrid, Spain
Arif GÖNÜLOL Ondokuz Mayıs University, Samsun, Turkey
Gertrud HAIDVOGL Uni. Nat. Res. Life Sci., Vienna, Austria
Chiaki IMADA Tokyo Uni. Marine Sci. Tech., Tokyo, Japan
F. Saadet KARAKULAK İstanbul University, İstanbul, Turkey
Nilgün KAZANCI Hacettepe University, Ankara, Turkey
Ferah KOÇAK Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
Marcelo de Castro LEAL University of Lavras, Lavras, Brazil
Aynur LÖK Ege University, İzmir, Turkey

Editorial Board

K. Karal MARX Fisheries College and Research Institute, Thoothukudi, India
Jörg OEHLenschläger Seafood Consultant, Hamburg, Germany
M. Bahadır ÖNSOY Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey
Murat ÖZBEK Ege University, İzmir, Turkey
Hüseyin ÖZBİLGİN Mersin University, Mersin, Turkey
Müfit ÖZULUĞ İstanbul University, İstanbul, Turkey
Giuliana PARISI University of Florence, Florence, Italy
Hatice PARLAK Ege University, İzmir, Turkey
Ferit RAD Mersin University, Mersin, Turkey
Şahin SAKA Ege University, İzmir, Turkey
Radu SUCIU Danube Delta National Institute, Tulcea, Romania
Tamás SZABÓ Szent István University, Gödöllő, Hungary
William TAYLOR Michigan State University, East Lansing, USA
E. Mümtaz TIRAŞIN Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey
Adnan TOKAÇ Ege University, İzmir, Turkey
Sühendan Mol TOKAY İstanbul University, İstanbul, Turkey
M. Ruşen USTAOĞLU Ege University, İzmir, Turkey
Mustafa ÜNLÜSAYIN Akdeniz University, Antalya, Turkey
Hijran YAVUZCAN Ankara University, Ankara, Turkey
Argyro ZENETOS Hellenic Centre for Marine Research, Anávyssos, Greece

Yayın Ofisi

Halise KUŞÇU

Editorial Office

Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey

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

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

Basım Printing

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

Basım Tarihi Printing Date

16 Ekim October 16th, 2018

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

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

The effects of nanoemulsions on the fatty acid profiles of sea bass filets during storage at 2±2 °C

Nanoemülsiyonların 2±2°C’de depolanan levrek filetolarının yağ asidi profilleri üzerine etkileri

Mustafa Durmuş^{1*} • Yeşim Özoğul¹

¹ Department of Seafood Processing Technology, Faculty of Fisheries, Çukurova University, Adana, Turkey

* Corresponding author: mdurmus@cu.edu.tr

Received date: 19.02.2018

Accepted date: 03.04.2018

How to cite this paper:

Durmuş, M. & Özoğul, Y. (2018). The effects of nanoemulsions on the fatty acid profiles of sea bass filets during storage at 2±2 °C. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 227-235. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.01

Abstract: The effect of nanoemulsions prepared from commercial oils on the fatty acid profiles of cold-stored sea bass filets was investigated. The sea bass filets were treated with nanoemulsions prepared from sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils (14% of the total emulsion). Results of fatty acid analyses showed that the main fatty acids found in all groups were determined to be myristic acid, palmitic acid, stearic acid, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA). At the end of storage, the control group (24.05%) had the highest SFA content, while the lowest SFA among the nanoemulsion treatment groups was observed in the olive group (21.97%) followed by sunflower group (22.78%). The oleic (C18:1n9) and palmitoleic acids (C16:1) from monounsaturated fatty acids (MUFA) varied between 30.45-23.82% and 4.92-3.42% during storage period. Among all polyunsaturated fatty acids (PUFA), linoleic acid, EPA and DHA were predominant fatty acids. EPA and DHA ranged from 4.73 to 2.81% and 8.09 to 4.06%, respectively. While the lowest PUFA content was observed in the control group, the highest value was determined in the soybean group (26.41%), followed by olive (24.48%) and canola (24.46%) at the end of storage. The results showed that the nanoemulsion application delayed lipid oxidation. Application of nanoemulsion compared to control group maintained the PUFA content of fish and can be used as a preservative for fish.

Keywords: Nanoemulsion, sea bass, fatty acids, EPA, DHA

Öz: Ticari yağlardan hazırlanan nanoemülsiyonların soğukta depolanmış levrek filetolarının yağ asit profilleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Levrek filetoları, ayçiçeği, kanola, mısır, zeytin, soya ve fındık yağlarından hazırlanan nanoemülsiyonlar ile muamele edildi (toplam emülsiyonun % 14’ü). Yağ asidi analiz sonuçlarına göre, tüm gruplarda bulunan temel yağ asitlerinin, miristik asit, palmitik asit, stearik asit, palmitoleik asit, oleik asit, linoleik asit, eikosapentaenik asit (EPA) ve dokosaheksaenik asit (DHA) olduğu belirlendi. Depolama sonunda, kontrol grubu en yüksek SFA (%24.05) içeriğine sahip iken, nanoemülsiyon uygulanan gruplar arasında ise en düşük SFA zeytin grubunda (%21.97), ardından ayçiçeği grubunda (%22.78) gözlenmiştir. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ’den oleik asit (C18: 1n9) ve palmitoleik asit (C16: 1) miktarları depolama süresi boyunca sırasıyla %30.45-23.82 ve %4.92-3.42 aralığında değişmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) arasında linoleik asit, EPA ve DHA yağ asitleri en yüksek değere sahip olduğu belirlendi. EPA ve DHA miktarları sırasıyla %4.73-2.81 ve % 8.09-4.06 aralıklarında oldukları belirlenmiştir. Depolama sonunda en düşük PUFA içeriği kontrol grubunda gözlenirken, en yüksek değer soya grubunda (%26.41), bunu takiben zeytin (%24.48) ve kanola (%24.46) gruplarında gözlenmiştir. Sonuçlar nanoemülsiyon uygulamasının lipid oksidasyonunu geciktirdiğini göstermiştir. Kontrol grubu ile kıyasladığımızda nanoemülsiyon uygulamasının, balıkların PUFA içeriğini muhafaza ettiğini ve bir koruyucu olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Nanoemülsiyon, levrek, yağ asitleri, EPA, DHA

INTRODUCTION

Fish oil contains essential fatty acids like eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA), which makes consumption of fish more important for human health. It is known that these essential fatty acids have an important role in preventing many diseases such as heart attacks, cardiovascular diseases, depression, migraine, rheumatism of the joints, diabetes, high cholesterol, hypertension, cancers and allergies (Kinsella, 1987; Leaf et al., 1988; Simopoulos,

1991; Rendeiro et al., 2016; Palmquist, 2009; Stoll, 2002; Itsiopoulos et al., 2009). In addition, omega fatty acids have an important role in the development of the brain and the immune system. Low DHA level in brain cells can lead to problems like depression, memory loss, Alzheimer’s, schizophrenia and vision problems (Kaya et al., 2004). Children who consume fish at least twice a week have a lower chance of developing emotional and behavioural disorders (Llaurado et al., 2016).

Fatty acids (especially unsaturated fatty acids) are the main resource for the production of volatile compounds (Ba et al. 2013). Fatty acid composition affects fish meat's sensory quality and lipid stability (Nuernberg et al., 2005). Fish oils are affected from the marine environment and the seasonal changes in the water temperature and food availability. These are the most important factors influencing the nutritional composition of fish. The taste of fish meat is closely associated with the protein and fat content, and the knowledge on the fatty acid profile of fish especially important to predict the positive effects of fish meat consumption on human health.

Lipid oxidation is not desired in most foodstuffs, as it can lead to spoilage and unwanted tastes that are caused by toxic reaction products (Halliwell et al. 1995). Lipid oxidation involves a reaction between unsaturated lipids and oxygen. Oxygen dissolves in food fats 3 times as much as it does in water (Ke & Ackman, 1973). Synthetic or natural antioxidants can be used to delay lipid oxidation. Lately use of natural antioxidants is preferred by both the consumers and the food industry. As a consequence, new methods that allow the use of safer and more effective natural materials that can replace synthetic methods has increased. Recently, nanotechnology has become one of the methods that are used for food preservation.

The use of nanotechnology in food industry can be classified under three categories: nutritional enrichment of foods, protection of food and development of new products. An important variety of nanotechnology applications in food is nanoemulsions. Nanoemulsions are transparent or semi-transparent emulsions that contain nano-scale droplets. Nanoemulsions are nano droplets that consist of multiphase colloidal (homogenous looking heterogeneous mixture) distributions that are created by taking two liquid that don't physically mix together and distributing one within the other (Fathi et al., 2012; Liu et al., 2006; Mason et al., 2006; Meleson et al., 2004; Russel et al., 1989). Different size ranges were given for nanoemulsions in literature; for example size ranges of below 100 nm (Guo et al., 2007; Porras et al., 2008; Shakeel et al., 2010), between 10-100 nm (Talegaonkar et al., 2010), between 100-500 nm (Anton et al., 2008; Constantinides et al., 2008; Rossi et al., 2007; Tadros et al., 2004; Ungeret et al., 2004) and between 100-600nm (Sakulku et al., 2009; Solans et al., 2003).

Nanoemulsions are also known as antimicrobial preservatives. The reason is that they connect the structure of water and thereby limit the access to water of microorganisms (Al-Adham et al., 2000). Many studies demonstrated that nanoemulsions have a preventative effect on bacteria (Friberg, 1984; Jones et al. 1997; Bortoleto et al., 1998), fungi (Hamouda et al., 1999; Myc et al., 2001; Zhang et al., 2008) and viruses (Donovan et al., 2000; Chepurnov et al., 2003). Nanoemulsions are not just kinetically stable, they are also physically stable in the long term (Bouchernal et al., 2004). Nanoemulsions can also be considered self-protecting antimicrobials (Al-Adham et al., 2000). Furthermore, it was reported that nanoemulsions delay lipid oxidation (Ozoğul et al.

2016; Durmus, 2016). Yazgan (2013) reported that sunflower oil nanoemulsion reduce the lipid oxidation parameters in sea bass and sea bream fillets. In our previous study (Ozogul et al., 2017), the combined impact of nanoemulsion based on commercial oils and vacuum packing on the fatty acid profiles of sea bass fillets was investigated. Vacuum packaging and nanoemulsion were reported to have a positive effect on fatty acids in sea bass fillets (Ozogul et al. 2017). Shadman et al. (2016) reported that sunflower oil nanoemulsions could prevent lipid oxidation in rainbow trout fillets during storage. The aim of present study was to investigate the effects of nanoemulsion groups prepared using commercially oils (sunflower oil, hazelnut oil, canola oil, soybean oil, corn oil and olive oil) on the fatty acid profiles of cold stored sea bass fillets.

MATERIALS AND METHODS

Preparation of nanoemulsions

Nanoemulsions were prepared according to the method of Joe et al. (2012) with minor modification. Oils used were purchased from the local market (Adana, Turkey). The oil phase of the oil-in-water (O/W) nanoemulsions consists of commercial oil (sunflower (S), canola (Can), corn, olive (O), soybean (SB), and hazelnut oils (H); 14% of the total emulsion), ethanol (3%), and a surfactant (Tween 80, 3%, generally regarded as safe (GRAS)) (Sigma-Aldrich, Lyon, France) and represents 20% (v/v) of the emulsion. The components of this oil phase were mixed and kept for 1 h at 86 °C and after which the compounds were mixed with water (80%). The mixture was homogenised using an ultrasonic homogeniser (Optic Ilymen System CY-500, Barcelona, Spain) for 15 min. Properties of the oil-in-water nanoemulsions based on commercial oils were given in our previous study (Ozogul et al., 2016).

Sample preparation

Sea bass (*D. labrax*) were obtained from a local fish farm in Izmir, Turkey. Fish were killed by dipping in ice-cold water (hypothermia). After death, the fish were transported to the laboratory in ice within 24 to 25 h from harvesting. The average length and weight of the sea bass were 29.7 ± 1.0 cm and 270 ± 23 g. They were immediately gutted, filleted with skin on, and divided into seven lots. The control group (C) was stored on plates (6 fillets per plate) wrapped with permeable stretch film (Prima Gıda İht. Mad. Ambalaj. San, Mersin, Turkey). The other samples were treated with nanoemulsions. Fish fillets were immersed for 4 min in the nanoemulsions prepared with different oils and then stored 6 fillets to a plate wrapped with stretch film. The average sea bass fillet weight was 55 ± 7 g. For each analysis day, 3 plates (total 18 fillets) were randomly selected for each group. All samples were stored in a chill room (2 ± 2 °C). Data were obtained from fillets from three plates (triplicate) treated separately with duplicate measurements of the appropriate sample from each plate ($n = 6$).

Fatty acid analyses

Lipid content was determined by the method of Bligh & Dyer (1959). Lipid samples were converted to their constituent fatty

acid methyl esters by the method of Ichihara et al. (1996), by using 2 M KOH in methanol and n-heptane with minor modifications. Twenty mg of extracted oil was dissolved in 2 ml n-heptane followed by 4 ml of 2 M methanolic KOH. The tube was then vortexed for 2 min at room temperature. After centrifugation at 4,000 rpm for 10 min, the n-heptane layer was taken for gas chromatography analyses.

Statistical analysis

SPSS 22.0 was used to determine for statistical analysis. Data obtained from quality parameters of sea bass fillets treated with nanoemulsions during storage carried out with Duncan.

RESULTS AND DISCUSSION

The main fatty acids observed in all groups were miristic acid (C_{14:0}), palmitic acid (C_{16:0}), stearic acid (C_{18:0}), palmitoleic acid (C_{16:1}), oleic acid (C_{18:1n9}), linoleic acid (C_{18:2n6}), eicosapentaenoic acid (EPA, C_{20:5n3}) and docosahexaenoic acid (DHA, C_{22:6n3}). The results of the studies by Türkkan et al. (2008), Yıldız et al. (2008), Özden et al. (2010), Yazgan (2013) and Ozogul et al. (2017) on sea bass were in agreement with the results of the current study.

The changes in saturated fatty acid (SFA) in sea bass fillets treated with nanoemulsions and stored in cold storage were given in Table 1. SFA was found to be 19.21% at the beginning of storage, and 24.05% in the control group (untreated group) at the end of the storage period. In groups treated with nanoemulsions, SFA values changed between 19.08% and 23.43% during storage. SFA levels increased in all treated groups during storage. At the end of storage, the highest SFA level was found in the canola group with 23.43% whereas with the lowest SFA found in the olive oil group with 21.97%. Ozogul et al. (2007) reported that the amount of saturated fatty acids in the muscle tissues of commercially valuable freshwater and saltwater fish were in the range of 25.5-39.4%. Baki et al. (2015) reported that the total saturated fat amounts (Σ SFA) in wild and cultured bass (*Dicentrarchus labrax*) as 26.50%±0.06 and 25.10%±0.01, respectively. Total saturated fatty acid values found in present study were lower than the values given in these studies. Yazgan (2013) determined that the total SFA values for sea bass fillets stored after applying the nanoemulsion prepared with sunflower oil were 21.14% before storage and 21.73% after storage.

The main fatty acids among SFA in all groups were miristic acid (C_{14:0}), palmitic acid (C_{16:0}) and stearic acid (C_{18:0}). Miristic acid was determined as 2.65%, 2.55%, 2.56%, 2.61%, 2.82%, 2.39%, 2.19% on day 2 of storage and as 3.68%, 3.08%, 3.51%, 3.37%, 3.41%, 3.11%, 3.08% on the last day of storage

(day 12) for the control, sunflower, hazelnut, canola, soybean, corn and olive oil groups respectively. Fluctuations were observed in miristic acid levels during the storage period. However, increases were also observed in miristic acid level on days 8, 10 and 12 of storage ($p<0.05$). Statistically significant differences were observed between groups during the storage period ($p<0.05$).

Fatty acid with the highest value among SFA was found to be palmitic acid (C_{16:0}). Alasalvar et al. (2002) reported that palmitic acid was an important fatty acid among saturated fatty acids of wild and cultured sea bass. Similar results were reported by Sağlık et al. (2003), Periago et al. (2005), Yazgan (2013) and Ozogul et al. (2017). Palmitic acid level was found as 12.86% at the beginning of the storage period, while it was determined as 16.50%, 15.92%, 15.69%, 15.79%, 15.16%, 15.94% and 15.08% at the end of the storage period for the control, sunflower, hazelnut, canola, soybean, corn and olive oil groups respectively. A statistically significant difference was observed between the control group and all nanoemulsion treatment groups on day 2, 4, 6 and 10 of the storage period ($p<0.05$).

The changes in (MUFA) of sea bass fillets treated with nanoemulsions and stored in cold storage were given in Table 2. A decrease was observed in MUFA levels during the storage period. MUFA level was found as 35.88% at the beginning of the storage period. While on the second day of storage, sunflower oil nanoemulsion group was found to have the highest MUFA value with 36.30%, the control group gave the lowest MUFA value with 28.80% on day 12 of the storage period. Ozogul et al. (2017) demonstrated that Σ MUFA values for sea bass changed from 41.7% to 36.41% during storage period. Baki et al. (2015) reported the total monounsaturated fatty acid values for wild and cultured sea bass as 27.55% and 30.14%, respectively. Özoğul et al. (2007) found MUFA levels in commercially valuable fish species between 13.2 and 29.0%.

Palmitoleic acid (C_{16:1}) and oleic acid (C_{18:1n9}) among MUFA were main fatty acids in all groups as reported for sea bass by Ozden et al. (2010) and Lenas et al. (2011). The initial palmitoleic acid level was found as 4.71% and it was changed between 3.42-4.92% for all groups during the storage period. Over the storage period, statistically significant differences were observed in all groups on every day except day 2 ($p<0.05$). Oleic acid level was determined as 29.95% at the beginning of the storage period. Over the storage period, decrease in oleic acid values and statistically significant differences were observed in all groups ($p<0.05$). At the end of the storage period, the control group gave the lowest oleic acid (23.82%), while olive oil group had the highest oleic acid value (30.45%) on day 2 of storage.

Table 1. Changes in SFA (%) content of sea bass treated with/without nanoemulsions during storage period

Days	C12:0	C14:0	C16:0	C17:0	C18:0	C20:0	SFA	Groups
0	0.44±0.13	2.50±0.07	12.86±0.51	0.09±0.01	3.18±0.18	0.15±0.00	19.21±0.76	C
2	0.93±0.11 ^a	2.65±0.08 ^{ab}	13.63±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a	3.13±0.04 ^b	0.18±0.01 ^a	20.60±0.11 ^a	C
	0.73±0.01 ^{bc}	2.55±0.19 ^{ab}	12.72±0.01 ^{cd}	0.08±0.01 ^a	3.24±0.10 ^b	0.20±0.05 ^a	19.51±0.16 ^b	S
	0.57±0.00 ^c	2.56±0.10 ^{ab}	13.09±0.13 ^b	0.08±0.01 ^a	2.63±0.06 ^c	0.17±0.02 ^a	19.08±0.33 ^b	H
	0.60±0.07 ^{bc}	2.61±0.13 ^{ab}	12.56±0.19 ^{de}	0.07±0.01 ^a	3.32±0.05 ^{ab}	0.16±0.01 ^a	19.31±0.46 ^b	Can
	0.59±0.07 ^{bc}	2.82±0.42 ^a	12.45±0.01 ^e	0.09±0.02 ^a	3.33±0.14 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	19.47±0.65 ^b	SB
	0.61±0.04 ^{bc}	2.39±0.07 ^{ab}	12.81±0.04 ^c	0.07±0.01 ^a	3.19±0.02 ^b	0.17±0.01 ^a	19.24±0.04 ^b	Corn
	0.75±0.05 ^b	2.19±0.01 ^b	13.26±0.01 ^b	0.07±0.02 ^a	3.44±0.07 ^a	0.17±0.01 ^a	19.87±0.06 ^{ab}	O
4	0.51±0.04 ^c	3.36±0.21 ^a	15.62±0.33 ^a	0.09±0.02 ^a	2.69±0.09 ^c	0.18±0.04 ^a	22.43±0.35 ^a	C
	0.50±0.01 ^c	2.59±0.13 ^b	12.92±0.08 ^{bc}	0.06±0.00 ^c	3.36±0.10 ^a	0.20±0.06 ^a	19.62±0.07 ^{bc}	S
	0.34±0.00 ^d	2.56±0.07 ^b	13.28±0.14 ^{bc}	0.07±0.00 ^{ab}	2.93±0.13 ^b	0.20±0.01 ^a	19.37±0.08 ^c	H
	0.53±0.04 ^c	2.43±0.01 ^b	12.80±0.04 ^c	0.08±0.01 ^{ab}	3.47±0.03 ^a	0.18±0.02 ^a	19.47±0.10 ^c	Can
	0.72±0.11 ^b	2.50±0.14 ^b	12.89±0.52 ^{bc}	0.07±0.01 ^{ab}	3.30±0.04 ^a	0.20±0.00 ^a	19.68±0.30 ^{bc}	SB
	0.96±0.07 ^a	2.70±0.18 ^b	13.19±0.27 ^{bc}	0.07±0.01 ^{ab}	2.68±0.15 ^c	0.21±0.02 ^a	19.79±0.21 ^{bc}	Corn
	0.40±0.03 ^{cd}	2.62±0.04 ^b	13.48±0.13 ^b	0.09±0.01 ^a	3.39±0.04 ^a	0.18±0.03 ^a	20.15±0.27 ^b	O
6	0.42±0.00 ^{bc}	2.52±0.15 ^{bc}	15.43±0.36 ^a	0.08±0.01 ^a	3.59±0.25 ^a	0.17±0.00 ^b	22.19±0.45 ^a	C
	0.37±0.02 ^{bc}	2.55±0.12 ^{bc}	13.12±0.11 ^d	0.08±0.00 ^a	3.49±0.02 ^{ab}	0.17±0.00 ^b	19.76±0.23 ^c	S
	0.37±0.03 ^{bc}	2.41±0.09 ^c	13.71±0.03 ^{bc}	0.07±0.00 ^a	3.32±0.08 ^{abc}	0.17±0.01 ^b	20.04±0.06 ^{bc}	H
	0.32±0.04 ^c	2.85±0.10 ^a	13.14±0.18 ^d	0.07±0.01 ^a	3.52±0.06 ^{ab}	0.20±0.00 ^a	20.10±0.40 ^{bc}	Can
	0.76±0.06 ^a	2.60±0.03 ^{abc}	13.10±0.18 ^d	0.07±0.01 ^a	3.03±0.10 ^c	0.16±0.00 ^b	19.72±0.15 ^c	SB
	0.47±0.04 ^b	2.54±0.13 ^{bc}	13.43±0.04 ^{cd}	0.09±0.01 ^a	3.26±0.08 ^{bc}	0.18±0.02 ^b	19.96±0.01 ^c	Corn
	0.47±0.06 ^b	2.76±0.08 ^{ab}	14.04±0.15 ^b	0.09±0.02 ^a	3.09±0.08 ^c	0.17±0.01 ^b	20.60±0.03 ^b	O
8	0.55±0.03 ^b	2.69±0.12 ^b	15.92±1.17 ^a	0.08±0.01 ^b	3.10±0.09 ^c	0.17±0.01 ^a	22.49±1.22 ^a	C
	0.45±0.08 ^{bc}	3.03±0.07 ^a	13.54±0.27 ^{cd}	0.09±0.01 ^{ab}	3.14±0.06 ^c	0.18±0.01 ^{ab}	20.42±0.22 ^c	S
	0.42±0.04 ^{bc}	2.58±0.07 ^b	14.59±0.48 ^{bcd}	0.08±0.01 ^b	2.92±0.03 ^{cd}	0.17±0.01 ^b	20.75±0.40 ^c	H
	0.37±0.06 ^{cd}	3.08±0.13 ^a	14.83±0.13 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	3.64±0.06 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.20±0.13 ^{ab}	Can
	0.69±0.04 ^a	2.65±0.04 ^b	13.43±0.11 ^d	0.08±0.00 ^{ab}	3.08±0.11 ^c	0.17±0.01 ^b	20.09±0.22 ^c	SB
	0.26±0.07 ^d	3.01±0.08 ^a	14.11±0.13 ^{bcd}	0.09±0.01 ^{ab}	3.39±0.18 ^b	0.22±0.04 ^a	21.06±0.35 ^{bc}	Corn
	0.43±0.05 ^{bc}	2.78±0.06 ^b	14.73±0.14 ^{abc}	0.08±0.00 ^{ab}	2.82±0.08 ^d	0.18±0.02 ^{ab}	21.01±0.15 ^{bc}	O
10	0.82±0.01 ^a	3.10±0.05 ^{ab}	15.93±0.06 ^a	0.10±0.02 ^a	2.51±0.46 ^b	0.24±0.01 ^a	22.68±0.36 ^a	C
	0.64±0.06 ^{cd}	3.18±0.04 ^a	14.86±0.09 ^{bc}	0.07±0.01 ^a	3.34±0.04 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.27±0.13 ^{ab}	S
	0.58±0.03 ^{cd}	3.01±0.09 ^{ab}	14.88±0.14 ^{bc}	0.08±0.01 ^a	2.87±0.13 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	21.62±0.16 ^{bc}	H
	0.66±0.03 ^{bc}	3.23±0.11 ^a	15.12±0.17 ^b	0.09±0.01 ^a	3.12±0.01 ^a	0.18±0.03 ^b	22.40±0.01 ^a	Can
	0.73±0.04 ^b	3.02±0.18 ^{ab}	14.17±0.23 ^d	0.09±0.02 ^a	3.05±0.11 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	21.25±0.59 ^c	SB
	0.57±0.03 ^{de}	2.99±0.04 ^{ab}	15.82±0.11 ^a	0.09±0.02 ^a	3.24±0.10 ^a	0.20±0.01 ^{ab}	22.89±0.24 ^a	Corn
	0.49±0.01 ^e	2.86±0.13 ^b	14.70±0.03 ^c	0.07±0.01 ^a	2.86±0.11 ^{ab}	0.21±0.03 ^{ab}	21.18±0.21 ^c	O
12	0.52±0.05 ^c	3.68±0.11 ^a	16.50±0.10 ^a	0.08±0.01 ^a	3.10±0.21 ^{ab}	0.19±0.02 ^b	24.05±0.13 ^a	C
	0.55±0.01 ^c	3.08±0.06 ^d	15.92±0.09 ^b	0.07±0.01 ^a	2.95±0.08 ^b	0.22±0.02 ^{ab}	22.78±0.17 ^c	S
	0.78±0.10 ^{ab}	3.51±0.03 ^{ab}	15.69±0.08 ^b	0.07±0.00 ^a	3.11±0.14 ^{ab}	0.20±0.01 ^b	23.35±0.00 ^b	H
	0.89±0.04 ^a	3.37±0.12 ^{bc}	15.79±0.19 ^b	0.08±0.01 ^a	3.08±0.11 ^{ab}	0.25±0.02 ^a	23.43±0.35 ^b	Can
	0.90±0.01 ^a	3.41±0.20 ^{ab}	15.16±0.11 ^c	0.08±0.02 ^a	3.48±0.28 ^a	0.19±0.00 ^b	23.21±0.20 ^b	SB
	0.67±0.04 ^b	3.11±0.13 ^{cd}	15.94±0.01 ^b	0.08±0.00 ^a	3.29±0.20 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	23.31±0.12 ^b	Corn
	0.56±0.04 ^c	3.08±0.03 ^d	15.08±0.06 ^c	0.08±0.01 ^a	3.03±0.07 ^b	0.18±0.03 ^b	21.97±0.08 ^d	O

Means sharing the same letter in the same row (a-e) are not significantly different ($p > 0.05$) using Duncan's multiple range test. C: Control, S: sunflower, H: hazelnut, Can: Canola, SB: Soybean, Corn: Corn, O: Olive.

Table 2. Changes in MUFA (%) content of sea bass treated with/without nanoemulsions during storage period

Days	C14:1	C16:1	C17:1	C18:1n9	C20:1	C22:1n9	MUFA	Groups
0	0.08±0.00	4.71±0.10	0.10±0.00	29.95±0.47	0.83±0.08	0.22±0.04	35.88±0.25	C
2	0.09±0.01 ^a	4.20±0.11 ^a	0.11±0.00 ^a	28.30±0.30 ^b	1.03±0.00 ^a	0.24±0.03 ^a	33.96±0.37 ^c	C
	0.11±0.02 ^a	4.79±0.07 ^a	0.11±0.01 ^a	30.18±0.11 ^a	0.88±0.10 ^{abc}	0.24±0.04 ^a	36.30±0.35 ^a	S
	0.10±0.01 ^a	4.76±0.04 ^a	0.10±0.01 ^a	30.27±0.08 ^a	0.74±0.03 ^c	0.21±0.03 ^a	36.17±0.06 ^{ab}	H
	0.07±0.04 ^a	4.61±0.03 ^a	0.10±0.01 ^a	30.12±0.11 ^a	1.04±0.14 ^a	0.22±0.02 ^a	36.15±0.25 ^{ab}	Can
	0.09±0.01 ^a	4.70±0.09 ^a	0.11±0.01 ^a	30.15±0.07 ^a	0.81±0.13 ^{bc}	0.12±0.02 ^b	35.97±0.21 ^{ab}	SB
	0.08±0.01 ^a	4.25±0.61 ^a	0.10±0.01 ^a	30.13±0.52 ^a	0.91±0.06 ^{abc}	0.24±0.01 ^a	35.70±0.00 ^b	Corn
	0.07±0.03 ^a	4.32±0.48 ^a	0.09±0.01 ^a	30.45±0.40 ^a	0.96±0.00 ^{ab}	0.27±0.03 ^a	36.16±0.01 ^{ab}	O
4	0.11±0.01 ^a	4.04±0.01 ^e	0.10±0.04 ^a	28.68±0.44 ^c	0.80±0.02 ^{cd}	0.28±0.01 ^a	33.99±0.38 ^d	C
	0.08±0.01 ^{ab}	4.61±0.05 ^{bc}	0.09±0.00 ^a	29.24±0.16 ^b	0.86±0.06 ^{bc}	0.21±0.06 ^{ab}	35.08±0.09 ^b	S
	0.09±0.00 ^{ab}	4.75±0.15 ^{ab}	0.10±0.00 ^a	30.17±0.04 ^a	0.73±0.01 ^d	0.26±0.01 ^{ab}	36.09±0.13 ^a	H
	0.08±0.00 ^{ab}	4.52±0.04 ^c	0.10±0.01 ^a	29.94±0.09 ^a	0.88±0.01 ^{bc}	0.18±0.04 ^b	35.69±0.07 ^a	Can
	0.07±0.01 ^b	4.69±0.01 ^{bc}	0.10±0.01 ^a	30.04±0.02 ^a	0.83±0.04 ^{bc}	0.18±0.01 ^b	35.89±0.01 ^a	SB
	0.07±0.01 ^b	4.27±0.08 ^d	0.09±0.01 ^a	28.73±0.25 ^c	1.17±0.01 ^a	0.25±0.05 ^{ab}	34.56±0.24 ^c	Corn
	0.10±0.03 ^a	4.92±0.12 ^a	0.12±0.02 ^a	29.70±0.07 ^{ab}	0.92±0.06 ^b	0.25±0.01 ^{ab}	36.00±0.15 ^a	O
6	0.07±0.01 ^a	3.88±0.11 ^d	0.10±0.01 ^a	28.66±0.41 ^{de}	0.85±0.07 ^a	0.18±0.01 ^b	33.74±0.57 ^c	C
	0.06±0.06 ^a	4.33±0.08 ^b	0.11±0.01 ^a	29.04±0.12 ^{cd}	0.79±0.02 ^{ab}	0.21±0.05 ^{ab}	34.51±0.23 ^b	S
	0.07±0.01 ^a	4.31±0.08 ^b	0.09±0.00 ^a	29.80±0.08 ^a	0.75±0.02 ^b	0.27±0.03 ^a	35.28±0.04 ^a	H
	0.08±0.03 ^a	4.83±0.07 ^a	0.10±0.02 ^a	29.30±0.07 ^{bc}	0.83±0.02 ^{ab}	0.28±0.04 ^a	35.41±0.08 ^a	Can
	0.07±0.03 ^a	4.06±0.07 ^c	0.10±0.00 ^a	29.96±0.09 ^a	0.80±0.04 ^{ab}	0.26±0.01 ^a	35.24±0.00 ^a	SB
	0.08±0.01 ^a	4.32±0.07 ^b	0.10±0.00 ^a	28.39±0.22 ^e	0.76±0.04 ^{ab}	0.18±0.00 ^b	33.83±0.18 ^c	Corn
	0.08±0.02 ^a	4.20±0.06 ^{bc}	0.11±0.01 ^a	29.58±0.07 ^{ab}	0.81±0.01 ^{ab}	0.26±0.02 ^a	35.02±0.01 ^{ab}	O
8	0.08±0.00 ^b	3.81±0.23 ^d	0.10±0.01 ^b	28.39±0.28 ^{cd}	0.71±0.01 ^c	0.27±0.01 ^{ab}	33.35±0.05 ^d	C
	0.08±0.00 ^b	4.44±0.09 ^b	0.11±0.01 ^{ab}	28.49±0.11 ^{cd}	0.89±0.11 ^{ab}	0.20±0.05 ^c	34.20±0.19 ^c	S
	0.09±0.00 ^{ab}	3.93±0.03 ^{cd}	0.10±0.00 ^b	29.41±0.13 ^{ab}	0.80±0.04 ^{bc}	0.26±0.02 ^{abc}	34.58±0.11 ^{bc}	H
	0.08±0.03 ^b	4.85±0.14 ^a	0.13±0.00 ^a	28.78±0.40 ^c	0.93±0.03 ^a	0.30±0.01 ^a	35.07±0.56 ^{ab}	Can
	0.09±0.00 ^{ab}	4.19±0.01 ^{bc}	0.10±0.00 ^b	29.81±0.08 ^a	0.79±0.01 ^{bc}	0.19±0.01 ^c	35.16±0.07 ^a	SB
	0.10±0.01 ^{ab}	4.12±0.06 ^c	0.11±0.01 ^{ab}	28.16±0.06 ^d	0.87±0.06 ^{ab}	0.27±0.03 ^{ab}	33.62±0.01 ^d	Corn
	0.11±0.00 ^a	4.11±0.11 ^c	0.12±0.01 ^{ab}	29.28±0.16 ^b	0.73±0.03 ^c	0.23±0.04 ^{bc}	34.57±0.02 ^{bc}	O
10	0.09±0.00 ^a	3.89±0.06 ^c	0.12±0.01 ^a	23.88±0.54 ^b	0.87±0.01 ^{ab}	0.26±0.02 ^{bc}	29.10±0.46 ^c	C
	0.07±0.00 ^a	4.68±0.06 ^a	0.09±0.00 ^a	27.05±0.14 ^a	0.77±0.01 ^c	0.18±0.01 ^d	32.84±0.21 ^{ab}	S
	0.09±0.01 ^a	3.76±0.09 ^c	0.10±0.01 ^a	27.62±0.09 ^a	0.87±0.08 ^{ab}	0.21±0.01 ^{cd}	32.64±0.12 ^{ab}	H
	0.09±0.00 ^a	4.13±0.05 ^b	0.12±0.02 ^a	27.52±0.30 ^a	0.81±0.04 ^{bc}	0.27±0.02 ^b	32.92±0.27 ^{ab}	Can
	0.08±0.00 ^a	4.27±0.11 ^b	0.11±0.00 ^a	27.02±0.25 ^a	0.89±0.00 ^{ab}	0.12±0.01 ^e	32.49±0.15 ^b	SB
	0.08±0.03 ^a	4.24±0.04 ^b	0.11±0.01 ^a	27.52±0.24 ^a	0.91±0.01 ^a	0.34±0.01 ^a	33.19±0.21 ^a	Corn
	0.08±0.01 ^a	4.26±0.09 ^b	0.09±0.02 ^a	27.11±0.13 ^a	0.74±0.01 ^c	0.22±0.04 ^{cd}	32.48±0.02 ^b	O
12	0.06±0.01 ^{ab}	3.72±0.09 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	23.82±0.44 ^d	0.83±0.02 ^{ab}	0.29±0.01 ^{ab}	28.80±0.30 ^c	C
	0.09±0.03 ^a	3.75±0.11 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	25.04±0.11 ^{abc}	0.89±0.04 ^a	0.29±0.03 ^a	30.15±0.10 ^b	S
	0.09±0.01 ^{ab}	3.60±0.01 ^{bc}	0.09±0.00 ^a	24.44±0.16 ^{cd}	0.68±0.01 ^b	0.22±0.00 ^c	29.11±0.14 ^c	H
	0.09±0.00 ^a	3.76±0.09 ^{ab}	0.10±0.01 ^a	24.96±0.01 ^{bc}	0.76±0.06 ^{ab}	0.09±0.03 ^d	29.75±0.18 ^b	Can
	0.06±0.01 ^b	3.88±0.02 ^a	0.11±0.03 ^a	25.75±0.54 ^a	0.72±0.10 ^{ab}	0.25±0.01 ^{abc}	30.76±0.42 ^a	SB
	0.09±0.00 ^a	3.42±0.12 ^c	0.11±0.01 ^a	25.17±0.13 ^{ab}	0.82±0.13 ^{ab}	0.28±0.04 ^{abc}	29.87±0.17 ^b	Corn
	0.09±0.01 ^a	3.88±0.12 ^d	0.12±0.02 ^a	25.74±0.14 ^a	0.76±0.06 ^{ab}	0.21±0.03 ^{bc}	30.61±0.22 ^a	O

Means sharing the same letter in the same row (a–e) are not significantly different ($p > 0.05$) using Duncan's multiple range test. C: Control, S: sunflower, H: hazelnut, Can: Canola, SB: Soybean, Corn: Corn, O: Olive.

The changes in PUFA content of seabass filets treated with nanoemulsions and stored in cold storage are given in Table 3. The initial PUFA value was determined as 29.25%. This value decreased over the storage period and at the end of the storage period it was determined as 20.94%, 24.30%, 23.70%, 24.46%, 26.41%, 23.78%, 24.48% for the control, sunflower, hazelnut, canola, soybean, corn and olive oil groups respectively. Similarly, Ozogul et al. (2017) reported that the PUFA amount of sea bass decreased with storage time. While corn oil nanoemulsion group was found to have the highest PUFA value (29.83%) on the second day of storage, the control group had the lowest PUFA value (20.94%) on day 12.

The main fatty acids among PUFA in all groups were linoleic acid, eicosapentaenoic acid ($C_{20:5n3}$) and

docosahexaenoic acid ($C_{20:6n3}$). Linoleic acid was determined as 14.52% at the beginning of the storage period, and this value decreased throughout the storage period. Statistically significant differences were observed between groups during the storage period. At the end of the storage period, hazelnut oil group had the lowest linoleic acid value (13.36%) and soybean oil group had the highest linoleic acid value (14.87%). Yazgan (2013) reported the linoleic acid levels of nanoemulsion treatment groups in sea bream as 10.13% and 11.28% at the beginning and the end of the storage period respectively. Lenas et al. (2011) reported the linoleic acid level of wild caught sea bass as 6.39% and cultured sea bass as 18.05%. This difference in linoleic acid levels was thought to arise from the contents of feed used in aquaculture.

Table 3. Changes in PUFA (%) content of sea bass treated with/without nanoemulsions during storage period

Days	C18:2n6	C18:3n3	C20:2	C20:3n6	C20:5n3	C20:4n6	C22:2	C22:6n3	PUFA	Groups
0	14.52±0.42	0.56±0.01	0.19±0.00	0.42±0.00	4.21±0.08	1.05±0.07	0.23±0.04	8.09±0.19	29.25±0.35	C
2	14.54±0.09 ^{cd}	0.54±0.04 ^{ab}	0.19±0.00 ^a	0.44±0.00 ^a	4.10±0.03 ^c	0.47±0.04 ^c	0.28±0.00 ^a	6.42±0.56 ^b	26.97±0.52 ^c	C
	14.20±0.14 ^d	0.55±0.04 ^a	0.20±0.05 ^a	0.47±0.07 ^a	4.55±0.14 ^{ab}	1.35±0.20 ^a	0.22±0.04 ^{bc}	7.88±0.23 ^a	29.41±0.60 ^{ab}	S
	14.73±0.15 ^{bc}	0.52±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^a	0.41±0.00 ^a	4.60±0.01 ^{ab}	0.23±0.04 ^c	0.18±0.01 ^c	7.48±0.25 ^a	28.31±0.33 ^b	H
	15.08±0.25 ^{ab}	0.46±0.04 ^b	0.20±0.02 ^a	0.44±0.04 ^a	4.40±0.07 ^b	0.30±0.08 ^c	0.25±0.02 ^{ab}	7.97±0.22 ^a	29.08±0.11 ^{ab}	Can
	15.44±0.02 ^a	0.56±0.04 ^a	0.19±0.01 ^a	0.47±0.07 ^a	4.42±0.19 ^b	0.72±0.11 ^b	0.20±0.04 ^{bc}	7.68±0.25 ^a	29.66±0.42 ^a	SB
	15.15±0.06 ^{ab}	0.50±0.03 ^{ab}	0.19±0.01 ^a	0.42±0.02 ^a	4.73±0.08 ^a	1.25±0.11 ^a	0.21±0.01 ^{bc}	7.41±0.22 ^a	29.83±0.54 ^a	Corn
	14.70±0.39 ^{bc}	0.50±0.01 ^{ab}	0.19±0.02 ^a	0.42±0.05 ^a	4.57±0.04 ^{ab}	0.26±0.04 ^c	0.23±0.03 ^{abc}	7.38±0.21 ^a	28.22±0.70 ^b	O
4	14.26±0.88 ^b	0.54±0.08 ^{ab}	0.25±0.03 ^a	0.50±0.05 ^a	3.79±0.01 ^b	0.86±0.06 ^b	0.22±0.01 ^{ab}	6.19±0.92 ^b	26.59±1.94 ^b	C
	14.18±0.04 ^b	0.52±0.01 ^{ab}	0.26±0.05 ^a	0.46±0.02 ^a	4.46±0.15 ^a	1.39±0.08 ^a	0.20±0.00 ^{bc}	6.80±0.24 ^{ab}	28.24±0.21 ^a	S
	14.37±0.18 ^b	0.50±0.03 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.44±0.01 ^a	4.21±0.07 ^a	0.37±0.05 ^c	0.17±0.01 ^c	7.06±0.06 ^{ab}	27.31±0.12 ^{ab}	H
	14.79±0.10 ^{ab}	0.48±0.04 ^c	0.19±0.00 ^a	0.41±0.01 ^a	4.19±0.10 ^a	0.33±0.02 ^c	0.20±0.01 ^{bc}	6.59±0.14 ^{ab}	27.17±0.20 ^{ab}	Can
	15.51±0.31 ^a	0.52±0.01 ^{ab}	0.21±0.02 ^a	0.44±0.06 ^a	4.23±0.09 ^a	0.30±0.01 ^c	0.22±0.01 ^{ab}	7.52±0.06 ^a	28.92±0.06 ^{ab}	SB
	14.15±0.21 ^b	0.48±0.02 ^c	0.23±0.01 ^a	0.45±0.03 ^a	4.37±0.20 ^a	1.47±0.12 ^a	0.26±0.03 ^a	6.49±0.10 ^b	27.89±0.11 ^{ab}	Corn
	14.51±0.21 ^b	0.59±0.04 ^a	0.22±0.04 ^a	0.49±0.07 ^a	4.18±0.07 ^a	0.35±0.05 ^c	0.22±0.04 ^{ab}	6.96±0.11 ^{ab}	27.50±0.06 ^{ab}	O
6	14.28±0.37 ^b	0.47±0.03 ^a	0.20±0.00 ^a	0.45±0.01 ^a	3.39±0.12 ^d	0.35±0.01 ^a	0.21±0.03 ^a	5.56±0.11 ^c	24.90±0.30 ^c	C
	13.89±0.06 ^b	0.53±0.01 ^a	0.19±0.00 ^a	0.43±0.01 ^a	4.38±0.04 ^a	0.52±0.02 ^a	0.18±0.01 ^a	6.33±0.01 ^b	26.44±0.09 ^b	S
	14.17±0.04 ^b	0.50±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.44±0.00 ^a	4.07±0.07 ^b	0.31±0.01 ^a	0.18±0.01 ^a	6.87±0.07 ^a	26.73±0.06 ^{ab}	H
	14.86±0.13 ^a	0.38±0.21 ^a	0.21±0.02 ^a	0.44±0.02 ^a	4.15±0.08 ^b	0.28±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	6.43±0.04 ^b	26.93±0.44 ^{ab}	Can
	15.15±0.11 ^a	0.53±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.44±0.01 ^a	3.83±0.15 ^c	0.23±0.04 ^a	0.19±0.01 ^a	6.60±0.28 ^{ab}	27.15±0.33 ^{ab}	SB
	14.91±0.09 ^a	0.47±0.03 ^a	0.19±0.01 ^a	0.43±0.01 ^a	4.20±0.07 ^{ab}	0.81±0.70 ^a	0.18±0.00 ^a	6.31±0.06 ^b	27.49±0.78 ^a	Corn
	14.22±0.04 ^b	0.55±0.02 ^a	0.20±0.01 ^a	0.44±0.01 ^a	4.04±0.09 ^{bc}	0.30±0.03 ^a	0.20±0.01 ^a	6.76±0.16 ^a	26.69±0.21 ^{ab}	O
8	13.76±0.41 ^b	0.43±0.04 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.46±0.01 ^{bc}	3.18±0.01 ^d	0.34±0.03 ^{ab}	0.19±0.01 ^b	5.31±0.40 ^d	23.86±0.86 ^d	C
	13.80±0.07 ^b	0.49±0.01 ^{ab}	0.22±0.03 ^a	0.49±0.04 ^{ab}	4.24±0.08 ^a	0.33±0.02 ^{ab}	0.20±0.05 ^{ab}	6.03±0.08 ^{bc}	25.79±0.01 ^c	S
	14.12±0.08 ^b	0.48±0.01 ^{ab}	0.19±0.00 ^a	0.44±0.01 ^c	3.94±0.06 ^{bc}	0.27±0.03 ^b	0.22±0.01 ^{ab}	6.73±0.05 ^a	26.36±0.14 ^{abc}	H
	14.77±0.14 ^a	0.35±0.14 ^b	0.23±0.00 ^a	0.52±0.01 ^a	4.11±0.10 ^{ab}	0.37±0.05 ^a	0.23±0.01 ^a	6.19±0.09 ^{bc}	26.75±0.24 ^{ab}	Can
	15.14±0.37 ^a	0.51±0.01 ^a	0.20±0.01 ^a	0.46±0.01 ^{bc}	3.79±0.09 ^c	0.30±0.01 ^{ab}	0.19±0.01 ^{ab}	6.40±0.11 ^{ab}	26.96±0.40 ^a	SB
	14.13±0.13 ^b	0.44±0.02 ^{ab}	0.22±0.04 ^a	0.43±0.01 ^c	3.89±0.13 ^c	0.35±0.04 ^a	0.20±0.04 ^{ab}	5.81±0.07 ^c	25.45±0.21 ^c	Corn
	14.10±0.02 ^b	0.52±0.03 ^a	0.19±0.00 ^a	0.45±0.01 ^c	3.93±0.06 ^{bc}	0.34±0.02 ^{ab}	0.19±0.01 ^b	6.20±0.08 ^{bc}	25.90±0.06 ^{bc}	O
10	13.25±0.21 ^b	0.45±0.01 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	0.53±0.00 ^a	3.12±0.02 ^c	0.41±0.02 ^{ab}	0.22±0.00 ^{ab}	4.32±0.11 ^e	22.51±0.31 ^d	C
	13.75±0.20 ^{ab}	0.46±0.01 ^{ab}	0.18±0.01 ^b	0.42±0.01 ^b	3.56±0.16 ^{ab}	0.36±0.04 ^{bc}	0.19±0.01 ^b	5.73±0.07 ^{bcd}	24.63±0.23 ^c	S
	13.92±0.04 ^{ab}	0.46±0.01 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	0.47±0.06 ^{ab}	3.36±0.21 ^{bc}	0.34±0.04 ^{bc}	0.20±0.03 ^{ab}	5.95±0.13 ^{abc}	24.91±0.14 ^{bc}	H
	14.12±0.08 ^{ab}	0.33±0.17 ^b	0.21±0.02 ^{ab}	0.47±0.06 ^{ab}	3.71±0.07 ^a	0.31±0.01 ^c	0.19±0.01 ^b	6.01±0.11 ^{ab}	25.33±0.13 ^b	Can

	15.20±0.14 ^a	0.50±0.02 ^{ab}	0.23±0.01 ^a	0.50±0.01 ^{ab}	3.43±0.16 ^{ab}	0.35±0.03 ^{bc}	0.22±0.01 ^{ab}	6.17±0.04 ^a	26.59±0.03 ^a	SB
	14.07±0.29 ^{ab}	0.45±0.02 ^{ab}	0.23±0.00 ^a	0.50±0.03 ^{ab}	3.68±0.04 ^a	0.32±0.06 ^{bc}	0.23±0.00 ^a	5.59±0.06 ^{cd}	25.06±0.31 ^{bc}	Corn
	14.08±0.06 ^{ab}	0.54±0.02 ^a	0.22±0.03 ^{ab}	0.49±0.06 ^{ab}	3.69±0.09 ^a	0.48±0.04 ^a	0.20±0.02 ^{ab}	5.51±0.35 ^d	25.18±0.06 ^b	O
12	12.34±0.37 ^c	0.41±0.01 ^b	0.21±0.03 ^a	0.55±0.03 ^a	2.81±0.12 ^c	0.38±0.04 ^a	0.18±0.01 ^a	4.06±0.08 ^e	20.94±0.47 ^c	C
	13.48±0.10 ^b	0.44±0.01 ^{ab}	0.21±0.03 ^a	0.47±0.06 ^{ab}	3.48±0.05 ^{ab}	0.34±0.02 ^a	0.21±0.04 ^a	5.69±0.06 ^b	24.30±0.27 ^b	S
	13.36±0.16 ^b	0.44±0.02 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.42±0.00 ^b	3.23±0.12 ^b	0.27±0.01 ^a	0.17±0.01 ^a	5.63±0.07 ^{bc}	23.70±0.01 ^b	H
	13.49±0.28 ^b	0.43±0.03 ^{ab}	0.21±0.02 ^a	0.47±0.04 ^{ab}	3.62±0.16 ^a	0.27±0.04 ^a	0.20±0.02 ^a	5.79±0.20 ^{ab}	24.46±0.01 ^b	Can
	14.87±0.04 ^a	0.47±0.03 ^a	0.20±0.03 ^a	0.49±0.06 ^{ab}	3.28±0.08 ^{ab}	0.97±0.35 ^a	0.18±0.03 ^a	5.96±0.12 ^a	26.41±1.08 ^a	SB
	13.45±0.28 ^b	0.44±0.01 ^{ab}	0.20±0.01 ^a	0.46±0.02 ^{ab}	3.45±0.16 ^{ab}	0.30±0.01 ^a	0.19±0.02 ^a	5.31±0.08 ^d	23.78±0.12 ^b	Corn
	13.81±0.08 ^b	0.48±0.02 ^a	0.25±0.04 ^a	0.55±0.08 ^{ab}	3.35±0.21 ^{ab}	0.39±0.02 ^a	0.20±0.02 ^a	5.45±0.05 ^{cd}	24.48±0.06 ^b	O

Means sharing the same letter in the same row (a–e) are not significantly different ($p > 0.05$) using Duncan's multiple range test. C: Control, S: sunflower, H: hazelnut, Can: Canola, SB: Soybean, Corn: Corn, O: Olive.

Eicosapentaenoic acid (EPA) is one of the most important polyunsaturated fatty acids for human health. EPA level was found as 4.21% at the beginning of the storage period, while it was measured as 2.81%, 3.48%, 3.23%, 3.62%, 3.28%, 3.45%, 3.35% at the end of the storage period for the control, sunflower, hazelnut, canola, soybean, corn and olive oil groups respectively. Statistically significant differences were observed between the control group and treatment groups during the storage period ($p < 0.05$). The highest EPA level was found in the corn oil group on day 2 of storage as 4.73%. The lowest EPA level was found in the control group at the end of the storage period as 2.81%. While there were no statistically significant differences between treatment groups on the second day of storage, a statistically significant difference was found with the control group ($p < 0.05$). While no statistically significant differences were observed between soybean and corn oil groups on storage day 8, statistically significant differences were observed between all groups and the control group ($p < 0.05$). Ozogul et al. (2017) reported that the EPA values of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets treated with commercial oil nanoemulsions decreased during the storage period. On the other hand, the EPA values of the groups treated with nanoemulsions were higher than the control group throughout the storage period. A similar decrease was observed in present study. Özoğul et al. (2007) reported that the EPA values of commercially valuable species present in Turkish seas were between 4.74% and 11.7%.

DHA is another very important polyunsaturated fatty acid. At the beginning of the storage period, DHA value was found as 8.09% and this is the highest DHA value recorded during the storage period. This value decreased during storage period and statistically significant differences were observed between groups. At the end of the storage period, DHA value was found as 4.06%, 5.69%, 5.63%, 5.79%, 5.96%, 5.31%, 5.45% for the control, sunflower, hazelnut, canola, soybean, corn and olive oil nanoemulsion groups respectively. At the end of the storage period, the highest DHA level was found in the soybean oil group with 5.96%, while the lowest DHA level was found in the control group with 4.06%. During the storage period, it was determined that the DHA levels were higher in the treatment groups compared to the control group. Alasalvar et al. (2002)

reported that the DHA values for wild caught and cultured bass were 19.5% and 18.1% respectively. Özoğul et al. (2007) reported that the DHA value in sea bass fillets was 14.7%. Lenas et al. (2011) reported the DHA level of wild caught bass as 17.17% and cultured bass as 8.62%. The DHA level found in present study was similar to the value of sea bass found by Lenas et al. (2011).

Fatty acid composition of sea bass was significantly influenced by nanoemulsion application ($p < 0.05$). In general, the nanoemulsion treatment groups were found to have higher MUFA and PUFA contents than those of the control group. Among the nanoemulsion treatment groups, the highest PUFA value in the soybean group was observed and the lowest value in the hazelnut group was observed at the end of storage.

CONCLUSIONS

At the end of the storage period, saturated fatty acid levels in the control and nanoemulsion treatment groups increased and monounsaturated and polyunsaturated fatty acid levels decreased. Most researchers associate this decrease with the transformation of especially unsaturated fatty acids among fatty acids becoming free as a result of lipolysis reactions to first peroxides and secondarily to aldehydes, ketones, alcohols and esters as a result of auto-oxidation reactions. In the present study, lowest polyunsaturated fatty acid levels were found in the control group on the last day of the storage period. Among nanoemulsion groups, soybean oil group gave the highest PUFA content. It was thought that the application of nanoemulsions delay the auto-oxidation reactions of unsaturated fatty acids. As a result, it was thought that the type of oil used to prepare nanoemulsions can have a positive effect on fatty acid compositions.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors wish to thank the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK) for the financial support (TOVAG-1130379) and the authors also gratefully acknowledge infrastructure support provided by Cukurova University.

REFERENCES

- Al-Adham, I.S.I., Khalil, E., Al-Hmoud, N.D., Kierans, M. & Collier, P.J. (2000). Microemulsions are membrane-active, antimicrobial, self-preserving systems. *Journal of Applied Microbiology*, 89(1): 32-39. DOI: 10.1046/j.1365-2672.2000.01078.x
- Alasalvar, C., Taylor, K.D.A., Öksüz, A., Garthwaite, T., Alexis, M.N. & Grigorakis, K. (2001). Freshness assessment of cultured sea bream (*Sparus aurata*) by chemical, physical and sensory methods. *Food Chemistry*, 72(1):33-40. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00196-5
- Anton, N., Benoit, J.P. & Saulnier, P. (2008). Design and production of nanoparticles formulated from nano-emulsion templates—a review. *Journal of Controlled Release*, 128(3):185-199. DOI: 10.1016/j.jconrel.2008.02.007
- Ba, H.V., Touseef, A. & Hwang, I. (2013). Significant influence of particular unsaturated fatty acids and pH on the volatile compounds in meat-like model system. *Meat Science*, 94: 480–488. DOI: 10.1016/j.meatsci.2013.04.029
- Baki, B., Gönener, S. & Kaya, D. (2015). Comparison of food, amino acid and fatty acid compositions of wild and cultivated sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15(1):175-179. DOI: 10.4194/1303-2712-v15_1_19
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8): 911-917.
- Bortoloto, R.K., De Oliveira, A.H.C., Ruller, R., Arni, R.K. & Ward, R.J. (1998). Tertiary Structural Changes of the α -Hemolysin from *Staphylococcus aureus* Association with Liposome Membranes. *Archives of biochemistry and biophysics*, 351(1):47-52. DOI: 10.1006/abbi.1997.0550
- Bouchemal, K., Briançon, S., Perrier, E. & Fessi, H. (2004). Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimisation. *International journal of pharmaceutics*, 280(1-2):241-251. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2004.05.016
- Chepurmov, A.A., Bakulina, L.F., Dadaeva, A.A., Ustinova, E.N., Chepurnova, T. S. & Baker Jr, J.R. (2003). Inactivation of Ebola virus with a surfactant nanoemulsion. *Acta tropica*, 87(3): 315-320. DOI: 10.1016/S0001-706X(03)00120-7
- Constantinides, P.P., Chaubal, M.V. & Shorr, R. (2008). Advances in lipid nanodispersions for parenteral drug delivery and targeting. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 60(6):757-767. DOI: 10.1016/j.addr.2007.10.013
- Donovan, B.W., Reuter, J.D., Cao, Z., Myc, A., Johnson, K.J. & Baker Jr, J.R. (2000). Prevention of murine influenza A virus pneumonitis by surfactant nano-emulsions. *Antiviral Chemistry and Chemotherapy*, 11(1), 41-49.
- Durmuş, M. (2016). Effects of Nanoemulsion Based on Plant Oils on Sensory, Chemical and Microbiological Quality of Sea Bass Fillets (*Dicentrarchus Labrax*) under Chilled ($2\pm 2^\circ\text{C}$) and Vacuum Packed Conditions. PhD Thesis, Department of Fisheries and Processing Technology, Institute of Natural and Applied Science, Cukurova University, 203.
- Fathi, M., Mozafari, M.R. & Mohebbi, M. (2012). Nanoencapsulation of food ingredients using lipid based delivery systems. *Trends in Food Science & Technology*, 23(1):13-27. DOI:10.1016/j.tifs.2011.08.003
- Friberg, S.E. (1984). Microemulsions in relation to cosmetics and their preservation. *Cosmetic and drug preservation, principles and practice, cosmetic science and technology series*, 1.
- Guo, H., Wilking, J.N., Liang, D., Mason, T.G., Harden, J.L. & Leheny, R.L. (2007). Slow, nondiffusive dynamics in concentrated nanoemulsions. *Physical Review E*, 75(4): 041401.
- Halliwell, B., Murcia, M.A., Chirico, S. & Aruoma, O.I. (1995). Free radicals and antioxidants in food and in vivo: What they do and how they work. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35:7–20. DOI: 10.1080/10408399509527682
- Hamouda, T., Hayes, M.M., Cao, Z., Tonda, R., Johnson, K., Wright, D.C. & Baker Jr, J.R. (1999). A novel surfactant nanoemulsion with broad-spectrum sporicidal activity against *Bacillus* species. *Journal of Infectious Diseases*, 180(6):1939-1949. DOI: 10.1086/315124
- Ichihara, K.I., Shibahara, A., Yamamoto, K. & Nakayama, T. (1996). An improved method for rapid analysis of the fatty acids of glycerolipids. *Lipids*, 31(5):535-539. DOI: 10.1007/BF02522986
- Itsiopoulos, C., Hodge, A. & Kaimakamis, M. (2009). Can the Mediterranean diet prevent prostate cancer? *Molecular Nutrition & Food Research*, 53(2):227-239. DOI: 10.1002/mnfr.200800207
- Joe, M.M., Chauhan, P.S., Bradeeba, K., Shagol, C., Sivakumaar, P.K. & Sa, T. (2012). Influence of sunflower oil based nanoemulsion (AUSN-4) on the shelf life and quality of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*) steaks stored at 20 C. *Food Control*, 23(2): 564-570. DOI: 10.1016/j.foodcont.2011.08.032
- Jones, M.N., Song, Y.H., Kaszuba, M. & Reboiras, M.D. (1997). The interaction of phospholipid liposomes with bacteria and their use in the delivery of bactericides. *Journal of drug targeting*, 5(1): 25-34. DOI: 10.3109/10611869708995855
- Kaya, Y., Duyar, H.A. & Erdem, M.E. (2004). The importance of fish fatty acids on human health. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3/4): 365-370.
- Ke, P.J. & Ackman, R. G. (1973). Bunsen coefficient for oxygen in marine oils at various temperatures determined by exponential dilution method with a polarographic oxygenelectrode. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50: 429–435.
- Kinsella, J.E. (1987). *Seafoods and fish oils in human health and disease*. M. Dekker. Inc. New York, 231-236.
- Leaf, A. & Weber, P.C. (1988). Cardiovascular Effects of n-3 Fatty Acids. *New England Journal of Medicine*, 318(9):549-557.
- Lenas, D., Chatziantoniou, S., Nathanailides, C. & Triantafyllou, D. (2011). Comparison of wild and farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) lipid quality. *Procedia Food Science*, 1: 1139-1145. DOI:10.1016/j.profoo.2011.09.170
- Liu, W., Sun, D., Li, C., Liu, Q. & Xu, J. (2006). Formation and stability of paraffin oil-in-water nano-emulsions prepared by the emulsion inversion point method. *Journal of Colloid and Interface Science*, 303(2):557-563. DOI: 10.1016/j.jcis.2006.07.055
- Llauradó, E., Albar, S.A., Giralt, M., Solà, R. & Evans, C.E.L. (2016). The effect of snacking and eating frequency on dietary quality in British adolescents. *European journal of nutrition*, 55(4): 1789-1797. DOI: 10.1007/s00394-015-0997-8
- Mason, T.G., Wilking, J.N., Meleson, K., Chang, C.B. & Graves, S.M. (2006). Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 18(41): R635.
- Meleson, K., Graves, S. & Mason, T.G. (2004). Formation of concentrated nanoemulsions by extreme shear. *Soft Materials*, 2(2-3):109-123. DOI: 10.1081/SMTS-200056102
- Myc, A., Vanhecke, T., Landers, J.J., Hamouda, T. & Baker, J.R. (2003). The fungicidal activity of novel nanoemulsion (X8W 60 PC) against clinically important yeast and filamentous fungi. *Mycopathologia*, 155(4):195-201.
- Nuernberg, K., Fischer, K., Nuernberg, G., Kuechenmeister, U., Klosowska, D. & Eliminowska-Wenda, G. (2005). Effect of dietary olive and linseed oil on lipid composition, meat quality, sensory characteristic and muscle structure in pigs. *Meat Science*, 70:63–74. DOI: 10.1016/j.meatsci.2004.12.001
- Ozden, O. & Erkan, N. (2010). Impacts of gamma radiation on nutritional components of minimal processed cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(2):265-278.

- Ozogul, Y., Durmus, M., Ucar, Y., Köşker, A.R. & Ozogul, F. (2017). The combined impact of nanoemulsion based on commercial oils and vacuum packing on the fatty acid profiles of sea bass fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6). DOI: 10.1111/jfpp.13222
- Özogul, Y., Durmus, M., Ucar, Y., Özogul, F. & Regenstein, J.M. (2016). Comparative study of nanoemulsions based on commercial oils (sunflower, canola, corn, olive, soybean, and hazelnut oils): Effect on microbial, sensory, and chemical qualities of refrigerated farmed sea bass. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 33:422-430. DOI: 10.1016/j.ifset.2015.12.018
- Özogul, Y., Özogul, F. & Alagoz, S. (2007). Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food chemistry*, 103(1): 217-223. DOI:10.1016/j.foodchem.2006.08.009
- Palmquist, D.L. (2009). Omega-3 fatty acids in metabolism, health, and nutrition and for modified animal product foods. *The Professional Animal Scientist*, 25(3): 207-249. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)30713-0
- Periago, M.J., Ayala, M.D., López-Albors, O., Abdel, I., Martinez, C., García-Alcázar, A. & Gil, F. (2005). Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, 249(1-4): 175-188. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.02.047
- Porras, M., Solans, C., Gonzalez, C. & Gutierrez, J.M. (2008). Properties of water-in-oil (W/O) nano-emulsions prepared by a low-energy emulsification method. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 324(1-3): 181-188. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2008.04.012
- Rendeiro, C., Sherif, A., Bhattacharya, T.K., Gogola, J.V., Baxter, J.H., Chen, H. & Rhodes, J.S. (2016). Long-lasting impairments in adult neurogenesis, spatial learning and memory from a standard chemotherapy regimen used to treat breast cancer. *Behavioural Brain Research*, 315: 10-22. DOI: 10.1016/j.bbr.2016.07.043
- Rossi, J. & Leroux, J.C. (2007). Principles in the development of intravenous lipid emulsions. *Role of Lipid Excipients in Modifying Oral and Parenteral Drug Delivery*. Hoboken, New Jersey: Wiley-Interscience, 88-123.
- Russel, W.B., Saville, D.A. & Schowalter, W.R. (1989). *Colloidal dispersions*. Cambridge university press.
- Saglık, S., Alpaslan, M., Gezgın, T., Çetintürk, K., Tekinay, A. & Güven, K.C. (2003). Fatty acid composition of wild and cultivated gilthead seabream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105(2): 104-107. DOI: 10.1002/ejlt.200390013
- Sakulku, U., Nuchuchua, O., Uawongyart, N., Puttipatkhachorn, S., Sootitawat, A. & Ruktanonchai, U. (2009). Characterization and mosquito repellent activity of citronella oil nanoemulsion. *International Journal of Pharmaceutics*, 372(1-2):105-111. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2008.12.029
- Shadman, S., Hosseini, S.E., Langroudi, H.E. & Shabani, S. (in press). Evaluation of the effect of a sunflower oil-based nanoemulsion with *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on the physicochemical properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during cold storage. *LWT - Food Science and Technology*. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.01.073
- Shakeel, F. & Ramadan, W. (2010). Transdermal delivery of anticancer drug caffeine from water-in-oil nanoemulsions. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 75(1): 356-362. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2009.09.010
- 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. DOI: 10.1093/ajcn/54.3.438
- Solans, C., Esquena, J., Forgari, A.M., Uson, N., Morales, D., Izquierdo, P. & Garcia-Celma, M.J. (2003). Absorption and aggregation of surfactants in solution. *Nano-emulsions: Formation, Properties and applications*. Marcel Dekker, New York, 525-554.
- Stoll, B.A. (2002). N-3 fatty acids and lipid peroxidation in breast cancer inhibition. *British Journal of Nutrition*, 87(3):193-198. DOI: 10.1079/BJN2001512
- Tadros, T., Izquierdo, P., Esquena, J., & Solans, C. (2004). Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 108:303-318.
- Talegaonkar, S., Mustafa, G., Akhter, S. & Iqbal, Z.I. (2010). Design and development of oral oil-in-water nanoemulsion formulation bearing atorvastatin: in vitro assessment. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 31(5):690-701. DOI: 10.1080/01932690903120540
- Türkkan, A.U., Cakli, S. & Kilinc, B. (2008). Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, 86(3):163-166.
- Unger, E.C., Porter, T., Culp, W., Labell, R., Matsunaga, T. & Zutshi, R. (2004). Therapeutic applications of lipid-coated microbubbles. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 56(9), 1291-1314. DOI: 10.1016/j.addr.2003.12.006
- Yazgan, H. (2013). "Effects of Nanoemulsion Based on Sunflower Oil on Sensory, Chemical and Microbiological Quality of Sea Bass (*Dicentrarchus Labrax*) and Sea Bream (*Sparus aurata*) Stored at Chilled Temperature (2±2°C) ", PhD Thesis, Department of Fisheries and Processing Technology, Institute of Natural and Applied Science, Cukurova University, 100.
- Yildiz, M., Şener, E. & Timur, M. (2008). Effects of differences in diet and seasonal changes on the fatty acid composition in fillets from farmed and wild sea bream (*Sparus aurata* L.) and sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) *International Journal of Food Science & Technology*, 43(5):853-858. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01526.x
- Zhang, H., Lu, Z., Zhang, L., Bao, Y., Zhan, X., Feng, F. & Zheng, X. (2008). Antifungal activity of a food-grade dilution-stable microemulsion against *Aspergillus niger*. *Letters in Applied Microbiology*, 47(5): 445-450. DOI: 10.1111/j.1472-765X.2008.02437.x

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

The delayed mortality of discarded sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) in trawl simulation: an experimental appraisal

Deneyisel yaklaşımla trol simülasyonunda ıskarta edilen çipurada (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) gecikmiş ölüm

Aydın Demirci^{1*} • Emrah Şimşek¹

¹ Iskenderun Technical University, Marine Sciences and Technology Faculty, Department of Marine Technologies, 31200, Iskenderun, Hatay/Turkey

* Corresponding author: aydin.demirci@iste.edu.tr

Received date: 21.02.2018

Accepted date: 04.04.2018

How to cite this paper:

Demirci, A. & Şimşek, E. (2018). The delayed mortality of discarded sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) in trawl simulation: an experimental appraisal. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 237-241. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.02

Abstract: This study aims to bring to light behavioral impairment and the delayed mortality of discards below legal catch rate in a simulated trawl operation. Behavioral impairment of 126 fish in the aftermath of trawling operation was tested in two different methods through observing their reflexes. In the first method, all the fish in the tank was compared with the control groups on account of their responds to different stimulants, while in the second method, reflex measurement was individually carried out. Reflexes from these two processes were taken as the extent of behavioral impairment and a relation with delayed mortality was established. A considerable number of fatalities among those returning to the water came about within 24 hours. There was a proportional connection between behavioral impairment and delayed mortality. However high the behavioral impairment might be, the mortality rate remained at a certain proportion. A considerable number of fish survived under confined medium in the laboratory tanks.

Keywords: Reflex, behavioral impairment, trawl simulation, discard, delayed mortality

Öz: Bu çalışmanın amacı sanal bir trol operasyonu gerçekleştirerek yasal yakalama boyunun altında olan ıskartaların davranış bozukluğu ile gecikmiş ölüm oranı arasındaki ilişkiyi açıklamaktır. Deneyisel trol çekimleri sonrasında 120 balığın davranış bozukluğu, farklı uyarıcılara karşı reflekslerin gözlemi yoluyla iki farklı metotta test edilmiştir. İlk metotta gözlem tüm balıkların farklı uyarıcılara karşı reflekslerin gözlemi toplu halde kontrol grupları ile karşılaştırılırken ikinci metotta refleks testleri bireysel olarak yapılmıştır. İki metotta da davranış bozukluğunun derecesi olarak alınan refleksler ile gecikmiş ölüm arasında bir ilişki bulunmuştur. Denize canlı dönen bireylerdeki ölümlerin önemli bir kısmı yaklaşık 24 saat sonra gerçekleşmektedir. Davranış bozukluğu ile gecikmiş ölüm arasında doğrusal ilişki bulunmuştur fakat davranış bozukluğu ne kadar yüksek olursa olsun ölüm belli bir oranda kalmaktadır. Balıkların önemli bir kısmı laboratuvar ortamındaki kısıtlanan tanklarda canlılığını sürdürmüştür.

Anahtar kelimeler: Refleks, davranış bozukluğu, trol simülasyonu, ıskarta, gecikmiş ölüm

INTRODUCTION

Sea resources for exploitable aquatic organisms are presently under heavy strain by overexploitation (Anonymous, 2002). In addition to the over use of resources, the “discards” are a case in point. Annual global amount of discards was cited by Alverson et al. in 1994, as 27 million tons while Kelleher estimated it in 2005 as 7.3 million tons.

Though referred to as unfavorable way of fishing due to its nonselective nature, trawling is still one of the most common methods across the world since it has no alternative from technical, sociological and economical aspects. Although this kind of fishing exhibits certain differences according to locality and season, it still has rather high discard ratio (Anonymous, 2002). Market conditions in traditional trawling change in discarded species and/or their discard ratios. It is rather

important to be selective for such species before taking on board without letting them into the trawl net or allow them to escape from the net if caught. Yet, in spite of efforts in this direction such discard species in remarkable amount are taken on board and disposed to sea after catch.

Delayed mortality events result from physical injure, infection, wounds due to prey-predator relation and acute physiologic stress all arising from behavioral impairment (Davis, 2002; Davis and Parker, 2004; Şimşek, 2012; Demirci et al., 2012). Although tried to be controlled with environmental conditions and distribution of species as well as with their interaction, delayed mortality factors are still not accurately understood (Davis, 2002). Studies on the impact of stress of fish are important to understand and control the ecological

impact of discard mortalities and other natural as well as human induced stresses on exploited sea ecosystem.

In order to measure the delayed mortality rate, several approaches have been employed so far (Davis, 2002, 2005, 2007, 2009). Direct method for estimation of delayed mortality is to observe discard and survival rate in tanks on the board. (Schreck et al., 1997; Saygu and Deval, 2014; Şimşek and Demirci, 2016). There exist certain deaths which remain unobserved. These deaths or mortalities can occur long time after the trawling operation and they are called delayed mortality (Chopin and Arimoto, 1995; Davis, 2002; Benoît et al., 2012; Benoît et al., 2013; Demirci et al., 2012; Şimşek, 2012; Şimşek and Demirci, 2016). An approach would be to develop the studies carried out in laboratory medium with such measurement criteria including injuries, physiology and behavioral observations will help us find out reasons for unknown deaths. In addition to being an ecologic measurement, behavioral impairment could be due to several stress resources including being discarded (Beitinger, 1990; Schreck et al., 1997; Davis and Parker, 2004).

In this study, observations were taken as basis with a view to develop methods and application for use in fisheries management for Eastern Mediterranean. Behavioral impairment in fish exposed to trawling simulation was evaluated through two different approach. In these two approaches, the fish, subjected to experimental trawl tired, were examined behavior impairment. In the first approach, individual reflex tests were performed of fish. In the second approach, the fish groups were evaluated behavior.

MATERIALS AND METHODS

Experiments were conducted at Fish Behaviour Laboratory from January to March 2012. 126 Sea bream (*Sparus aurata*) were used in this experiment was provided from a local fish farm. All of the individuals included in the study were males with an average length of 13.7 cm, ranging from 10 to 15.4 cm lengths. Length of legal catch size of sea bream is 20 cm in the fishing area in Turkey (Anonymous, 2016).

Trawling simulation system

The simulation system consist of rotating in a tank of water in the tank is 2.5 m in diameter creates two trawl bag. Rotational power is provided by a quiet and powerful electric motor. It was carried out rotation with speed control unit under control. In the study 126 fish were used for all tests and each simulating trawl hauling taken 2 hours in this system. 87 of these fish were used for total behavioral impairment of fish shoals in 7 simulating trawl hauling. 39 of these fish were used for individual behavioral impairment in 10 simulating trawl hauling.

Subjecting fish to simulated trawling operation

Tiring process: In this phase fish were subjected to simulated trawling operation so that they are tired. Trawling speed was 7 rpm and 1.8 knot.

Exposing to air: Upon hauling the trawl net from water in trawling operations, fish are left exposed to the effect of air depending on several variables including fish selecting work on board, relaying the trawl net and other time consuming variables. In this study, fish subjected to tiring process for 2 hours were all exposed to air for 5 minutes before being put in the observation tanks.

Observing total behavioral impairment of fish shoals

Shoals of fish were put into the observation tank so that they could be compared with the control group. In this observation tank, behavioral impairments occurring due to exhaustion were observed at the end of 5 min, 10 min, 20 min, 40 min, 60 min, 90 min, 120 min and 24 hours. In all the observations ranging from 5 min to 24 h, general behavioral change, and their responses to sound, sight and sense of feeling external contacts were all taken into account. The correlation between the mortality rates and reflex impairment values obtained from the 8 different times after trawling simulation.

Swimming ability: There was difference between the general condition of the control group and that of the fish tired during the trawling simulation, which can be attributed to their co-ordination in the shoal, in the other words to their behaviors resulting from their awareness of each other. A classification from 1 to 4 was based on the number of fish with different behaviors and the degree of difference. In the experiment the fish were observed on the basis of the peculiarities and the speed of their swimming and grouping (Fig. 1).

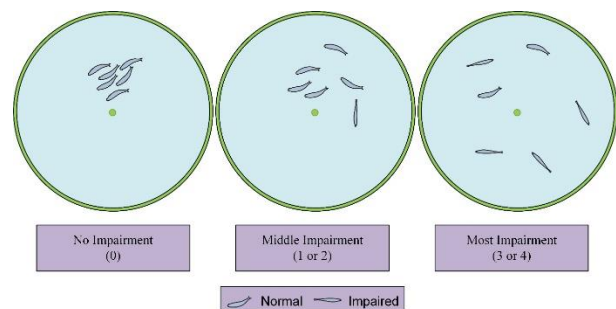


Figure 1. Monitoring tanks after trawling simulation to observe the reflex impairment (The fish exposed to trawl simulating tired were placed on the observation tank in shoals and were scored scales by following the tank from a distance according to the figure)

Sound: The sensitiveness of fish in the control group to sound was compared with that of the fish exhausted in the trawling operation. Also, the number of fish responding to an external impact on the tank was assessed both in the control and test groups.

Vision: An effort was made to identify the different responses to action made on the surface.

Touching: An easy and decisive method which leads to a conclusive assessment in the observation. If you manage to touch the fish, in other words, if it doesn't swim away but seems

to be uncaring, this denotes behavioral impairment. In the experiment, effort was made to approach the fish with a plastic stick and their reflect was evaluated.

Determining individual behavioral impairment

According to Davis (2009), the response by a fish to an external impact is an indication of the intensity resistance to increasing stress factors. The starting time of the spontaneous response to the external force is significant. Here in this study, four distinct responses were counted. The responses under question were measured with the help of a holder and a nylon probe 5 min, 30 min and 60 min after a 2 hour-trawling simulation including 5 min air exposure.

Gill movement: The movement of gills is important for the breathing of fish. Gill flaps were opened with a nylon probe of 3 mm diameter and were then closed before the reaction could be observed and recorded.

Movement of mouth: When the mouth was in closed position, it was opened with a probe and then closed. Here the adaptation of the fish's movement to gills was observed.

Eye response: One of the essential stages in individual examine was the condition of eyes after trawl tiring simulation. Here was to observe visually the change in eye diameters, which is considered to determine stress factor. That's why eye diameters were followed up after tiring process and compared with those of the control group.

Throat reflex: Throat response was observed with a probe.

General body reflex: Upon positioning the fish on the observation kit in away which would not harm it, every changing movement on the body was observed with a view to make an assessment. Unlike other tests, the fish were not subjected to an additional process, but was only observed.

Assessment of the data: All the findings were evaluated with MS Office Excel Program using arithmetical mean and simple regression.

RESULTS AND DISCUSSION

Given in Table 1 are the number of fish employed in 7 valid trawling operations as well as mortality ratio within 48 hours after hauling. The fact that most of the deaths occurred 24 hours after the hauling appears to be in parallel with similar studies (Saygu and Deval, 2014; Şimşek and Demirci, 2016).

Behavioral impairment observed are given in Table 2 according to duration after hauling. Here, score '4' means maximum disorder and '0' is means normal behavior. According to this visual index obtained from preliminary studies, a partial improvement occurs in time in behaviors and reflex of the sea bream subjected to trawling tiring and exposed to air, however, complete normalization should not be expected.

Table 1. The number and the mortality rates of samples

Number of Haul	24 hrs		48 hrs		Mortality Rate	
	Alive	Death	Alive	Death	Delayed	Acute
1	13	0	10	3	0.30	0.00
2	11	1	9	2	0.22	0.09
3	12	1	9	3	0.38	0.08
4	11	1	7	4	0.50	0.09
5	12	1	9	3	0.38	0.08
6	12	1	10	2	0.18	0.08
7	10	1	8	2	0.22	0.10

Table 2. Assessment of general reflex impairment depending on time

Duration (Minute)	Swimming	Hearing	Visual	Touch
5	4	4	4	4
10	3.75	4	3.75	4
20	3.5	4	3.5	3.75
40	3.5	4	3.25	3.75
60	3.25	3.75	3.25	3.25
90	3.25	3.25	3.25	3.25
120	3.25	3	3	3.25
24 hrs	2.75	2.75	2.75	2.75

It was evaluated according to Figure 1 by comparison with a control group as a test group; **Swimming**; there is not any intervention, only observation. **Hearing**; the responses of fish when after the tank outside shot. **Visual**; the response when any object is seen. **Touch**; the response of fish when any object is touch.

It is known that deaths following haulage occur more as delayed mortality than acute ones. This period and ratio of the delays exhibit difference according to particular species (Davis and Olla, 2002; Davis and Parker, 2004; Davis and Ottomar, 2006).

The response by a fish to stimulant is an indication for the intensity of the resistance of the fish to external stress contributing factors (Davis, 2009). Regarding any stimulating event, the starting time of the spontaneous response by the fish to this event is of importance. If the response starts in no time with the approach of the probe, we can regard this behavior as normal. Yet, if the fish does not seem to be disturbed by the probe, without showing any reflex, we say it has a behavioral impairment (Davis, 2009). Sea bream, employed in this study exhibited a rather high degree of behavioral impairment, however, 50 % of the fish exhibited improvement to the normal conditions within 48 hours. Later on these fish, kept in the tank, displayed a total improvement in four days, though this was not included in the assessment.

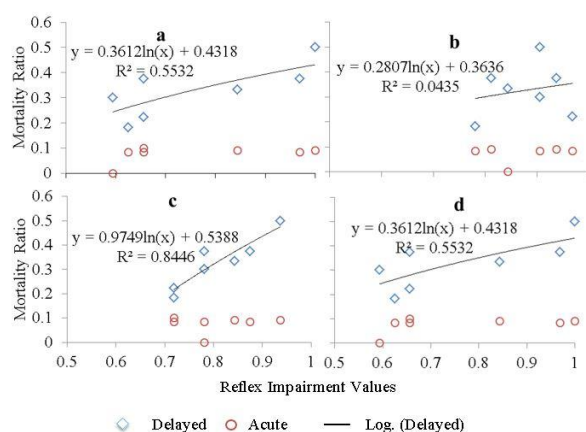


Figure 2. Correlation between mortalities and reflex impairment values (a; swimming, b; hearing, c; visual, d; touch)

Although acute mortalities occurred in all trawling simulations except in one, these mortalities were rather low in ratio. Nonetheless, there were so called delayed mortalities occurring within 24 hours following the trawling simulations. Submitted below are the values of different reflex impairments observed (Fig. 2). In figure 3 all reflex impairment values are given in general mean.

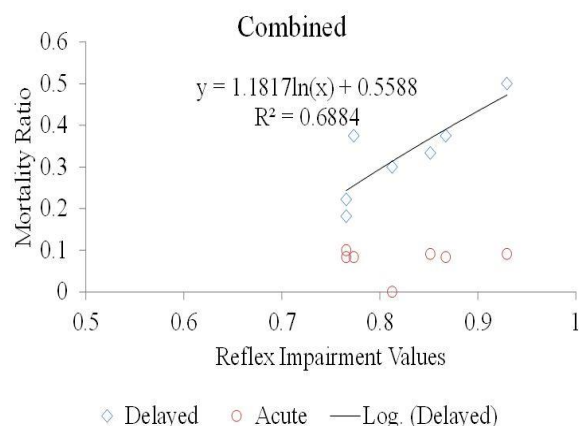


Figure 3. Correlation between mortality ratios and combined reflex impairments

According to these results, values for impaired vision and swimming reflex may be compared to mortality rates, however, in practice it is easier to identify any reflex impairment with the help of touching with a probe. On the other hand, with a fish having healthy reflex, it is not even possible to approach a fish with healthy reflex, let alone touch it. Although it was clear in practice that the fish exhibited normal reflex, findings are considered not to have displayed appropriate numerical data for use in assessment. Yet, the relation gains significance when four different observed values are used together.

The relation between the mortality rate and reflex impairment is expected to be rather different than linear one, because no matter how high is the reflex impairment, mortality rate ceases to increase at a certain point, stabilizing there. Actually, due to insufficient control of the conditions during the experiment, it is felt that distinctions between trawling simulations were inadequate. Minute daily fluctuations in water and air temperature could be put in the distinction list. It is considered that more accurate studies be planned for the sake of better control.

For all that, the presence of a particular relation means that the very method could be useable. The fact that reflex impairment values depend on personal observations leads to unwelcome results with that method. With a view to reach less unfavorable results, the higher degree of experience of the researcher plays a vital role. Moreover, it would be preferable to use statistical methods other than those numerical ones based on observations.

Table 3. Individual reflex impairment depending on time

Duration (Minute)	Number of Fish	Values for Reflex impairment				
		GBR	VR	MM	GR	TR
5	16	0.4	0.8	0.3	0.4	0.6
30	13	0.5	0.7	0.0	0.3	0.5
60	10	0.6	0.8	0.3	0.2	0.4

"Each fish's reflex was assessed individually" GBR: General Body Reflex VR: Visual Response, MM: Mouth Movement, GR: Gill Response, TR: Throat Reflex

Assessment of individual reflex impairment given in table 3 was based on that by Davis (2007; 2009). Though a partial improvement depending on time was observed with the Sea bream in this trawling simulation carried out with these variables, the time elapsing for the improvement was rather too long. To this end, 10 trawling simulation were performed in groups of six fish.

As the reflex impairment obtained from this method is more related with the very response rather than the observations the assessment is considered more accurate. On the other hand, a second intervention to each fish for individual test is regarded potential acute stressor, for each fish is to be captured in the tank so that its response can be studied out of water within approx. 30 seconds. Following this second test most of the fish died. That is why the relationship between the reflex impairment obtained here and mortality rates was not investigated.

REFERENCES

- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A. & Pope, J.G. (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards. *Fisheries Technical Paper*, 339.
- Anonymous, (2002). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome: FAO.
- Anonymous, (2016). *Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Notification of regulating commercial fishery* (Notification no: 2016/35). (In Turkish)
- Beitinger, T.L. (1990). Behavioural reactions for the assessment of stress in fishes. *Journal of Great Lakes Research*, 16, 495-528. DOI: 10.1016/S0380-1330(90)71443-8
- Benoît, H.P., Hurlbut, T., Chassé, J. & Jonsen, I.D. (2012). Estimating fishery-scale rates of discard mortality using conditional reasoning. *Fisheries Research*, 125, 318-330. DOI: 10.1016/j.fishres.2011.12.004
- Benoît, H.P., Plante, S., Kroiz, M. & Hurlbut, T. (2013). A comparative analysis of marine fish species susceptibilities to discard mortality: effects of environmental factors, individual traits, and phylogeny. *ICES Journal of Marine Science*, 70(1), 99-113. DOI: 10.1093/icesjms/fss132
- Chopin, F.S. & Arimoto, T. (1995). The condition of fish escaping from fishing gears – a review. *Fisheries Research*, 21, 315-327. DOI: 10.1016/0165-7836(94)00301-C
- Davis, M.W. & Olla, B.L. (2002). Mortality of Lingcod Towed in a Net as Related to Fish Length, Seawater Temperature, and Air Exposure: A Laboratory Bycatch Study. North American. *Journal of Fisheries Management*, 22, 1095-1104. DOI: 10.1577/1548-8675(2002)022<1095:MOLTIA>2.0.CO;2
- Davis, M.W. & Ottomar, M.L. (2006). Wounding and reflex impairment may be predictors for mortality in discarded or escaped fish. *Fisheries Research*, 82, 1-6. DOI: 10.1016/j.fishres.2006.09.004
- Davis, M.W. & Parker, S.J. (2004). Fish size and exposure to air: potential effects on behavioural impairment and mortality rates in discarded sablefish. North American. *Journal of Fisheries Management*, 24, 518-524. DOI: 10.1577/M03-030.1
- Davis, M.W. (2002). Key principles for understanding fish bycatch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59, 1834-1843. DOI: 10.1139/f02-139
- Davis, M.W. (2005). Behaviour impairment in captured and released sablefish: ecological consequences and possible substitute measures for delayed discard mortality. *Journal of Fish Biology*, 66, 254-265. DOI: 10.1111/j.0022-1112.2005.00602.x
- Davis, M.W. (2007). Simulated fishing experiments for predicting delayed mortality rates using reflex impairment in restrained fish. *Journal of Marine Science*, 64, 1535-1542.
- Davis, M.W. (2009). Fish stress and mortality can be predicted using reflex impairment. *Fish and Fisheries*, 11, 1-11. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2009.00331.x
- Demirci, A., Demirci, S. & Şimşek, E. 2012. Trol Balıkçılığında Iskartanın Yaşama İhtimali. Balıkçılık ve Akuatik Bilimler Sempozyumu Özet Kitapçığı, 61.
- Kelleher, K. (2005). Discards in the world's marine fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*, 470, 131.
- Saygu, İ. & Deval, M.C. (2014). The Post-Release Survival of Two Skate Species Discarded by Bottom Trawl Fisheries in Antalya Bay, Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 14, 1-2.
- Schreck, C.B., Olla, B.L. & Davis, M.W. (1997). Behavioural responses to stress, In *Fish Stress and Health in Aquaculture*. New York. Cambridge University Press, 145-170.
- Şimşek, E. 2012. Trol Balıkçılığında Iskartanın Yaşama İhtimali. Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. 28 pp.
- Şimşek, E. & Demirci A. 2016. Analysis of Factors Affecting Life Fate of Groupers after Fishing Operations. *Natural and Engineering Sciences*, 1(3), 40.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Abiyotik bir su ürünü olan sofr tuzunda mikroplastik kirliliği tehlikesi

Microplastic pollution threat in table salt that an abiotic sea product

Meral Yurtsever¹ 

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye
mevci@sakarya.edu.tr

Received date: 13.02.2017

Accepted date: 24.04.2018

How to cite this paper:

Yurtsever, M. (2018). Microplastic pollution threat in table salt that an abiotic sea product. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 243-249.
DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.03

Öz: Plastiklerin tabiatta parçalara ayrılması dolayısıyla da mikroplastiklerin (<5mm) oluşması doğal olarak hava, rüzgar, güneş ve su akışı etkileriyle ve/veya antropojenik etkilere gerçekleşebilir. Mikroplastik kirliliği günümüzde yeni anlaşılan bir konudur. Son zamanlarda çevrede ve sulardaki mikroplastik kirliliği konusunda yapılmış çalışmalar artsa da gıdalardaki mikroplastik kirliliği ve sağlığa etkileri açısından yapılmış pek fazla çalışma bulunmamaktadır. Yemek tuzu, basit üretim teknikleri ile deniz, göl ve kaya (kuyu) gibi doğal kaynaklardan temin edilmektedir. Abiyotik bir su ürünü olan tuz, günlük hayatta çok kullanılan ve "üç beyaz" olarak bilinen gıda maddelerinden biridir. Yapılan bu çalışmada ülkemizdeki marketlerden alınan ve temel gıda maddelerinden biri olan sofr tuzlarındaki mikroplastik kirliliği incelenmiştir. İncelemeler sonucunda yemeklik tuz içerisinde bulunan mikroplastik sayısının hiçte azımsanamayacak miktarda olduğu anlaşılmıştır. Kaya tuzlarında ortalama 28, deniz tuzlarında 56 ve göl tuzlarında 63 MP/200g tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Tuz (NaCl), mikroplastikler, antropojenik, kirlilik, gıda, Türkiye

Abstract: In the nature, the plastics are broken down to smaller pieces, producing microplastics (<5mm), through exposure to elements such as air, wind, sunlight, water, as well as due to anthropogenic effects. Microplastic pollution is a problem that we are just beginning to understand. Even though an increase in the number of studies on microplastic pollution in the environment and in water has seen some increase recently, studies focusing on microplastic pollutions in food, and their effect on health are few and far between. Table salt is obtained from natural resources such as the sea, lakes, and rocks (wells), using very simple production techniques. As an abiotic aquatic product, salt is a widely used foodstuff, constituting one leg of the so-called "three whites". The present study analyzed the level of microplastic pollution in tablesalts (food), deemed a basic foodstuff, and procured from the supermarkets in Turkey. The analyses revealed that the microplastic counts observed in table salt samples are not negligible at all. The amounts of average MP in rock salt, sea salt and lake salt were found to be 28, 56 and 63, respectively.

Keywords: Salt (NaCl), microplastics, anthropogenic, pollution, food, Turkey

GİRİŞ

Dünyadaki plastik tüketim oranı yaklaşık son 70 yıldır katlanarak artmakla beraber bilim adamları, içinde bulunduğumuz jeolojik dönem olan Antroposen dönemde "Plastik Çağ'a girildiğini" açıklamıştır (Waters vd., 2016; Zalasiewicz vd., 2016). Bunun yanı sıra plastiklerin aşırı kullanımından dolayı, uzun vadeli çökme ve fosilleşme olayları neticesinde meydana gelecek jeolojik tabakaların ciddi miktarda plastiklerden oluşacağı bildirilmektedir. Çevreye bırakılan plastiklerin, doğadaki yağışlar ve akışlar sayesinde derin okyanus yüzeylerine ve hatta diplerine kadar taşınabildiği, okyanuslardaki girdap akımlarının ortasında dev plastik çöplüğü oluşturduğu görülmüştür (Eriksen vd., 2014; Jambeck vd., 2015; Yurtsever, 2015).

Gerek mukavemeti artırmak gerekse farklı ve istenilen özellikte ürün üretmek amacıyla plastiklerde Bisfenol A (BPA), ağır metaller (Kurşun, Bakır, Kadmiyum vb. gibi), ftalatlar vb.

gibi canlılara zararlı olabilecek katkı maddelerinin kullanıldığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra plastikler lipofilik özelliktedir ve diklorodifeniltrikloretan (DDT), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), polibromlu difenil eter (PBDE), Poliklorlu bifeniller (PCB) gibi çeşitli kalıcı organik kirleticileri (POPs), organoklorlu pestisitleri ve hormon bozucuları adsorplayarak yüzeyinde taşıyabilmektedir (Mato vd., 2001; Lee vd., 2014; Bakir vd., 2012; Bakir vd., 2014; Rochman vd., 2013a).

Nüfusun yoğun olduğu ve sanayileşmiş alanlarda, en çok karasal kaynaklardan gelen plastik çöplere rastlanmaktadır (Klein vd., 2015; Duis ve Coors, 2016; Pruter, 1987; Gregory, 1991). Kanada'daki Halifax Limanında yapılan bir araştırma, limandaki toplam çöplerin % 62'sinin rekreasyon ve karasal kaynaklı kaynaklardan oluştuğunu göstermiştir (Ross vd., 1991). Özellikle kentsel yerleşimin fazla olduğu bölgelerdeki atmosferik döküntüde çok fazla mikroplastik liflere rastlandığı

bildirilmiştir (Dris vd., 2016). Mikroplastiklerin rüzgar, hava, ve akarsular vasıtasıyla doğal yollarla taşınarak çevreye ve su kaynaklarına döküldüğü, su kaynaklarında ise rüzgar, kıyı akıntıları, dalga hareketleri, mikroorganizmalar, canlılar ve gelgit olayları gibi çeşitli faktörlerle taşınımının gerçekleştiği bilinmektedir (Browne vd., 2010; Iwasaki vd., 2017; Kooi vd., 2017). Literatürde yapılan çalışmalarda atık yönetimi olmayan çok küçük nüfuslu yerleşim yerlerinin bile çok büyüğüleri kirlettiği ifade edilmiştir. Örneğin Free ve arkadaşlarının (2014), yerleşimden uzakta bulunan Moğolistan Hovsgol dağı gölünün pelajik bölgesinde yaptıkları araştırmada bile yüksek miktarda mikroplastik kirliliğine rastlamışlardır. Hatta Atlas Okyanusu ve Akdeniz' de 1176-4844 m derinlikteki yerlerden alınan 11 sediment örneği üzerinde yapılan incelemelerde de mikroplastığa rastlandığı bildirilmiştir (Van Cauwenberghe vd., 2013).

Bununla beraber mikroplastiklerin çevreye ve insan sağlığına olumsuz etkileri henüz tam anlamıyla ortaya konulamasa da bazı önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Bilim adamları son yıllarda MP kirliliği konusuna iyice odaklanmış olup; bu kirliliğin biyotaya karşı kompleks ekotoksikolojik etkilerinin ortaya çıkartılmasının gerekliliğini bildirmişlerdir (Cole vd., 2015; Huvet vd., 2016; Avio vd., 2017; Rochman vd., 2013b; Katsnelson, 2015; Oliveira vd., 2013).

İnsanlar tarafından sürekli solunması veya yutulması durumunda mikroplastikler bağışıklık sistemini indükleyerek veya güçlendirerek lokalize parçacık toksisitesi gösterebilir. Bileşen monomerlerinin, plastikteki katkı malzemelerinin ve adsorbe edilmiş çevre kirleticilerinin lokalize sızması nedeniyle kimyasal toksite meydana gelebilir. (Wright ve Kelly, 2017). Mikroplastiklere kronik maruziyet, zamanla oluşabilecek birikim etkisinden dolayı daha büyük endişe kaynağı olarak öngörülmektedir.

Mikroplastiklerin insanların çoğunlukla tükettiği gıdalarda bulunup bulunmadığı konusunda da yeni yeni araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Literatürdeki iki yeni çalışmada farklı marka sofr tuzları MP kirliliği açısından incelenmiştir (Yang vd., 2015; Karami vd., 2017). Tuz (NaCl), günlük hayatta beslenmede çok kullanılan ve aşırıya kaçıldığında sağlık açısından oldukça fazla zararları olan "üç beyaz" (Un, Tuz, Şeker) olarak bilinen temel gıda maddesinden biridir. Basit bir kimyasal bileşik olan Sodyum Klorür diğer adıyla Sofra tuzu, basit tekniklerle denizlerden, göllerden ve kayalardan (kuyu) temin edilmektedir. Genelde su kaynaklarından tuz üretimi, sıg havuzcularda herhangi bir kimyasal katkı veya ısı işlem olmadan, güneş ve rüzgar gibi doğal etkilere buharlaştırma ile kristalleştirme şeklinde gerçekleştirilmektedir. Tuz, gıdaların uzun süre bozulmadan kalmasını sağlamak için de kullanılan önemli bir "koruyucu madde"dir. Bunlara ilaveten tuz; kimya, cam, kâğıt, kauçuk ve tekstil sanayinde, dericilikte, hayvan besiciliğinde, su yumuşatma sistemlerinde ve yollarda buzlanmayı çözmek amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yang ve arkadaşlarının (2015) Çin'de sofr tuzlarındaki

mikroplastik varlığının araştırılması kapsamındaki çalışmalarda incelenen tuzlar; deniz tuzu, göl tuzu ve 100m derinliğindeki kuyulardan elde edilen kaya tuzlarıdır. 15 farklı marka tuzda yaptıkları incelemelerde deniz tuzlarında 550-681 adet MP/ kg, göl tuzlarında 43-364 adet MP/ kg ve kaya/kuyu tuzlarında 7-204 adet MP/ kg farklı maddeye rastlamışlardır. İncelemeler sonucunda, deniz tuzundaki mikroplastik konsantrasyonunun, göl tuzundakinden üç kat, kaya tuzundakinden de yedi kat daha fazla olduğu görülmüştür. Bunun sebebi de göl tuzu kaynağının şehre uzak (nüfus:12 kişi/m²) dağılları, deniz tuzu kaynağının ise şehre (nüfus:559 kişi/m²) yakın olmasıdır. 100 m derinlikteki kapalı ortamdaki kuyulardan alınan kaya tuzlarının en az etkilendiğini düşünülürse, şehirleşmiş bölgelerde mikroplastik kirliliği seviyesinin yüksek olacağı daha net anlaşılabacaktır (Yang vd., 2015). Karami ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise, dünyanın farklı ülkelerine ait (Avustralya, Fransa, İran, Japonya, Malezya, Yeni Zelanda, Portekiz ve Güney Afrika) toplam 17 farklı marka sofr tuzu (deniz ve göl tuzları) Malezya pazarından satın alınarak mikroplastik kirliliği açısından incelenmiş ve bir marka hariç diğer hepsinde 1-10 adetMP/kg arasında mikroplastik tespit etmişlerdir (Karami vd., 2017).

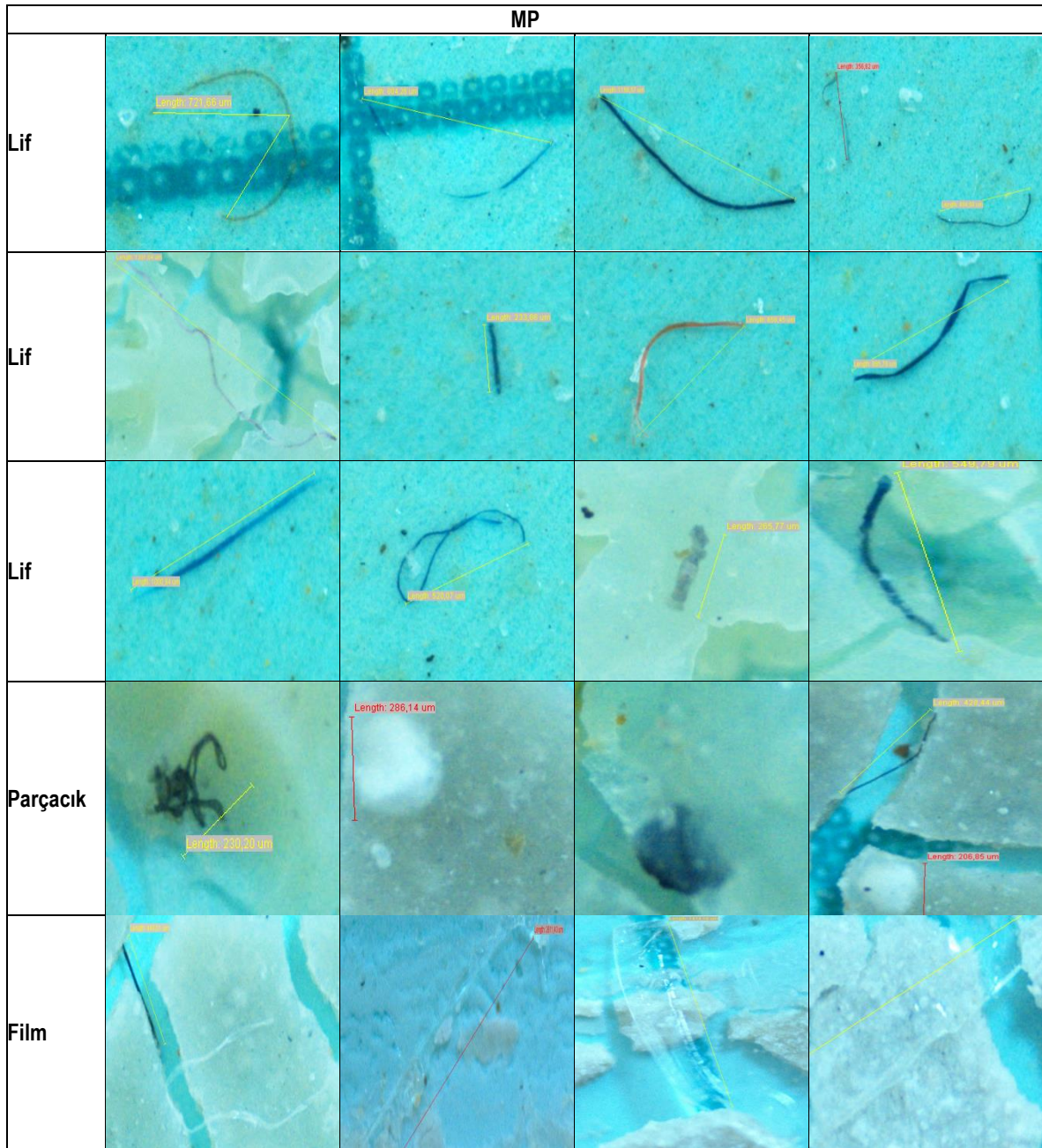
Bu çalışmadaki amaç; ülkemizde ticari olarak satılan ve marketlerden kolaylıkla temin edilebilen farklı marka sofr tuzlarındaki mikroplastik varlığını incelemek ve bu kirliliğin boyutlarını ortaya koyabilmektir. Böylelikle ülkemizde beslenme, gıda ve sağlık alanında şimdiye kadar pek önemsenmeyen mikroplastik kirliliği hakkında farkındalık oluşturabilmektir.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Sakarya ilindeki marketlerden alınan 10 farklı markaya ait deniz, göl ve kaya tuzları incelenmiştir. Alınan tuzların çoğunluğu yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) polimerinden yapılmış ambalajlar içerisinde. 1 litrelik bir ayırma hunisine 200 g tartılarak alınan tuz numunesinin üzerine ultrasafsu (100 mL) eklenerek karıştırılmıştır. Daha sonra organik safsızlıkların giderilmesi amacıyla üzerine 100 mL %35 H₂O₂ eklenmiş ve yavaşça karıştırılmıştır. Numunelerin ağızları kapatılarak oda sıcaklığında bir çalkalayıcıda bir gün süreyle çalkalanmıştır. Daha sonra üzerine 10 g NaI (3.67 g.cm⁻³) eklenip karıştırılarak çözülmüş ve ultrasafsu ile hacim 1 L'ye tamamlanmıştır. 3 dakika şiddetli karıştırıldıktan sonra tekrar 1 gün boyunca çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Daha sonra supernatant kısmı, vakum düzeneğinde 0.45 µm' lik filtre kağıdından geçirilerek süzölmüştür. Filtreler hemen bir petri kabına alınarak üzeri kapatılmış ve oda sıcaklığında 4 saat bekletilerek kurutulmuştur. Böylece numuneler mikroskop altında MP inceleme ve sınıflandırma işlemleri için hazır hale getirilmiştir. Deneyler her numune için 3 tekrarlı olacak şekilde yapılmıştır. Deneyler sırasında tüm yüzeyler temiz ve lif bırakmayan alkollü bez ile silinmiştir. Ortamdan ve havadan herhangi bir MP kontaminasyonu olup olmadığını anlamak üzere aynı işlemler sırasında boş bir filtre de konularak üzerindeki MP varlığı da incelenmiştir. Numunelerdeki MP' ler kameralı (Olympus DP20) ışık mikroskobu (Olympus BX31) ile incelenmiş ve mikroskop görüntüleri (4x magnification)

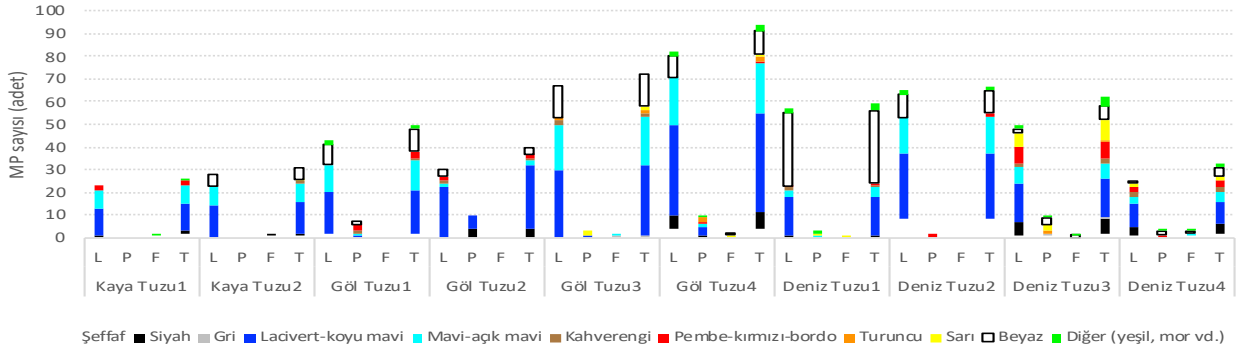
alınmıştır. Rastlanan mikroplastikler; renklerine, şekillerine ve boyutlarına göre kategorize edilerek sayılmıştır. Mikroskop incelemelerinden sonra rastlanan MP'lerin polimer türünü anlayabilmek amacıyla micro-ATR-FT-IR Spektrometre (micro-Attenuated Total Reflection/Fourier Transform Infrared Spectroscopy) cihazı ile kimyasal yapı incelemesi yapılmıştır. FT-IR incelemeleri; filtre kağıdı üzerindeki parçacıkların mikroskop incelemelerinde plastik olarak belirlenenlerin kimyasal yapısını tayin amacıyla yapılmıştır. İncelemelerde Bruker marka (Opus 7.5, Lumos, Germany) micro-ATR-FT-IR Spektrometre cihazı kullanılmıştır.

Tuz numuneleri, mikroplastik kirliliği açısından incelenerek mikroskop ile şekillerine, renklerine veya büyüklüklerine göre bir sınıflandırma yapılmıştır. Ayrıca bu mikroplastiklerin hangi tür plastikten olduğunu anlamak amacıyla FT-IR ile kimyasal karakterizasyon tayini gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'deki görüntülere bakıldığında incelenen tuz numunelerinde farklı safsızlıkların bulunduğu görülmektedir. Görüntülerden de anlaşıldığı üzere, tuzların içerisinde farklı büyüklüklerde mikroplastikler bulunmaktadır. Çoğunlukla lifler göze çarpmaktadır ve bunun yanı sıra parçacık ve film tipinde mikroplastiklere de rastlanmıştır.



Şekil 1. Sofra tuzlarında rastlanan mikroplastiklere ait bazı görüntüler
Figure 1. Some images of microplastics found in table salts

BULGULAR



Şekil 2.MP miktarı
Figure 2. Amount of MPs

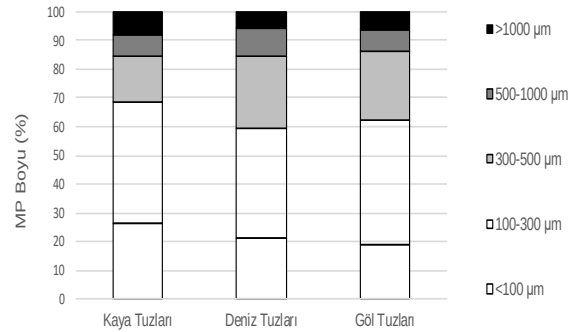
Tuz numuneleri mikroskop altında detaylıca incelenerek rastlanan mikroplastikler sayılmış ve renk ve şekillerine göre elde edilen ortalama değerler Şekil 2' de gösterilmiştir. Tespit edilen mikroplastikler; mikrolif (L), parçacık (P), film (F) ve toplam (T) olarak gösterilmiştir

Şekil 2' den anlaşıldığı üzere tuz numunelerinde en fazla miktarda lif şeklinde ve mavi renk tonlarında mikroplastığe rastlanmıştır. Tüm tuz incelemelerinden elde edilen MP sonuçlarına göre genel bir değerlendirme yapıldığında kaya, deniz ve göl tuzlarında (200g) rastlanan MP sayısı ortalama olarak sırasıyla; 28, 56 ve 63 adet olarak belirlenmiştir.

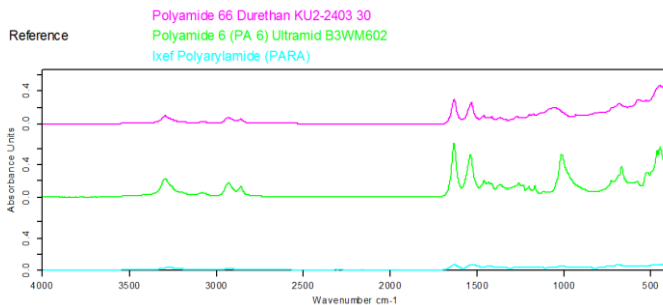
Havadan herhangi bir mikroplastik kontaminasyonu olup olmadığını anlamak üzere bir kontrol (blank) üzerinde yapılan işlemlerde filtreler üzerinde en az sıfır (0), en fazla da 8 adet mikroplastığe rastlanmıştır. Bunların çoğu mikroliflerdir. İncelenen numunelerde rastlanan mikroplastiklerin çoğunlukla 300 µm civarı boyutta olduğu görülmektedir (Şekil 3). Bunun yanı sıra tuzlarda 1 mm boyutundan daha büyük lifler de azımsanamayacak ölçüde mevcuttur.

MicroATR-FT-IR analiz sonuçlarına göre ağırlıklı olarak polyamid (polyamide (PA) 66 Durethan (Nylon 6.6)) polimer türevlerine rastlanmıştır (Şekil 4). ATR-FT-IR ile yapılan analizlerde küçük boyuttaki sentetik polimer liflerin yapısı çok

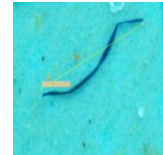
net olarak tayin edilememektedir. Bundan dolayı, sonuçlara yansımada da numunelerde rastlanan 50 µm' nin altı ve nano boyuttaki parçacıklar da plastik polimer kaynaklı olabilir. İncelemelerde en çok rastlanan PA 66 polimerinin ATR-FT-IR analizine ait bir sonuç örnek olarak aşağıdaki Şekil 4' te gösterilmiştir. FT-IR analizleriyle elde edilen sonuçlarda, maddelerin tamamının sentetik polimer olmadığı tespit edilse de, mikroplastiklerin çoğunluğunun küçük lif formunda bulunmasından dolayı bununla ilgili net bir oran belirlenememiştir. Çalışmada 20 µm' den küçük olanlar dikkate alınamamıştır



Şekil 3. MP uzunlukları
Figure 3. MP sizes



Şekil 4. microATR-FT-IR analiz sonucu
Figure 4. Result of microATR-FT-IR analysis



(%95) Polyamide 66
PA 66 Durethan (Nylon 6.6)

TARTIŞMA

Yapılan bazı çalışmalarda plastiklerin yoğunluğuna bağlı olarak; deniz-okyanus yüzeyinde, su kolonu boyunca, deniz tabanında ve sedimentlerde mikroplastiklerin (MP) varlığı gösterilmiştir (Van Cauwenberghe vd., 2013; Claessens vd., 2013; Maes vd., 2017). Dünyada, Çevresel Koruma kapsamındaki bölgelerin bile sürekli bir plastik kirliliğine maruz kaldığı ve bunun engellenemediği bildirilmiştir (Baztan vd., 2014). Durumdan da anlaşılacağı gibi ufulanarak oldukça küçük boyutlara ulaşabilen plastikler çevresel ve antropojenik olaylarla her yere taşınabilmekte ve; okyanuslarda, denizlerde, göl, akarsu gibi doğal su kaynaklarında (Storck vd., 2015), atıksularda ve hatta arıtılmış sularda bile büyük oranda mikroplastığa rastlanabilmektedir (Lee vd., 2002; Webb vd., 2012; Eich vd., 2015; Depledge vd., 2013; Jambeck vd., 2015).

Mikroplastikler suda, havada rahatlıkla dolaşabildiklerinden dolayı çeşitli ürünlerin üretim proseslerinden veya havadan ürünlere girmeleri muhtemeldir. Basit bir laboratuvar incelemesi sırasında bile inceleme süresi uzadığında ve ortam kalabalıklaştığında önemli sayıda mikroplastığın havadan çökelerek inceleme yapılan kaba girebildiği göz önünde bulundurulursa, uzun süreler boyu doğal süreçlere açık bekleyen gıda ya da malzemelere suların, havadan, çevreden mikroplastiklerin taşınacağı daha iyi anlaşılabilir. Bu sebeple, gıda malzemesi üretim süreçlerinde hijyen ve sanitasyonun sağlanmasında çok dikkatli olunmalı ve gerekli tedbirler alınmalıdır. Gıda üreticilerine bu konuda büyük sorumluluk düşmektedir. Buna ilaveten, laboratuvarında yapılan mikroplastik çalışmalarının da; mümkün olduğunca laminar kabinde yapılması, bunun mümkün olmadığı durumlarda inceleme sırasında mikroskopların etrafının şeffaf bir örtü ile örtülmesi ve numune ağzının iyice kapatılması gibi tedbirler, sonuçlarda pozitif hataya sebebiyet vermemek açısından iyi olacaktır.

Tuz elde etme yöntemlerinin en yaygın olanı tuzla denilen göletlerde tuzlu suyun buharlaştırılmasıdır. Bu yol ile elde edilen tuzlarda mikroplastikler gibi havadan, su yollarından ve deşarjlardan gelebilecek safsızlıklar olabilir. Bu açıdan değerlendirildiğinde sürekli plastik kullanımının, denizlerden ve göllerden temin edilen tuzlarda ciddi bir mikroplastik kirliliği oluşturacağı tahmin edilebilir. Türkiye’de tuz üretiminin %28’i İzmir-Çamaltı’nda deniz suyundan, %64’ ü Tuz Gölü, Seyfe Gölü ve Palas Gölü’nden, kalanı da kaya tuzu yataklarından yapılmaktadır. Türkiye’de önemli kaya tuzu yatakları Çankırı, Nevşehir-Gölşehir ve Yozgat-Sekili’de bulunmaktadır (MTA, 2017). Bu durumda ülkemizdeki tuz üretiminde göl tuzlarının oranının çok büyük olduğu da dikkate alındığında, ülkede tuz ihtiyacının yarısından fazlasını karşılayan göllerimizin büyük bir plastik kirliliği ile karşı karşıya olduğu görülecektir. Özellikle, Özel Çevre Koruma bölgesi kapsamında olan Tuz Gölü’nün de ne yazık ki bu kirlilikten nasibini almış olduğu anlaşılmaktadır.

Tuzlarda en fazla lif formuna rastlanmasının sebebi sentetik tekstil ürünlerinin ülkemizde yaygın şekilde kullanılması olabilir. Ayrıca en fazla tüketilen tuz, Tuz gölünden sağlandığından ve Tuz Gölü yıllarca çevre illerden gelen kanalizasyon

deşarjlarıyla beslendiğinden (Karataş, 2006; Uçan ve Dursun, 2009) dolayı, atıksularda ciddi bir problem olan sentetik lifler bu deşarjlarla taşınarak göl tuzlarına girmiş olabilir. Ayrıca bu sonuçlar; çok iyi bir rekreasyonel ve turistik potansiyele sahip olan bu deniz ve göl kıyılarımızın, insanların yapmış olduğu çeşitli antropojenik aktivitelerin olumsuz neticelerine maruz kalan açık sistemler olduğunun da ispatıdır.

Günümüzde mikroplastik inceleme konusunda halen tam bir standart metot ve protokol bulunmasa da yapılan çalışmalarda tatlı-tuzlu su kaynaklarında, sedimentlerde, atıksularda, arıtma çamurlarında ve gıdalarda mikroplastiklerin ciddi miktarlarda bulunabileceği bildirilmektedir. Kaya, deniz ve göl tuzlarında yaptığımız çalışmada; göl tuzlarının çok fazla mikroplastik kirliliği içerdiği, rastlanan mikroplastiklerin çoğunlukla liflerden oluştuğu ve polyamid türü polimerin en fazla bulunduğu belirlenmiştir. Ülkemizdeki sofraya tuzlarındaki mikroplastik kirliliği konusunda yapılan diğer yeni bir çalışmada ise; deniz tuzlarında 16-84 adet/kg, göl tuzlarında 8-102 adet/kg ve kaya tuzlarında 9-16 adet/kg mikroplastik tespit edilmiştir (Gündoğdu, 2018). Göl tuzlarının mikroplastik kirliliğinin fazla olduğu, en fazla mikrolif formundaki mikroplastiklerin ve polietilen ve polipropilen türü polimerin bulunduğu tespit edilmiştir. İki çalışmadaki sonuçlar belli oranda uyumlu olsa da, mikroplastik incelemelerinde elde edilecek sonuçların; incelemede kullanılan farklı ayırma metodu, kimyasal madde, cihaz ve spektroskopik metotlara göre değişebildiği buradan da anlaşılmaktadır. Ayrıca incelenen tuz markalarının farklı olması vb. gibi ihtimaller de olasıdır.

Mikroplastiklerin, insan tüketimine sunulan yiyeceklerde (tuz, midye, karides, balık gibi su ürünleri ve şeker, bal), bira, soda gibi içeceklerde (Oliveira vd., 2013; Liebezeit ve Liebezeit, 2013; Liebezeit ve Liebezeit, 2014) ve iç-dış ortam havasında (Dris vd., 2016) mevcudiyeti bilinmektedir. Bu sebeple beslenme ve solunum (inhalasyon) yoluyla mikroplastiklere maruz kalabildiğimiz açıkça görülmektedir, fakat bunun insan sağlığı üzerindeki etkileri henüz bilinmemektedir. Mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri esas konu olmasına rağmen, mevcut alanlardaki tamamlamayı çalışmaları mikroplastiklerin olası parçacık, kimyasal ve mikrobiyal tehlikelerine işaret etmektedir (Wright ve Kelly, 2017).

Mikroplastiklerin içeriğinde zehirli bileşikler bulunabilmesi, çeşitli toksik kirleticileri adsorplayarak canlılara taşıyıcı bir araç gibi rol oynaması ve her an her yerde bulunabilme gibi özelliklerinden dolayı çevrede oluşturduğu tehdit endişe verici boyuta ulaşmıştır. Doğal tatlı ve tuzlu su kaynaklarında, havada ve toprakta aşırı miktarda rastlanan mikroplastik kirliliği çevre, biyota, gıda ve sağlık açısından büyük bir problem olarak dikkate alınmalıdır.

Güncel çalışmalar, mikroplastiklerin insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini bilimsel olarak disiplinler arası ortamda tartışmanın ve bunun gelecekteki araştırmalar için

öncelikli alanlar kapsamına alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

SONUÇ

Marketlerde satılan farklı markalara ait sofrta tuzlarında yapılan incelemeler sonucunda mikroplastiklerin kaya tuzlarında ortalama 28, deniz tuzlarında 56 ve göl tuzlarında 63 MP/200g olduğu ve çoğunlukla 300 µm boyutta ve mavi renk tonlarında liflerin bulunduğu tespit edilmiştir.

Mikroplastiklerin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri henüz tam olarak anlaşılmamış da yaşamımız boyunca

mikroplastiklere maruz kaldığımız açıktır. Sıradaki soru; su ürünleri veya diğer tüm gıdalarla birlikte günlük ne kadar mikroplastik alıyoruz ve her nefes alışverişimizde havadan ne kadar mikroplastik soluyoruz, olmalıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Koordinatörlüğü BAP 2016-01-12-001 ve nolu ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 115Y303 nolu projeler kapsamında desteklenmiştir. Yapılan tüm destekler için teşekkürü bir borç biliriz.

KAYNAKÇA

- Avio, C.G., Gorb, S. & Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, 128, 2-11. DOI: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012
- Bakir, A., Rowland, S.J. & Thompson, R.C. (2012). Competitive sorption of persistent organic pollutants onto microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 64, 2782-2789. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2012.09.010
- Bakir, A., Rowland, S.J. & Thompson, R.C. (2014). Transport of persistent organic pollutants by microplastics in estuarine conditions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 140, 14-21. DOI: 10.1016/j.ecss.2014.01.004
- Baztan, J., Carrasco, A., Chouinard, O., Cleaud, M., Gabaldon, J.E., Huck, T. & Vanderlinden, J. P. (2014). Protected areas in the Atlantic facing the hazards of micro-plastic pollution: first diagnosis of three islands in the Canary Current. *Marine pollution bulletin*, 80(1), 302-311. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.12.052
- Browne, M.A., Galloway, T.S. & Thompson, R.C. (2010). Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. *Environmental Science & Technology*, 44(9), 3404-3409. DOI: 10.1021/es903784e
- Claessens, M., Van Cauwenbergh, L., Vandegehuchte, M.B. & Janssen, C. R. (2013). New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1), 227-233. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2013.03.009
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. & Galloway, T.S. (2015). The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science & Technology*, 49(2), 1130-1137. DOI: 10.1021/es504525u
- Depledge, M.H., Galgani, F., Panti, C., Caliani, I., Casini, S. & Fossi, M.C. (2013). Plastic litter in the sea. *Marine Environmental Research*, 92, 279-281. DOI: 10.1016/j.marenvres.2013.10.002
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C. & Tassin, B. (2016). Synthetic fibers in atmospheric fallout: A source of microplastics in the environment?. *Marine Pollution Bulletin*, 104(1), 290-293. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2016.01.006
- Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 2. DOI: 10.1186/s12302-015-0069-y
- Eich, A., Mildenberger, T., Laforsch, C. & Weber, M. (2015). Biofilm and Diatom Succession on Polyethylene (PE) and Biodegradable Plastic Bags in Two Marine Habitats: Early Signs of Degradation in the Pelagic and Benthic Zone? *PloS One*, 10(9): e0137201. DOI: 10.1371/journal.pone.0137201
- Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borro, J.C. & Reisser, J. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS One*, 9(12), e111913. DOI: 10.1371/journal.pone.0111913
- Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A., Eriksen, M., Williamson, N.J. & Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. *Marine Pollution Bulletin*, 85(1), 156-163. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.06.001
- Gregory, M.R. (1991). The hazards of persistent marine pollution: drift plastics and conservation islands. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 21, 83-100. DOI: 10.1080/03036758.1991.10431398
- Gündoğdu, S. (2018). Contamination of table salts from Turkey with microplastics. *Food Additives & Contaminants: Part A*, (just-accepted).
- Huvet, A., Paul-Pont, I., Fabioux, C., Lambert, C., Suquet, M., Thomas, Y., & Sussarellu, R. (2016). Reply to Lenz et al.: Quantifying the smallest microplastics is the challenge for a comprehensive view of their environmental impacts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 201607221.
- Iwasaki, S., Isobe, A., Kako, S.I., Uchida, K. & Tokai, T. (2017). Fate of microplastics and mesoplastics carried by surface currents and wind waves: A numerical model approach in the Sea of Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 121(1-2), 85-96. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2017.05.057
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A. & Law, K.L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768-771. DOI: 10.1126/science.1260352
- Karami, A., Golieskardi, A., Choo, C.K., Larat, V., Galloway, T.S. & Salamatinia, B. (2017). The presence of microplastics in commercial salts from different countries. *Scientific Reports*, 7, 46173. DOI: 10.1038/srep46173
- Karataş, E. (2006). Aksaray ili atık sularının Tuz gölü üzerindeki kirliliği etkilerinin incelenmesi, YL Tez, Niğde Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Katsnelson, A. (2015). News Feature: Microplastics present pollution puzzle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(18), 5547-5549. DOI: 10.1073/pnas.1504135112
- Klein, S., Worch, E. & Knepper, T.P. (2015). Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-Main area in Germany. *Environmental Science & Technology*, 49(10), 6070-6076. DOI: 10.1021/acs.est.5b00492
- Kooi, M., Nes, E.H.V., Scheffer, M. & Koelmans, A.A. (2017). Ups and downs in the ocean: effects of biofouling on vertical transport of microplastics. *Environmental Science & Technology*, 51(14): 7963-7971. DOI: 10.1021/acs.est.6b04702
- Lee, H., Shim, W.J. & Kwon, J.H. (2014). Sorption capacity of plastic debris for hydrophobic organic chemicals. *Science of the Total Environment*, 470, 1545-1552. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.08.023
- Lee, K.H., Noh, N.S., Shin, D.H. & Seo, Y. (2002). Comparison of plastic types for catalytic degradation of waste plastics into liquid product with spent FCC catalyst. *Polymer Degradation and Stability*, 78(3), 539-544. DOI: 10.1016/S0141-3910(02)00227-6
- Liebezeit, G. & Liebezeit, E. (2013). Non-pollen particulates in honey and sugar. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 30(12), 2136-2140. DOI: 10.1080/19440049.2013.843025

- Liebezeit, G. & Liebezeit, E. (2014). Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 31(9), 1574-1578. DOI: 10.1080/19440049.2014.945099
- Maes, T., Van der Meulen, M.D., Devriese, L.L., Leslie, H.A., Huvet, A., Frère, L. & Vethaak, D.A. (2017). Microplastics baseline surveys at the water surface and in sediments of the North-East Atlantic. *Frontiers in Marine Science*, 4(135), 1-13. DOI: 10.3389/fmars.2017.00135
- Mato, Y., Isobe, T., Takada, H., Kanehiro, H., Ohtake, C. & Kaminuma, T. (2001). Plastic resin pellets as a transport medium for toxic chemicals in the marine environment. *Environmental Science & Technology*, 35(2), 318-324. DOI: 10.1021/es0010498
- MTA (2017) Maden, Tetkik ve Arama Enstitüsü. <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kaya-tuzu> (27.12.2017)
- Oliveira, M., Ribeiro, A., Hylland, K. & Guilhermino, L. (2013). Single and combined effects of microplastics and pyrene on juveniles (0+ group) of the common goby *Pomatoschistus microps* (Teleostei, Gobiidae). *Ecological Indicators*, 34, 641-647. DOI: 10.1016/j.ecolind.2013.06.019
- Pruter, A.T. (1987). Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18, 305-310. DOI: 10.1016/S0025-326X(87)80016-4
- Rochman, C.M., Manzano, C., Hentschel, B.T., Simonich, S.L.M. & Hoh, E. (2013a). Polystyrene plastic: a source and sink for polycyclic aromatic hydrocarbons in the marine environment. *Environmental Science & Technology*, 47 (24), 13976-13984. DOI: 10.1021/es403605f
- Rochman, C.M., Browne, M.A., Halpern, B.S., Hentschel, B.T., Hoh, E., Karapanagioti, H.K. & Thompson, R.C. (2013b). Policy: Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494(7436), 169-171. DOI: 10.1038/494169a
- Ross, S.S., Parker, R. & Strickland, M. (1991). A survey of shoreline litter in Halifax Harbour 1989. *Marine Pollution Bulletin*, 22, 245-248. DOI: 10.1016/0025-326X(91)90919-J
- Storck, F.R., Kools, S.A. & Rinck-Pfeiffer, S. (2015). Microplastics in fresh water resources. Global Water Research Coalition, Stirling, South Australia, Australia.
- Uçan, H.N. & Dursun, S., (2009). Environmental Problems of Tuz Lake(Konya-Turkey). *Journal of International Environmental Application & Science*, 4(2), 231-233.
- Van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J. & Janssen, C.R. (2013). Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182, 495-499. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.08.013
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Galuszka, A., Cearreta, A., Edgeworth, M., Ellis, E.C., Ellis, M., Jeandel, C., Leinfelder, R., McNeill, J.R., deB Richter, D., Steffen, W., Syvitski, J., Vidas, D., Waprich, M., An, Z., Grinevald, J., Odada, E., Oreskes, N. & Wolfe A.P. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351(6269), aad2622. DOI: 10.1126/science.aad2622
- Webb, H.K., Arnott, J., Crawford, R.J. & Ivanova, E.P. (2012). Plastic degradation and its environmental implications with special reference to poly (ethylene terephthalate). *Polymers*, 5(1), 1-18. DOI: 10.3390/polym5010001
- Wright, S.L. & Kelly, F.J. (2017). Plastic and human health: a micro issue?. *Environmental science & technology*, 51(12), 6634-6647. DOI: 10.1021/acs.est.7b00423
- Yang, D., Shi, H., Li, L., Li, J., Jabeen, K. & Kollandhasamy, P. (2015). Microplastic pollution in table salts from China. *Environmental Science & Technology*, 49(22), 13622-13627. DOI: 10.1021/acs.est.5b03163
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastikler'e Genel Bir Bakış, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi*, (17), 50, 68-83.
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., do Sul, J.A.I., Corcoran, P.L., Barnosky, A.D., Cearreta, A. & McNeill, J.R. (2016). The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, 13: 4-17. DOI: 10.1016/j.ancene.2016.01.002

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Av kompozisyonundaki değişimin av araçlarının yapısal özelliklerine yansımaları; Gökova Körfezi örneği

Reflection of changed catch composition on characteristics of fishing gear; Gökova Bay case study

Celalettin Aydın^{1*} • M. Hakan Kaykaç¹ • Zafer Tosunoğlu¹

¹ Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir, Türkiye

* Corresponding author: caydina@gmail.com

Received date: 13.02.2018

Accepted date: 30.04.2018

How to cite this paper:

Aydın, C., Kaykaç, M.H. & Tosunoğlu, Z. (2018). Reflection of changed catch composition on characteristics of fishing gear; Gökova Bay case study. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 251-260. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.04

Öz: Çalışmada, değişen av kompozisyonunun Gökova körfezinde kullanılan küçük ölçekli av araçlarının özelliklerine yansımaları araştırılmıştır. Bu amaçla Akyaka, Akçapınar ve Akbük kooperatifleri üyelerince kullanılan ağların teknik özellikleri tanımlanmıştır. Balıkçılık takımlarının teknik çizimlerinde FAO standardizasyonu dikkate alınmıştır. Av araçlarındaki değişim, aynı bölgede daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırılarak ortaya konmaya çalışılmıştır. Bölgede toplam 11 (5'i galsama 5'i fanyalı ve 1 adedi de kombine) adet farklı uzatma ağı kullanılmaktadır. Ayrıca ince, orta ve kalın olarak adlandırılan 3 farklı parakat takımı tanımlanmıştır. En büyük değişimin galsama ağlarında olduğu tespit edilmiştir. 2005 yılı öncesi, palamut, barbunya ve sardalye galsama ağı olmak üzere üç farklı ağ tanımlanırken, günümüzde barbunya, traça, yem balığı ve palamut galsama ağı olarak beş farklı tipte ağ tanımlanmıştır. Fanyalı uzatma ağlarında ise karides ve bilidyeye ağı artık kullanılmamaktadır. 2005 yılı öncesi ve sonrasında kullanılan sade ve fanyalı ağların hedef türlerinde ve teknik yapılarında (donam faktörü, uzunluk, yükseklik) farklılıklar bulunmuştur. Farklılıkların muhtemel sebebi bölgeye lesepseyen ve istilacı türlerin yerleşmesi ve bunların ekonomik olarak yararlanmaya başlanmasıdır. Av kompozisyonunun değiştiği bu tür alanlarda, benzer çalışmaların belirli dönemlerde tekrarlanarak balıkçılığın daha iyi yönetilmesine katkı sunacaktır.

Anahtar kelimeler: Küçük ölçekli balıkçılık, av kompozisyonu, Gökova Körfezi

Abstract: In this study, it was investigated that changed catch composition reflected on characteristics of small scale fishing gear in Gökova Bay. For this purpose technical characteristic of fishing gears, used in cooperative members of Akyaka, Akçapınar and Akbük, were identified. FAO standardizations were taken into consideration when technical drawing of fishing gear. The changes in fishing gears have been presented to be compared with the previous studies in the same region. In total 11 different nets, 5 gillnet, 5 trammel net and combine (gill+trammel net), were identified in the Gökova bay. In addition, 3 different longline called thin, middle and thick were presented. The most important changes were found in gillnets. While three type of gillnets, red mullet, Atlantic bonito and sardine were used before 2005, five different gillnets, red mullet, pink dentex, yem balığı, air species, Atlantic bonito were identified. For trammel nets, shrimp and bilidyeye nettings are no longer used. There are some differences on technical structures (hanging ratio, length, height, etc.) of both gill and trammel nets used before and after 2005. Possible reason for these differences in inhabiting of lesepseyen and invasive species and to begin to exploit them commercially. In such areas where catch composition changes, similar studies will be repeated at certain times to contribute to better management of fisheries.

Keywords: Small scale fisheries, catch composition, Gökova Bay

GİRİŞ

Güney Ege'de yer alan Gökova Körfezi, Türkiye'nin önemli balıkçılık sahalarından biridir. 10 Temmuz 2010 tarihli ve 27637 Sayılı Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren 2/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ ile Gökova Körfezinde toplam 24 km²'lik altı alan (Akbük Limanı, Akyaka, Çamlı Limanı, Boncuk Koyu, İngiliz Limanı (Değirmen Bükü) ve Bördübet Limanı) deniz koruma alanı ilan edilerek her türlü su ürünleri avcılığı yasaklanmıştır (Anonim, 2018). Gökova Körfezinin önemli bir kısmında trol ve gırgır avcılığının yasak olması nedeniyle küçük ölçekli balıkçılık hakimdir (Ünal ve Erdem, 2009a; Ayaz vd., 2010). Genellikle

uzatma ağları, paraketa ve oltalarla avcılık yapılmaktadır.

Körfezde farklı disiplinlerde çok sayıda bilimsel çalışma mevcut olup, balıkçılık üzerine olanlar; CPUE ve boy-ağırlık ilişkileri (Akyol vd., 2007a, b, Ceyhan vd., 2009a,b ; Dereli vd., 2015), yasadışı balıkçılık ile mücadele (Ünal and Erdem, 2009b), kayıp av araçları (Ayaz vd., 2010), geleneksel balıkçılık (Ünal ve Erdem, 2009a) ve balıkçılık yönetimi ve sosyo-ekonomik (Ünal vd., 2009a, b; Ünal and Franquesa, 2010) çalışmalarıdır. Ceyhan ve Akyol (2005), Gökova Körfezi'nde (Akyaka ve Akçapınar) küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan

uzatma ağlarının teknik özellikleri üzerine ile detaylı bilgiler vermiştir.

İklim değişikliğinin denizel ekosisteme ve balıkçılığa etkisi üzerine giderek artan bir endişe vardır (Klyashtorin, 2001; Brander, 2010). Balıkçılık üzerine de çok sayıda bilimsel araştırma yürütülmekte olup bunlardan bazıları; birincil üretim, fitoplankton ve değişimleri (Gregg et al. 2003; Richardson and Schoeman, 2004), iklim değişikliğinin denizel ekosisteme etkileri (Brender, 1995; Attril and Power, 2002; Bax et al. 2003; Atkinson et al. 2004; Edwards and Richardson, 2004; Perry et al. 2005; Katsanevakis et al. 2014), tropikal orkinoslar üzerine yürütülen çalışmalar (Lehodey, 2001; Lehodey vd., 2003), sardalya ve hamsi stoklarındaki üretim ve değişkenlik (Jacobson et al. 2001; McFarlane et al. 2002; Chavez et al. 2003) üzerinedir. Tüm dünyada olduğu gibi Akdeniz'deki yabancı tür sayısı her geçen gün artmaktadır. 2012 yılında 986 olan Akdeniz'deki yabancı tür sayısının 775'i Türkiye'nin de içinde bulunduğu Doğu Akdeniz bölgesinden rapor edilmiştir (Streftaris and Zenatos, 2006). Türkiye'nin en batısında yer alan Gökova Körfezi bu durumdan son derece etkilenmektedir. Körfez'de yapılan bir çalışmada 95 familyaya ait 205 balık türünün, yüzde 10'unun (21 tür) Lessepsiyeen olduğu bildirilmiştir (Çoker ve Akyol, 2014). Bu türlerden *Nemipterus randalli*, *Apogon queketti* ve *Champsodon nudivittis* en son eklenmiş türler olup *Sphyræna chrysotaenia*, *Scomberomorus commerson*, *Siganus luridus*, *Siganus rivulatus*, *Saurida undosquamis*, *N. randalli*, *Upeneus molluccensis* ve *Upeneus pori* son birkaç yıl içerisinde Gökova Körfezindeki önemli ticari türler arasında yer almaya başlamışlardır (Çoker ve Akyol, 2014).

Balıkçılıkta, hedef türlerin değişimine bağlı olarak av araçlarındaki değişimi ortaya koymaya yönelik Türkiye'de herhangi bir çalışma bugüne kadar henüz yapılmamıştır. Bu çalışma ile Gökova Körfezindeki av kompozisyonundaki değişimin (Çoker ve Akyol, 2014; Dereli vd., 2015; Ünal et al. 2016) küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan av araçları ve bunların yapısal özelliklerine nasıl etkilediği açığa çıkarılmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Av araçlarının teknik özelliklerine ilişkin bilgiler, Gökova Körfezi'nde faaliyet gösteren üç Su Ürünleri Kooperatif (Akyaka, Akçapınar ve Akbük) üyelerinden ve bu üyelerin kullandıkları av araçların yerinde incelenmesinden alınmıştır.

Gökova Körfezi'nde kullanılan av araçlarının sınıflandırılmasında (ISO, 1974) ve av araçlarına ait teknik planlarının çiziminde FAO katalogları referans alınmıştır (Nedelec, 1975; FAO, 1978). Bazı av araçları ve detaylar ise FAO kataloglarındaki gibi ölçeksiz gösterilmiştir. Çizimler, Microsoft Visio 2010 programında yapılmıştır. Gırgır ağları için uzunluk ve derinlik mesafeleri 1 boy 120 m, 1 kulaç 183 cm ölçüleri şeklindedir.

Gökova Körfezi'nde kullanılan küçük ölçekli av araçlarındaki değişim, Ceyhan ve Akyol (2005)'un yaptığı çalışma ile karşılaştırma yapılarak değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Gökova Körfezi'nde Akyaka, Akçapınar ve Akbük Su Ürünleri Kooperatiflerine üye ve üye olmayan balıkçılar ile yapılan görüşmeler sonucunda 11 farklı çeşit uzatma ağının kullanıldığı tespit edilmiştir. Bu uzatma ağlarından 5'i galsama (solungaç), 5'i fanyalı ve 1 adedi de kombine ağıdır. Barbun, trança, palamut, sinagrit ve dil uzatma ağları hedef türe yönelik, yem balığı, hava balığı, Gökova, voli ve kombine hava balığı ağları da aynı zamanda birçok türü yakalamaya yöneliktir. Gökova Körfezi'nde Akyaka'da bağlı bulunan iki gırgır teknesinin kullandıkları ağlar 4,5 boy x 90 kulaç derinlik ve 3,5 boy x 45 kulaç derinliktedir. Yine körfezde ince, orta ve kalın şeklinde ifade edilen farklı iğne boyutuna sahip paragraflar da kullanılmaktadır.

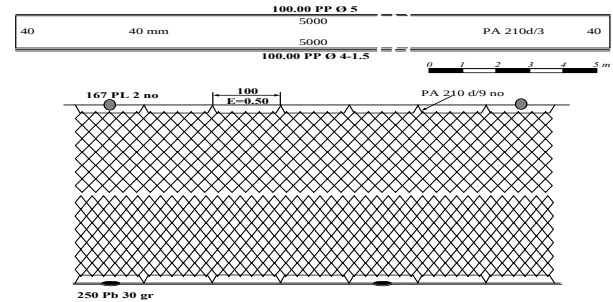
Galsama (Sade) uzatma ağları

Barbunya galsama ağı

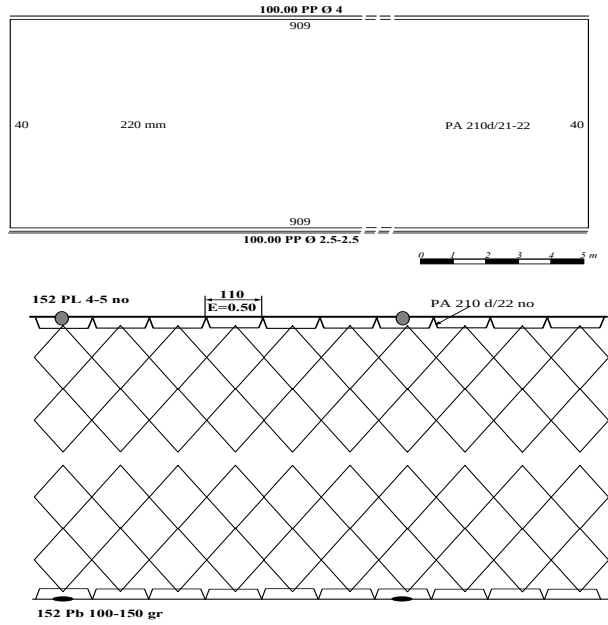
Gökova Körfezi'nde kullanılan barbun galsama uzatma ağları poliamid (PA) materyalden yapılmış olup, 210d/3 no ip kalınlığında, 40 mm göz açıklığındadır. Genellikle % 50 donam faktörü ile donatılan bu ağın yüksekliği 1,38 m dir. 1 posta ağın uzunluğu 100 m olup, çakoda (bir birim mesafeye donatılan ağ gözü sayısı) 5 ağ gözü, yaka halatlarına (mantar yaka – kurşun yaka) serbest donam ile donatılmaktadır. Mantar yakada 5 mm çapında, kurşun yakada ise çapı 4-1,5 mm çapında 2 adet koşmalı polipropilen (PP) materyalden yapılmış yaka ipi kullanılmaktadır. Ağın bir boyunda toplam 167 adet 2 numara plastik (PI) mantar ve 250 adet 30 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır (Şekil 1).

Trança galsama ağı

Gökova Körfezi'nde kullanılan trança galsama uzatma ağları PA materyalden yapılmış olup, 210d/21-22 no ip kalınlığında, 220 mm göz açıklığındadır (Şekil 2). Genellikle % 50 donam faktörü ile donatılan bu ağın yüksekliği kullanılan göz sayısına (25-50 göz) göre 4,70 ile 9,50 m arasında değişmektedir. 1 posta ağın uzunluğu 100 m olup, çakoda tek bir ağ gözü yaka halatlarına serbest donam ile donatılmaktadır. Mantar yakada 4 mm çapında, kurşun yakada ise çapı 2,5 mm çapında 2 adet koşmalı PP materyalden yapılmış yaka ipi kullanılmaktadır. Ağın bir boyunda toplam 152 adet 4-5 numara PL mantar ve 152 adet 100-150 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır.



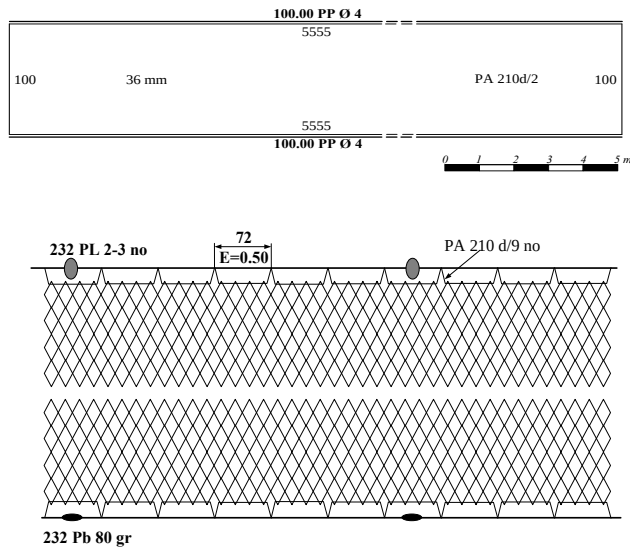
Şekil 1. Barbunya galsama ağının ölçekli planı ve detayı
Figure 1. Technical drawing and details of red mullet gillnet



Şekil 2. Trança galsama ağının ölçekli planı ve detayı.
Figure 2. Technical drawing and details of pink dentex gillnet

Yem balığı galsama ağı

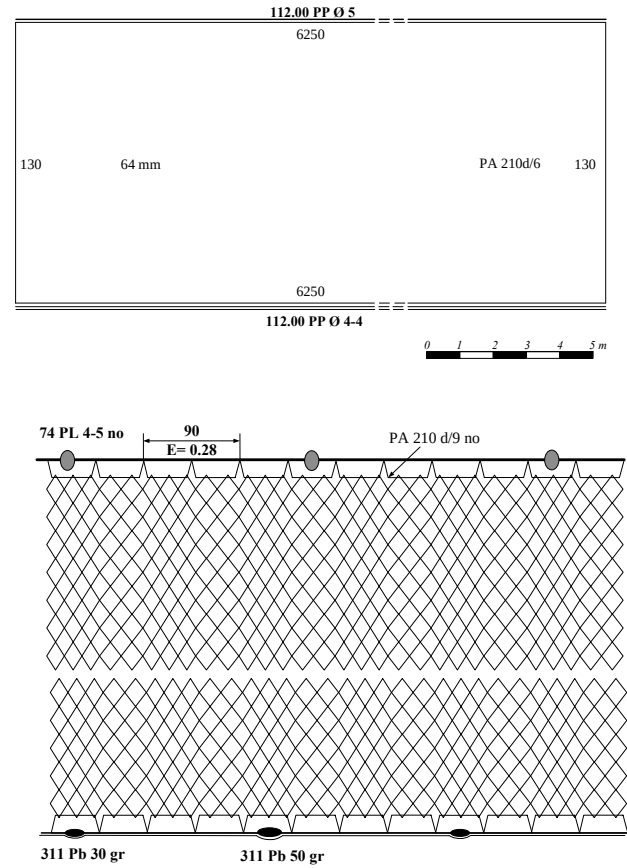
Gökova Körfezi'nde kullanılan yem galsama uzatma ağları PA materyalden yapılmış olup, 210d/2no ip kalınlığında, 36 mm göz açıklığındadır (Şekil 3). Genellikle % 50 donam faktörü ile donatılan bu ağın 1 posta uzunluğu 100 m olup, çakoda 4 ağ gözü yaka halatlarına serbest donam ile donatılmaktadır. Ağın yüksekliği 3,1 m'dir. Bir boyda toplam 232 adet 2-3-5 numara PL mantar ve 232 adet 80 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır. Mantar ve kurşun yakada 4 mm çapında PP materyalden yapılmış yaka ipi kullanılmakta olup kurşun yaka koşma şeklinde donatılmaktadır.



Şekil 3. Yem balığı galsama ağının ölçekli planı ve detayı.
Figure 3. Technical drawing and details of "yem balığı" gillnet

Hava balığı galsama ağı

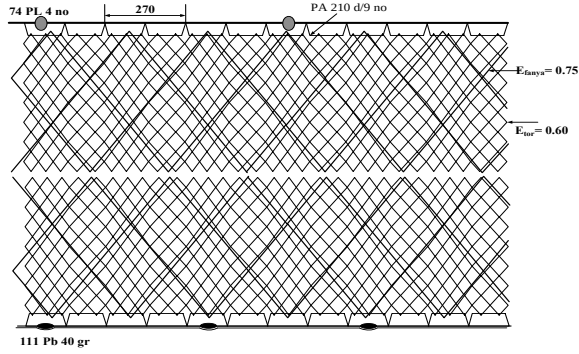
Hava balığı ağı denmesinin sebebi pelajik balıkların avcılığının hedeflenmesinden kaynaklanmaktadır. Gökova Körfezi'nde kullanılan hava balığı galsama uzatma ağları PA materyalden, 210d/6no ip kalınlığında, 64 mm göz açıklığındadır (Şekil 4). Yaklaşık % 30 donam faktörü ile donatılan bu ağın 1 posta ağın uzunluğu 112 m olup, 3 ve 2 ağ gözü (toplam 5 göz) 2 eşit parçaya bölünen çakolara pergelli donam ile donatılmaktadır. Ağın yüksekliği 8 m'dir. Bir boyda toplam 74 adet 4-5 numara PL mantar ve 311 adet 30 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır. Mantar ve kurşun yakada 4 mm çapında PP materyalden yapılmış yaka ipi kullanılmakta olup kurşun yaka (2 adet) koşma şeklinde donatılmaktadır.



Şekil 4. Hava balığı galsama uzatma ağının ölçekli planı ve detayı
Figure 4. Technical drawing and details of air species gillnet

Palamut galsama ağı

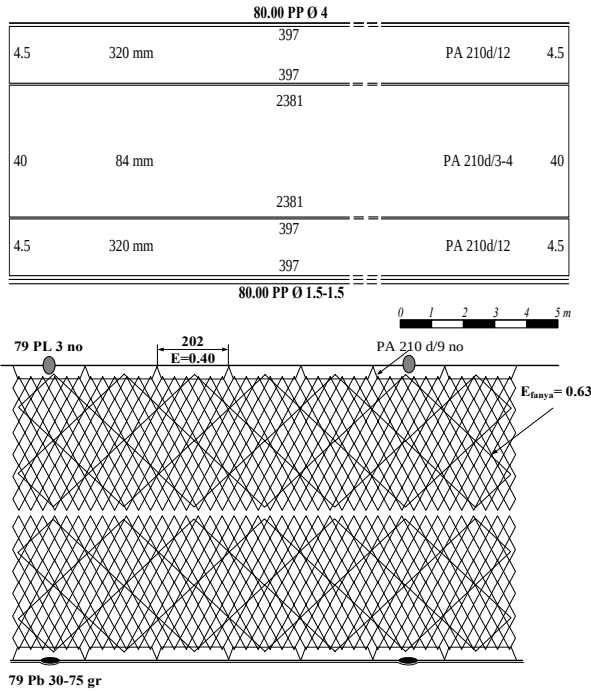
Gökova Körfezi'nde kullanılan palamut ağları tekneden tekneye değişiklik gösterebilmektedir. Ağlar PA materyalden yapılmış olup, 210d/4-9 no ip kalınlığında, 72-84 mm göz açıklığındadır (Şekil 5). %50 donam faktörü ile donatılan bu ağın 1 posta ağın uzunluğu 100 m'dir ve 1 çako boyu (108 mm) mesafeye 3 ağ gözü donatılarak serbest donam ile donatılmaktadır. Ağın yüksekliği yaklaşık 13 m'dir. Bir boyda toplam 232 adet 4-5 numara PL mantar ve 232 adet 75-150 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır. Mantar yakada 4 mm,



Şekil 9. Sinagrit fanyalı uzatma ağının ölçekli planı ve detay gösterimi
Figure 9. Technical drawing and details of common dentex trammel net

Dil Fanyalı Uzatma Ağı

Gökova Körfezi'nde kullanılan dil fanyalı ağların tor kısmı; 210d/3-4 no ip kalınlığında, 84 mm göz açıklığında, 40 göz yüksekliğindedir. Tor ağın her iki tarafına konulan fanyalar ise 210d/12 no ip kalınlığında, 320 mm göz açıklığında ve 4,5 göz yüksekliğinde olup her iki ağ da PA materyalden yapılmıştır. %40 donam faktörü ile donatılan ağın 1 posta uzunluğu 80 m olup, 1 çako boyu (202 mm) mesafeye 6 tor ağ gözü ve her iki tarafa birer fanya almak suretiyle serbest donam ile donatılmaktadır. Ağın yüksekliği 1,12 m'dir. Bir boyda toplam 79 adet 3 numara PL mantar ve 79 adet 30-75 g arasında değişen kurşun ağırlık kullanılmaktadır. Mantar yakada 4 mm, kurşun yakada ise 1,5 mm çapında 2 adet PP materyalden yapılmış yaka ipleri kullanılmakta olup, koşma şeklinde donatılmaktadır (Şekil 10).

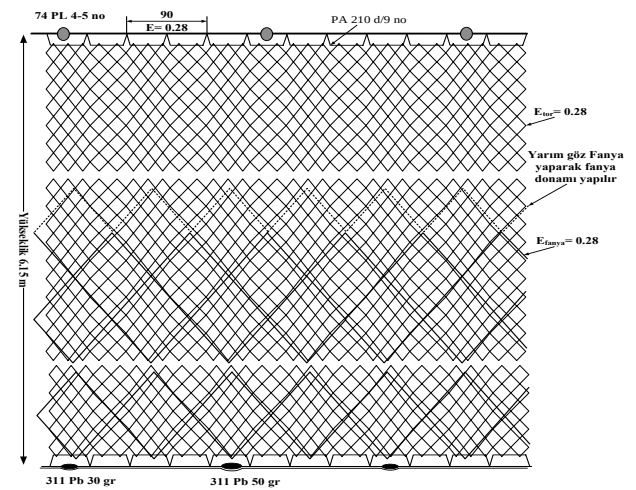
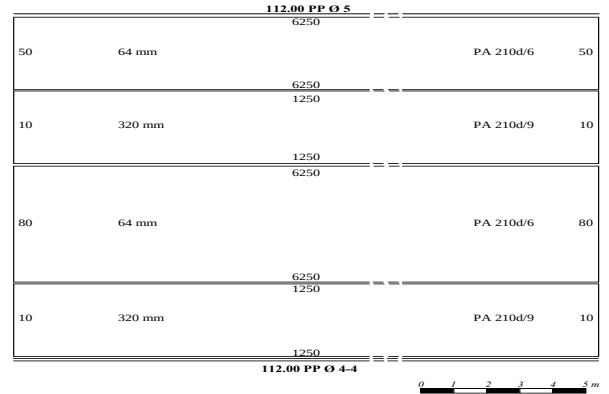


Şekil 10. Dil fanyalı uzatma ağının ölçekli planı ve detay gösterimi
Figure 10. Technical drawing and details of common sole trammel net

Kombine uzatma ağları

Hava balığı kombine uzatma ağı

Hava balığı kombine ağı; üst tarafta galsama, alt taraf ise fanyalıdır. Fanya belli yükseklikteki tor ağ gözüne fanyaların yarım göz oluşturularak donatılması ile oluşturulmuştur. Her iki bölümdeki sade ağlar; 210d/6 no ip kalınlığında, 64 mm göz açıklığında, alt sade ağ 80, üst sade ağ 50 göz yüksekliğindedir. Altındaki ağın fanyası olarak kullanılan ağlar, 210d/9 no ip kalınlığında, 320 mm göz açıklığında ve 10 göz yüksekliğinde olup, ağların hepsi PA materyalden yapılmıştır. %28 donam faktörü ile donatılan ağın 1 posta ağın uzunluğu 112 m dir. Ağın galsama kısmının üst tarafı mantar yaka halatına, fanyalı kısmı ise kurşun yaka halatına pergelli donam ile çakolarda (90 mm) sırası ile 3 ve 2 göz alınarak donatılmaktadır. Her iki taraftaki fanyalar tor ağın belli yüksekliğine yarım göz oluşturularak birleştirilmektedir. Ağın yüksekliği 6,15 m'dir. Bir boyda toplam 74 adet 4-5 numara PL mantar ve 311 adet 30 g'lık kurşun ağırlık kullanılmaktadır. Mantar ve kurşun yakada 4'er mm çapında PP materyalden yapılmış yaka ipleri kullanılmakta olup, kurşun yaka (2 adet) koşma şeklinde donatılmaktadır (Şekil 11).



Şekil 11. Hava balığı kombine uzatma ağının ölçekli planı detay gösterimi

Figure 11. Technical drawing and details of air species combined trammel net

Paragatlar (Pareketalar)

Gökova körfezinde kullanılan paragat takımları ana beden (monofilament) kalınlığına göre isimlendirilmektedir. Bölgede ince, orta ve kalın paragat olarak tanımlanan paragat takımlarında kullanılan iğne sayısı, av sahasının büyüklüğüne göre, azaltılıp çoğaltılabilmektedir.

İnce paragat

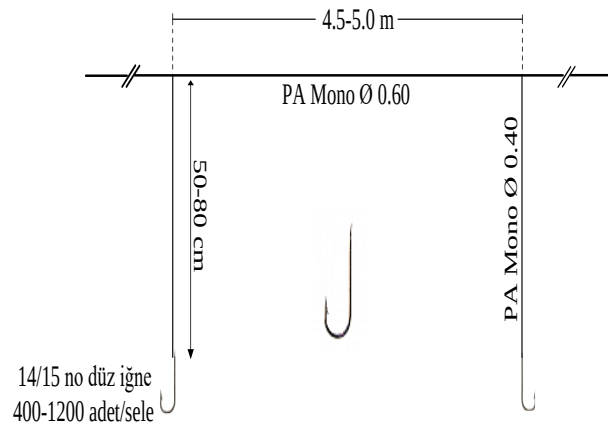
İnce paragatın ana bedeninin çapı 60 mm, ara beden ve kösteklerin ise 40 mm'dir. Kösteklerin uzunluğu 50-80 cm ve iki köstek arası mesafe ise 4,5-5,0 m dir (Şekil 12). Gökova Körfezi'nde ince paragatta 14-15 numara düz iğneler kullanılmaktadır. Selelerde iğne sayısı genellikle 600 adet olsa da bu sayı 400 ile 1200 arasında değişebilmektedir. İnce paragat Gökova Körfezi'nin çamur zeminlerinde düz atılırken, taşlık yerlerde zigzag şeklinde bırakılmaktadır. Her bir küçük ölçekli balıkçı teknesinde 1 yâda 2 sele bu paragat takımından bulunmaktadır.

Orta paragat

Orta kalınlıktaki paragat ana bedeninin çapı 70-80 mm, ara beden ve kösteklerin ise 60 mm'dir. Kösteklerin uzunluğu 60-120 cm ve iki köstek arası mesafe ise 8 m'dir (Şekil 13). Gökova Körfezi'nde orta paragat selelerinde kullanılan iğne sayısı genellikle 700-800 adettir. Bu paragatın da atım şekli yere göre değişmekte olup ince paragata benzerdir. Az sayıda teknede bu takımdan bir adet bulunmaktadır.

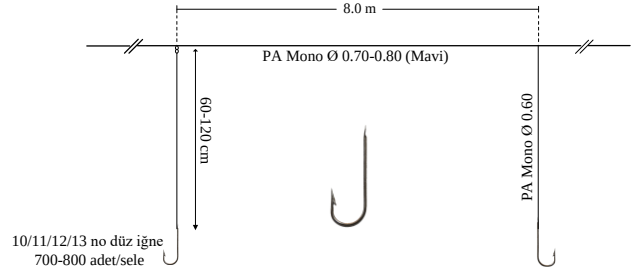
Kalın paragat

Gökova Körfezi'nde kalın paragatın ana beden çapı 80 mm, ara beden ve kösteklerin ise 70 mm'dir. Kösteklerin uzunluğu 1m ve iki köstek arası mesafe ise 15-40 m olup 7-8 numara düz iğneler kullanılmaktadır (Şekil 14). Selelerde iğne sayısı 300 adettir. Köstekler arası mesafe ise 15 ile 40 m arasında değişmektedir. Bu paragatın da atım şekli yere göre değişmekte olup, ince ve orta paragata benzerdir. Kalın paragat iğneleri çoğunlukla mamun ile yemlenmektedir.



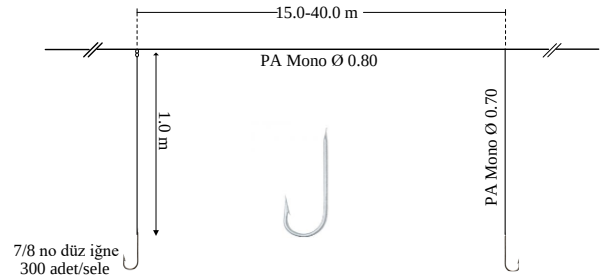
Şekil 12. Gökova Körfezi'nde kullanılan ince paragata ait detaylı teknik plan

Figure 12. Technical drawing of thin longline using in Gökova Bay



Şekil 13. Gökova Körfezi'nde kullanılan orta paragata ait detaylı teknik plan.

Figure 13. Technical drawing of middle longline using in Gökova Bay



Şekil 14. Gökova Körfezi'nde kullanılan kalın paragata ait detaylı teknik plan

Figure 14. Technical drawing of thick longline using in Gökova Bay

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Gökova körfezinde kullanılan küçük ölçekli balıkçılıkta kullanılan av araçların teknik yapılarındaki değişimler üzerinde durulmuştur. Bölgede 5'i galsama (solungaç), 5'i fanyalı ve 1 adedi de kombine olmak üzere toplam 11 değişik uzatma ağı ve ince, orta ve kalın olmak üzere 3 farklı paragat ile gırgır ağına ilişkin plan çıkartılmıştır. Av araçlarındaki en büyük değişim galsama ağlarında görülmektedir. Ceyhan ve Akyol (2005) bölgede palamut, barbunya ve sardalya olmak üzere 3 tip sade ağ kullanıldığını bildirirken, bu çalışmada; barbunya galsama ağı, trança galsama ağı, yem galsama ağı, hava balığı galsama ağı ve palamut galsama ağı olarak 5 farklı tip galsama ağı tespit edilmiştir (Tablo 1). Uzatma ağları açısından palamut galsama uzatma ağı her iki dönemde kullanılan tek sade ağıdır. Fanyalı uzatma ağlarına değerlendirildiğinde 2005 yılında karides, sinagrit, barbunya, dil, Voli I, Voli II ve bilidy e ağı olarak 7 farklı uzatma ağı tanımlanırken, bu çalışmada; barbunya, Gökova piç fanyalı uzatma ağı, vol, sinagrit, dil olmak üzere 5 farklı fanyalı uzatma ağı tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada kombine uzatma ağı olarak hava balığı kombine uzatma ağı tanımlanmıştır.

Pasif av aracı olan uzatma ağlarının teknik yapılarındaki (ağ materyali, ip kalınlığı, rengi, ağ göz açıklığı, donam faktörü vd.) her bir değişim, hedef tür, türlerin boyları, birim av gücü ve seçiciliği etkileyebilmektedir (Steward, 1987; Millar and Freyer, 1999; Hovgård and Lassen, 2000; Balık ve Çubuk, 2001; Holst et al. 2002; Özdemir ve Erdem, 2006; Yüksel ve Aydın, 2012). Bu açıdan değerlendirildiğinde; palamut galsama uzatma

ağalarında Ceyhan ve Akyol (2005) tam göz boyunu 84 mm olarak bildirirken, bu çalışmada 72-74 mm arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun, Akdeniz balıkçılığı üzerindeki av baskısı yüzünden hedef türlerin daha küçük boyuttaki bireylerinin varlığından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Akdeniz'de yapılan çalışmada stokların %72'sinin (36 stoğun 26'sında) hedeflenen maksimum sürdürülebilir ürün seviyesinin üzerinde avlandığı ve stokların %85'nin aşırı avlandığı bildirilmiş; aşırı avcılık, yüksek mortalite ve düşük seçiciliğin ise daha küçük bireylerin hâkim olduğu stok yapılarını oluşturduğu ortaya konmuştur (Collaco et al. 2013).

Tablo 1. Mevcut çalışma ve Ceyhan ve Akyol (2005)'da tespit edilen av araçları

Table 1. Fishing gears identify in current study and presented by Ceyhan ve Akyol (2005)

Galsama ağları	Mevcut çalışma	Ceyhan ve Akyol (2005)
Barbunya PA galsama ağları	X	
Barbunya monofilament galsama ağları		X
Trança galsama ağları	X	
Yem balığı galsama ağları	X	
Hava balığı galsama ağları	X	
Palamut galsama ağları	X	X
Sardalya galsama ağları		X
Fanyalı ağlar		
Barbunya fanyalı ağları	X	X
Piç fanyalı uzatma ağları	X	
Voli Fanyalı uzatma ağları	X	X
Sinagrit fanyalı uzatma ağları	X	X
Dil fanyalı uzatma ağları	X	X
Karides fanyalı uzatma ağları		X
Bilidy fanyalı uzatma ağları		X
Yüksek kefal ağ		X
Kombine ağlar		
Hava balığı kombine uzatma ağları	X	

Ceyhan ve Akyol (2005) iki tip voli fanyalı uzatma ağı kullanıldığını bildirmiş, bu çalışmada ise bölgede tek tip voli fanyalı uzatma ağı tanımlanmıştır. Mevcut çalışmadaki voli fanyalı uzatma ağının teknik özellikleri Ceyhan ve Akyol (2005)'de bildirilen ağların her ikisin den de farklılık göstermektedir. En önemli farklılıkların başında ağların uzunluğu gelmektedir. Çalışmamızda bir posta ağ uzunluğu 80 m olarak tanımlanırken, Ceyhan ve Akyol (2005) de ağ uzunluklarını 100 metre olarak bildirmiştir. Ayrıca voli ağının tor kısmında 60 mm tam göz açıklığında ağ kullanıldığını tespit edilirken, Ceyhan ve Akyol (2005) voli ağı I ve II de sırasıyla 50-56 ve 44-50 mm ağlar kullanıldığını bildirmiştir. Bu durum fanya kısmına da yansımıştır. Bu çalışmada, voli ağlarının fanyalı kısmında 320 mm tam göz boyunda ağlar kullanılırken Ceyhan ve Akyol (2005) Voli I ve II de fanyalı kısımda 280 mm ve 250 mm TGB fanyalar kullanıldığını bildirmiştir.

Sinagrit avcılığında kullanılan ağların ip kalınlıklarında belirli bir artış olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ağların tor ve fanya kısmında sırası ile 210d/12 ve 210d /18 numara ip kullanılırken, Ceyhan ve Akyol (2015)'da sinagrit fanyalı ağlarının tor ve fanya kısmında 210 d/9 ve 210 d/9-12 no ip

kullanıldığını bildirmiştir. Ağların donam faktörlerine bakıldığında, mevcut çalışmada sinagrit fanyalı ağları %60 donam faktörü ile donatılırken, Ceyhan ve Akyol (2005) %50 donam faktörü ile donatıldığını bildirmiştir.

Dil fanyalı uzatma ağları karşılaştırıldığında en büyük ve değişimin donam faktöründe olduğu görülmektedir. Bu çalışmada fanyalı dil ağları %32 donam faktörü ile donatılırken, Ceyhan ve Akyol (2005) %57 donam faktörünün kullanıldığını bildirmiştir. Bir diğer göze çarpan değişim ise fanyada kullanılan ağların ip kalınlığındadır. Mevcut çalışmada dil fanya ağlarında 210d/12 no kullanılırken, Ceyhan ve Akyol (2005) ip kalınlığını 210 d/6 numara olarak bildirmiştir.

Her iki dönemde de kullanılan barbunya fanyalı uzatma ağlarının yapısında önemli bir değişiklik tespit edilememiştir. Diğer taraftan Ceyhan ve Akyol (2005) barbunya hedefli 210d/4 numara kalınlığında 34-44 mm tam göz boyundaki monofilament galsama ağların kullanıldığını bildirmiştir. Monofilament ağların denizlerde kullanımı 1 Eylül 2010 yılında yasaklanmış ve o tarihten beri denizlerde kullanılmamaktadır (Anonim, 2008).

Ceyhan ve Akyol (2005) Mayıs, haziran temmuz aylarında kullanılan karides ağlarının uzatma ağlarının teknik özelliklerini ayrıntılı olarak sunmuşlardır. Bu çalışmada günümüzde karidese hedefli uzatma ağı tanımlanamamıştır. Karides, barbunya fanyalı uzatma ağlarının hedef türleri içerisinde olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Ceyhan ve Akyol (2005)'un sardalya galsama ağı bu çalışmada tanımlanamamış, sardalya yem galsama ağının hedef türleri arasında yer almıştır.

Av kompozisyonundaki değişimin av araçlarının yapısal özelliklerine yansımaları açısından değerlendirildiğinde en büyük değişim tek tür odaklı değil çok sayıda türlerin yakalanmasının hedeflendiği ağların geliştirilmesi olmuştur. Bu durum galsama ağlarında yem balığı galsama ağı, fanyalı ağlarda ise Gökova ağlarında görülmektedir. Özellikle Lessepsiye türler başta olmak üzere çok sayıda (barbunya, beyaz-siyah sokkan, sarpa, sinagrit, mercan, kılkuş, lokum, palamut, tirs, çıplak, kupes, karagöz, turna, iskorpit, isparoz, kaya barbunu (tekir), paşa barbunu) türün yakalanmasını hedeflediği için Gökova fanyalı uzatma ağı kullanımı bölgede son yıllarda giderek yaygınlaşmıştır.

Gökova körfezinde paragat balıkçılığına ilişkin CPUE ve paragatta yakalanan bazı türlerin boy-ağırlık ilişkilerine ilişkin çalışmaları yapılmış olmasına rağmen (Akyol vd., 2007c; Dereli vd., 2015) av takımlarının teknik özelliklerine ilişkin herhangi bir veriye rastlanmamıştır. Bu nedenle paragat av araçlarının teknik özellikleri bu çalışma ile ilk defa ortaya konmuş ve yıllar içerisindeki değişikliklerle ilgili herhangi bir değerlendirme yapılamamıştır. Büyük ölçekli balıkçılık açısından değerlendirildiğinde bölgeye kayıtlı 2 adet gırgır teknesi tespit edilmiş olup, trol balıkçısı ve ağına rastlanılmamıştır. Kısıtlı alanlarda yapılan trol balıkçılığı için özellikle bandırma bölgesinden gelen tekneler Gökova Körfezi'nin trol balıkçılığına serbest olan yerlerinde avcılık yapmaktadırlar.

Sonuç olarak, gerek ekonomik gerek ekonomik olmayan lesepseyen ve istilacı türlerin ekosistem ve balıkçılık üzerindeki etkilerinin ortaya konarak belirli dönemlerde bu tür çalışmaların tekrarlanması balıkçılık ve balıkçılık yönetimi açısından son derece önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Akyol, O., Ceyhan, T., İlyaz, A. & Erdem, M. (2007a). Investigations on the set net fishery in Gökova Bay (Aegean Sea). *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (1), 139-144.
- Akyol, O., Kınacıgil, H.T. & Şevik, R. (2007b). Longline fishery and length-weight relationships for selected fish species in Gökova Bay (Aegean Sea, Turkey). *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 1, 1-4.
- Akyol, O., Ceyhan, T., İlyaz, İ. & Erdem, M. (2007c). Gökova körfezi (Ege Denizi) uzatma ağları balıkçılığı üzerine araştırmalar. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 8 (1), 139-144.
- Anonim (2008). 2/1 /1 Numaralı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğ (TEBLİĞ NO: 2008/48). Retrived from <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/08/20080821-5.htm> (07/02/2018).
- Anonim (2010) 2 /1 Numaralı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğde değişiklik yapılmasına dair tebliğ (TEBLİĞ NO: 2010/25). Retrived from <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/07/20100710-17.htm> (07/02/2018).
- Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. & Rothery, P. (2004). Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Nature*, 432, 100-103.
- Atrill, M.J. & Power, M. (2002). Climatic influence on a marine fish assemblage. *Nature*, 417, 275-278.
- Ayaz, A., Ünal, V., Acarlı, D. & Altınagaç, U. (2010). Fishing gear losses in the Gökova Special Environmental Protection Area (SEPA), eastern Mediterranean, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(3), 416-419. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2009.01386.x
- Balık, İ. & Çubuk, H. (2001). Sudak (*Stizostedion lucioperca* (L.)) ve kadife (*Tinca tinca* L.) balığı avcılığında galsama ağlarının av verimleri ve seçicilikleri üzerine donam faktörünün etkisi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1-2), 149-154.
- Bax, N., Williamson, A., Aguero, M., Gonzalez, E. & Geeves, W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, 27, 313-323. DOI: 10.1016/S0308-597X(03)00041-1
- Brander, K. (2010). Impacts of climate change on fisheries. *Journal of Marine Systems*, 79, 389-402. DOI: 10.1016/j.jmarsys.2008.12.015
- Brander, K.M. (1995). The effect of temperature on growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science*, 52, 1-10. DOI: 10.1016/1054-3139(95)80010-7
- Ceyhan, T., & Akyol, O. (2005). Gökova Körfezi (Ege Denizi)'nde Kullanılan uzatma ağlarının teknik özellikleri. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 222 (3-4), 269-272.
- Ceyhan T., Akyol, O. & Erdem, M. (2009a). Prawn fishery in Gökova Bay (Aegean Sea). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 26 (3): 219-224. DOI: 10.12714/eejefas.2009.26.3.5000156547
- Ceyhan, T., Akyol, O. & Erdem, M. (2009b). Length-Weight relationships of fishes from Gökova Bay, Turkey (Aegean Sea). *Turkish Journal of Zoology*, 33: 69-72. DOI: 10.3906/zoo-0802-9
- Chavez, F.P., Ryan, J., Lluch-Cota, S.E. & Niquen, C.M. (2003). From anchovies to sardines and back: multidecadal change in the Pacific Ocean. *Science*, 299, 217-221. DOI: 10.1126/science.1075880
- Collaco, F., Cardinalle, M., Maynou, F., Giannoulaki M., Scarcella, G., Jenko, K., Bellido, J.M. & Fiorentino, F. (2013). Rebuilding Mediterranean

TEŞEKKÜR

Bu çalışma; TR2011/0135,15-08/024 numaralı, "Promoting the implementation of the EU Common Fisheries Policy in Gökova Bay, Turkey" isimli AB projesi desteği ile yürütülmüştür. Katkılarından dolayı proje yürütücüsü Zafer Kızılkaya'ya ve Prof. Dr. Vahdet Ünal'a teşekkür ederiz.

fisheries: a new paradigm for ecological sustainability. *F I S H and F I S H E R I E S*, 14, 89-109. DOI: 10.1111/j.1467-2979.2011.00453.x

- Çoker, T. & Akyol, O. (2014). An evaluation on the fish diversity of Gökova Bay (Aegean Sea). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 31(3), 161-166. DOI: 10.12714/eejefas.2014.31.03.08
- Dereli, H., Tosunoğlu, Z., Göncüoğlu, H. & Ünal, V. (2015). Catch per unit effort (CPUE) and catch composition of small scale fisheries in Gökova Bay. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(3), 135-143. DOI: 10.12714/eejefas.2015.32.3.03
- Edwards, M. & Richardson, A.J. (2004). Impact of climate change on marine pelagic phenology and trophic mismatch. *Nature*, 430, 881-884. DOI: 10.1038/nature02808
- FAO (1978). FAO Catalogue of Fishing Gear Designs. Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England, 160 p.
- FAO (1980). International Statistical Classification of Fishing Gear (ISSCFG). Retrived from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/t0367/t0367t01.pdf>. (07/02/2018).
- Gregg, W.W., Conkright, M.E., Ginoux, P., O'Reilly, J.E. & Casey, N.W. (2003). Ocean primary production and climate: global decadal changes. *Geophysical Research Letters* 30(15), 1809. DOI: 10.1029/2003GL018889
- Holst, R., Wgleman D. & Madsen, N. (2002). The Effect of twine thickness on the size selectivity and fishing power of Baltic cod gillnets. *Fisheries Research*, 56(3): 303-312. DOI: 10.1016/S0165-7836(01)00328-9
- Hovgård, H. & Lassen, H. (2000). Manual on estimation of selectivity for gillnet and longline gears in abundance surveys. FAO, Rome. FAO Fisheries Technical Paper, no. 397.
- Jacobson, L.D., De Oliveira, J.A.A., Barange, M., Félix-Uraga, R., Hunter, J.R., Kim, J.Y., Niquen, M., Porteiro, C., Rothschild, B.J., Sanchez, R.P., Serra, R., Uriarte, A. & Wada, T. (2001). Surplus production, variability and climate change in the great sardine and anchovy fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58, 1891-1903.
- Katsanevakis S., Wallentinus, I. Zenetos, A., Leppäkoski, E., Çinar, M.E., Öztürk, B., Grabowski, M., Golani, D. & Cardoso, A.C. (2014). Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. *Aquatic Invasions*, 9(4), 391-423. DOI: 10.3391/ai.2014.9.4.01
- Klyashtorin, L.B. (2001). Climate change and long-term fluctuations of commercial catches: the possibility of forecasting. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 410. Rome, 86p.
- Lehodey, P. (2001). The pelagic ecosystem of the tropical Pacific Ocean: dynamic spatial modelling and biological consequences of ENSO. *Progress in Oceanography*, 49: 439-469. DOI: 10.1016/S0079-6611(01)00035-0
- Lehodey, P., Chai, F. & Hampton, J. (2003). Modelling climate-related variability of tuna populations from a coupled ocean biogeochemical-populations dynamics model. *Fisheries Oceanography*, 12: 483-494. DOI: 10.1046/j.1365-2419.2003.00244.x
- McFarlane, G.A., Smith, P.E., Baumgartener, T.R. & Hunter, J.R. (2002). Climate variability and Pacific sardine populations and fisheries. *American Fisheries Society Symposium*, 32, 195-214.

- Millar, R.B. & Fryer, R.J. (1999). Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 89–116.
- Nedelec, C. (1975). FAO Catalogue of Small-Scale Fishing Gear. Fishing News (Books) Ltd., Surrey, England, 191 p.
- Perry, A.L., Low, P.J., Ellis, J.R. & Reynolds, J.D. (2005). Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science*, 308, 1912–1915. DOI: 10.1126/science.1111322
- Richardson, A.J. & Schoeman, D.S. (2004). Climate impact on plankton ecosystems in the Northeast Atlantic. *Science*, 305: 1609–1612. DOI: 10.1126/science.1100958
- Özdemir, S. & Erdem, Y. (2006). Uzatma ağlarının ağ materyali ve yapısal özelliklerinin türlerin yakalanabilirliği. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3-4): 429-433. DOI: 10.12714/egejfas.2006.23.3.5000156757
- Stewart, P.A.M. (1987). The selectivity of slackly hung gillnets constructed from three different types of twine. *ICES Journal of Marine Science*, 43: 189–193. DOI: 10.1093/icesjms/43.3.189
- Streftaris, N. & Zenatos, A. (2006). Alien Marine Species in the Mediterranean - the 100 'Worst Invasives' and their impact. *Mediterranean Marine Science*, 7(1): 87-118. DOI: 10.12681/mms.180
- Ünal, V. & Erdem, M., 2009a. Gökova İç Körfezde Geleneksel Balıkçılık. AB SMAP III Gökova Projesi, Gökova Özel Çevre Koruma Bölgesinde Yer Alan Gökova İç Körfezi ve Sedir Adası İçin Tüm İlgililerin İşbirliği ile Bütünleşik Yönetim Eylem Planının Hazırlanması ve Uygulanması, MED/2005/110-655, 66 p. (in Turkish).
- Ünal, V. & Erdem, M. (2009b). Combating illegal fishing in Gökova Bay (Aegean Sea), Turkey. Çiçek, B.A. and Öñiz, H. (eds). Proceedings of the 3rd International Symposium on Underwater Research, 19–21 March, 2009, Eastern Mediterranean University, Famagusta, Turkish Republic of Northern Cyprus, 125 p.
- Ünal, V. & Franquesa, R. (2010). A comparative study on socio-economic indicators and viability in small-scale fisheries of six districts along the Turkish coast. *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 26-34. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2009.01346.x
- Ünal, V., Yıldırım, D. & Tıraşın, M. (2016). The Implementation of a Pilot Case Study on the Ecosystem Approach to Fisheries Management (EAF). EAF Baseline Report. FAO, EastMed Pilot Project, 65 s.
- Yüksel, F. & Aydın, F. (2012). Galsama ağlarının seçiciliği ve seçiciliği etkileyen faktörler. *e-Journal of New World Sciences Academy, NWSA-Ecological Life Sciences*, 7 (2), 12-21.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Kadmiyuma maruz bırakılmış Sarı Prenseler (*Labidochromis caeruleus*) balıklarında saptanan histolojik değişiklikler üzerine bir ön çalışma

Histological alterations detected in Electric Yellow Cichlid (*Labidochromis caeruleus*) exposed to cadmium

Semra Küçük^{1*} • Sema Midilli¹ • Mehmet Güler¹ • Deniz Çoban¹

¹ Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye

* Corresponding author: skucuk@adu.edu.tr

Received date: 22.02.2018

Accepted date: 02.05.2018

How to cite this paper:

Küçük, S., Midilli, S., Güler, M. & Çoban, D. (2018). Histological alterations detected in Electric Yellow Cichlid (*Labidochromis caeruleus*) exposed to cadmium. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 261-266. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.05

Öz: Bu çalışmada, dokusal değişiklikleri incelemek için sarı prenses balıkları 0, 10, 20, 30, 40 mg L⁻¹ kadmiyum klorür konsantrasyonlarına 96 saat süreyle maruz bırakılmıştır. Kadmiyuma maruz bırakılmış balıklardan kas, karaciğer, solungaç ve dalak örnekleri alınmıştır. Bu örnekler histolojik olarak analiz edilmiştir. Kadmiyum, konsantrasyon artışlarına bağlı olarak sarı prenses balıklarının iç organlarında ciddi bozukluklara sebep olmuştur. 10-20 mg L⁻¹ kadmiyum solungaçlarda ödem, hiperplazi, kıvrımdak ve epitel dokuda dejenerasyonlar; 30-40 mg L⁻¹ kadmiyum ise yine solungaçlarda yoğun hiperplazi, karaciğer hücrelerinde büyük vakuoleşmeler ve dejenerasyonlar, dalakta granüloma ve nekroza geçiş görülmüştür. Sonuç olarak kadmiyumun sucul canlılar için önemli bir çevre kirleticisi olduğu söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Histoloji, kadmiyum, sarıprenses

Abstract: In this study, to examine histological alterations, electric yellow cichlid exposed to 0, 10, 20, 30, 40 mg L⁻¹ cadmium concentrations for 96 hours. After 96 hours, 4 fish were selected per aquarium and their gills, liver, muscle, spleen samples were collected. The samples stained with standart techniques for haematoxylin and eosin (H&E). Cadmium depending on concentrations increase causes severe disorders on viseral organs of electric yellow cichlid. It was caused edema, hyperplasia, degenerations of cartilage and epithelial tissue in gills at 10-20 mg L⁻¹ of cadmium exposure; at 30-40 mg L⁻¹ of cadmium exposure, intensive hyperplasia in gills, vacuolation, degeneration in liver, granulomas and necrosis in spleen. As a result, it can be said that cadmium is an important environmental pollutant for aquatic organisms.

Keywords: Histology, cadmium, electric yellow cichlid

GİRİŞ

Günümüzün en önemli konularından biri su kirliliğidir. Çağımız gereği endüstriyel, tarımsal ve madencilik faaliyetleri sonucu büyük miktarda atık sular göl, akarsu ve denizlere kısmen veya hiç arıtılmadan bırakılmaktadır (Marcussen vd., 2007). Bu atıklar içinde ağır metaller önemli bir yer tutmaktadır. Ağır metallerden toksisitesi en fazla olanlar kadmiyum, kurşun, civadır. Ağır metaller normalde sularda iz miktarda bulunmaktadır. Fakat bu miktar bölgenin endüstriyel, tarımsal ve madencilik faaliyetlerine ve jeokimyasal yapısına bağlı olarak artış göstermektedir. Suda çok düşük konsantrasyonlarda bulunan ağır metaller su canlılarının bünyesinde birikim yapmaktadır. Ağır metaller balıkların kas dokularında ve karaciğer, böbrek, bağırsak, solungaç gibi diğer dokularında birikim yaparak morfolojik ve biyokimyasal değişikliklere yol açmaktadır (Abdel-Warith vd., 2011; Jalaludeen vd., 2012; Youis vd., 2013). Bu birikim küçük

canlılarda başlayıp sonrasında balıklara, diğer canlılara ve insanlara ulaşmaktadır. Bu şekilde besin zincirine giren ağır metaller en alt halkasından en üst halkaya kadar artarak birikme özelliği göstermektedir. Ağır metallerin bu "biyomagnifikasyon" özelliği insan sağlığını tehdit edebilmektedir (Özkan vd., 2018).

Kadmiyum (Cd⁺²) en toksik ağır metallerden biridir. Ayrıca biyolojik olarak esansiyel element değildir ve canlı vücuduna alındığında parçalanmayan bir ağır metaldir. Devamlı ve düşük dozlarda kadmiyum toksisitesi, yüksek dozlara göre daha büyük biyolojik etkilere sahiptir (Thophon vd., 2003). Kadmiyum kirlilik çalışmalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Kalay ve Canlı 2000; Olvisk 2001; Mol vd., 2010; Begum vd., 2013; Bashir vd., 2013). İnsanlarda yüksek kadmiyum alımı böbrek bozukluklarına (Goyer ve Cherian, 1995) ve uzun süreli

kadmiyum maruziyeti iskelet bozukluklarına ve kemik kırıklarına yol açmaktadır (Alfven vd., 2000). Hatta Japonya'da Toyama bölgesinde kurşun işletmesinden çıkan sularda yetiştirilen pirinçlerin insanlar tarafından tüketilmesi sonucunda 1910-1970 yılları arası kadmiyum zehirlenmesi (itai itai hastalığı) görülmüştür. Bu akut zehirlenme sonunda böbrek yetmezliği, anemi, ciddi kas ağrısı gibi semptomlar saptanmıştır (Öktüren Asrı vd., 2007).

Sarı prenses balığı; *Labidochromis caeruleus* bir tatlı su akvaryum balığı türüdür. *Chordata* şubesinin *Actinopterygii* sınıfının *Perciformes* takımının *Cichlidae* familyasında yer alır.

Balıklar ağır metalleri deri, solungaç ve bağırsak yoluyla almaktadırlar ve çeşitli organlarında (solungaç, karaciğer, böbrek, kas, gonad, beyin, kemik, mide-bağırsak, vb.) biriktirmektedir. Bu konuda yapılmış birçok çalışma mevcuttur (Öztürk vd., 1995; Ünlü vd., 1995; Kalay ve Canlı, 2000; Çalta vd., 2000; Mol vd., 2010; Begum vd., 2013). Kadmiyumun balıklar üzerine toksik etkisinin histolojik olarak incelenmesi üzerine yapılmış bazı çalışmalar olmasına rağmen (Thophon vd., 2003; Van Dyk vd., 2007; Liu vd., 2011; Selvanathan vd., 2013). Kadmiyumun akut toksisitesinin sarı prenses (*Labidochromis caeruleus*) balıkları üzerine histolojik etkileri hakkında henüz mevcut bir araştırma olmadığından bu çalışmada da bu tür tercih edilmiştir. Ayrıca bu kadar yüksek tozların kullanılmasının sebebi ise LC₅₀ değerine (% 50 ölümüm gerçekleştiği letal konsantrasyon) yakın dozların kullanılmak istenmesidir. Beyaz deniz levreği (*Lates calcarifer*) için 96 saat LC₅₀ değeri 20.12 mg L⁻¹ (Thophon vd., 2003); lepistes balığı (*Poecilia reticulata*) için 30.4 mg L⁻¹ (Yılmaz vd., 2004) ve tilapia balığı (*Oreochromis mossambicus*) için 96.57 mg L⁻¹ (Benjamin ve Thatheyus, 2012) olarak bildirilmiştir. Bu çalışmada, kadmiyumun farklı dozlarına (0, 10, 20, 30, 40 mg L⁻¹) 96 saat süreyle maruz bırakılan sarı prenses balıklarında oluşan histolojik değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Balıkların kadmiyum maruziyeti

Bu çalışmada, laboratuvarında yetiştirilmiş 6 g'lık sarı prenses balıkları kullanılmıştır. Balıklar 0, 10, 20, 30, 40 mg L⁻¹ kadmiyum klorür (CdCl₂.H₂O, Fluka katalog no: 20899-25G-F) konsantrasyonlarına 96 saat süreyle maruz bırakılmıştır. On balık 5 L'suya stoklanmış (35x16x25 cm) ve 24 saatte bir aynı kadmiyum konsantrasyonlarına sahip sularla % 100 su değişimi sağlanmıştır. Çalışma iki tekrarlı (toplam 10 akvaryum) yürütülmüştür ve deneme yapılmıştır. Balıklar günde bir kez doyana kadar yemlenmiştir. Ortam sıcaklığı 24 °C'de sabit tutulmuştur. Deneme süresince her akvaryuma ilave havalandırma yapılmıştır. Günlük kontroller sonunda her akvaryumda varsa ölü balıklar sayısı kayıt edilmiştir. Balıklar

örnekleme öncesi 24 saat aç bırakılmışlardır. Deneme boyunca her akvaryumda sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH gibi su kalite parametrelerinin ölçümü günde bir kez Multi Parameter Cihazı (WTW Multi 3420 set G) kullanılarak yapılmıştır. Su kaynağının toplam sertlik, alkalinite, amonyak, nitrit ölçümleri bir kez deneme başlangıcında ölçülmüştür.

Histolojik inceleme

Balıklar yüksek doz (400-500 mg l⁻¹ letal doz) anestezi (tricaine methanesulphonate) kullanılarak bayıltılmıştır (Topic Popovic vd., 2012). Sonrasında her akvaryumdan 4'er balık seçilerek balıklardan kas, karaciğer, solungaç ve dalak doku örnekleri alınmıştır. Örnekler % 10'luk tamponlu nötral formalin solüsyonuna koyularak en az 24 saat fikse edilmiştir. Fiksasyondan sonra doku örnekleri Roberts (2012)'e göre yükselen alkol serilerinde dehidre edilmiştir. Sonrasında parafin içinde dondurulan örneklerden Rotary Mikrotom Cihazı (Leica RM2125 RTS) ile 5-6 µm kalınlığında kesitler alınmıştır. Ardından doku kesitleri ksilen ile şeffaflaştırılıp hematoksil-eozin boyama (H&E) yöntemi ile boyanmıştır (Culling vd., 1985). Bu şekilde hazırlanan preparatlar ışık mikroskobu (Euromex-Novex B serisi) altında incelenmiş ve histopatolojik değerlendirmesi yapılmıştır. Bulunan histopatolojik bulgular kamera (Novex Cmax DC 5000) kullanılarak fotoğrafları çekilip kayıt altına alınmıştır.

BULGULAR

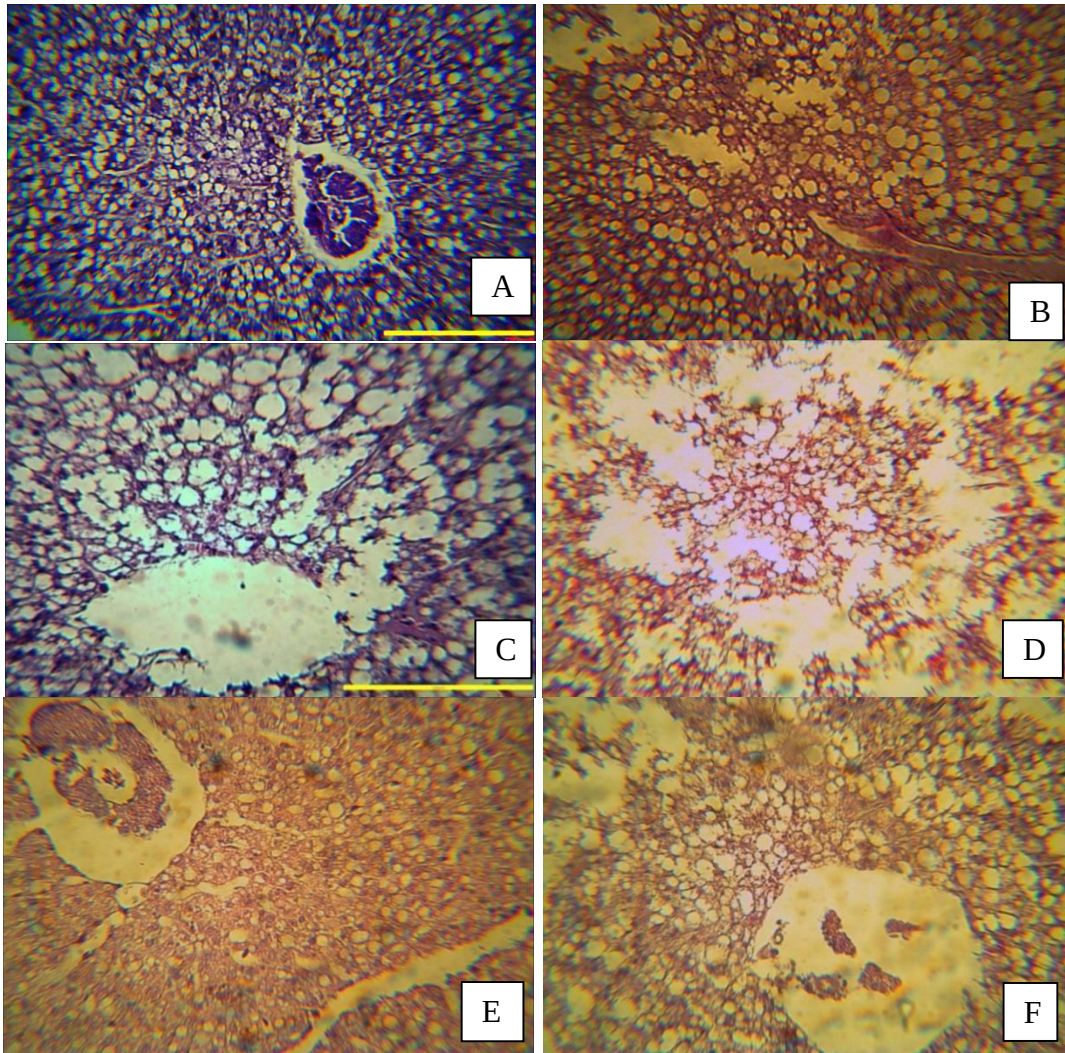
Akvaryumlarda su kalite parametreleri sıcaklık 23.2±0.68 °C, pH 8.61±0.23 ve oksijen 7.90±0.56 mg L⁻¹, toplam sertlik 735 mg L⁻¹ CaCO₃, alkalinite 595 mg L⁻¹ CaCO₃, amonyak 0.20 mg L⁻¹, nitrit 0.0068 mg L⁻¹ olarak ölçülmüştür. Günlük su değişimi sırasında akvaryumların tabanında az miktarda beyaz kireç tarzında çökeltmelerin olduğu görülmüştür.

Akut kadmiyum konsantrasyonları bazıları sarı prenses balıklarında gözle görülebilecek bazı klinik semptomlara neden olmuştur. Bunlar hidropik dalak, solgun karaciğer, hiperemik solungaçlardır Bunun yanında önemli histolojik değişiklikler de saptanmıştır.

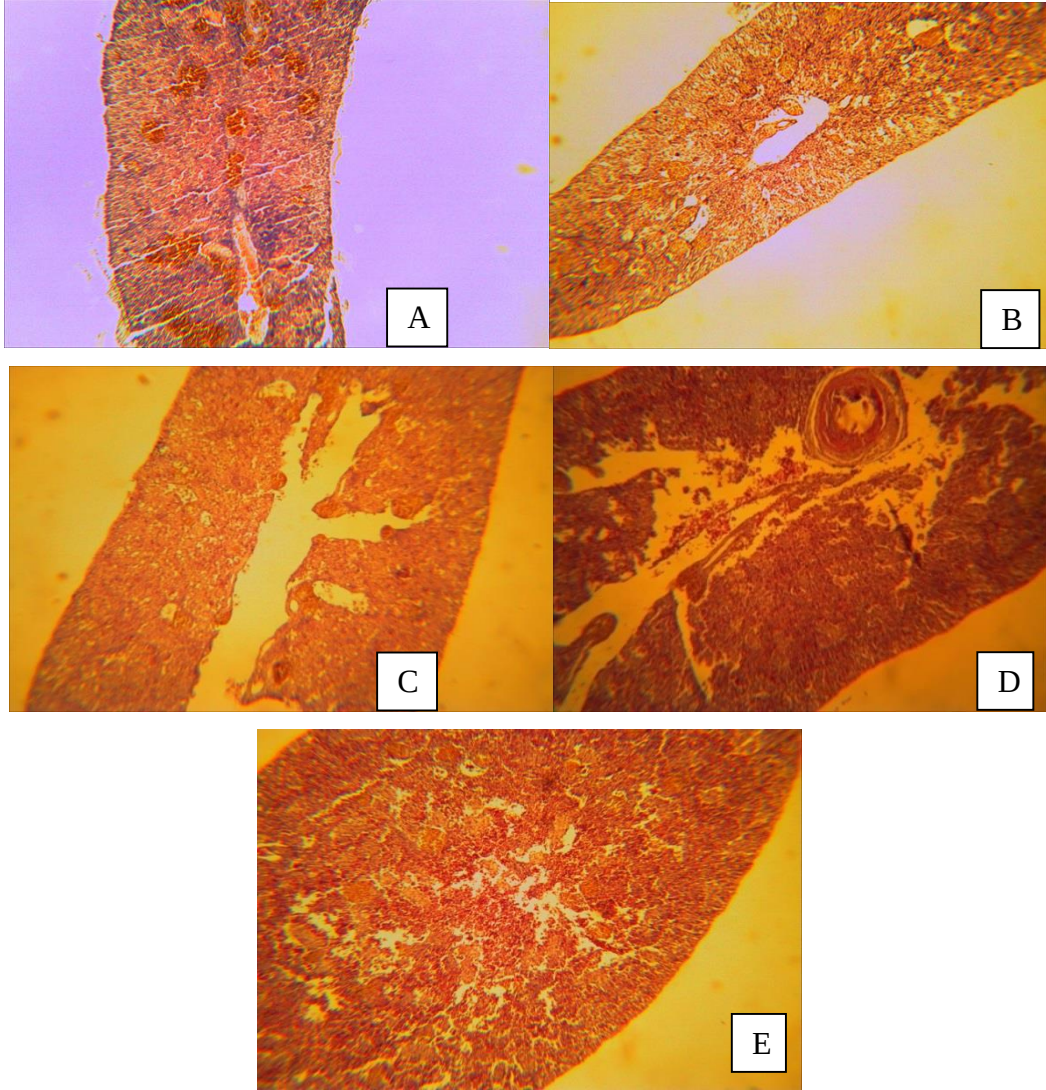
10-20 mg L⁻¹'lik kadmiyum konsantrasyonlarında solungaçlarda ödem, hiperplazi, kıkırdak ve epitel dokuda bozulmalar, 30-40 mg L⁻¹'lik kadmiyum konsantrasyonlarında pillar hücrelerde dağılmalar gözlenmiştir (Şekil 1). Karaciğerde, kadmiyum konsantrasyonları (10-40 mg L⁻¹) artışına bağlı olarak vakuoleşme, hepatositlerde ve kan damarları kanallarında dejenerasyon görülmüştür (Şekil 2). Dalakta, konsantrasyon artışına (10-40 mg L⁻¹) bağlı olarak vakuoleşme, dejenerasyon ve nekroza geçiş saptanmıştır (Şekil 3). Fakat genel olarak kas dokusunda hiç bir değişiklik gözlenmemiştir. Ayrıca, deneme boyunca balıklarda yaşama oranı ise % 100 olmuştur.



Şekil 1. Solungaç, A) Kontrol 40x (H&E), B) 10-30 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz bırakılmış balıklarda sekonder lamellerin kırkırdak yapısında genişlemeler ve hiperplazi, C) 40 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz kalmış balıklarda yoğun hiperplazi ve ödem
Figure 1. Gills, A) Control 40x (H&E), B) Enlargement of cartilage structure of seconder lamella and hyperplasia in fish exposed to 10-20 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E), C) Intensive hyperplasia and edema in fish exposed to 40 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E)



Şekil 2. Karaciğer, A) Kontrol 40x (H&E), B) 10 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz kalan balıklarda vakuoleşme ve dağılma, C) 20 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz kalan balıklarda vakuoleşmelerde artış ve dağılmalar D) 30 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz kalmış balıklarda büyük vakuoleşmeler, dağılmalar ve kan damarlarında dağılmalar, E) 40 mg L⁻¹ 40x (H&E) kadmiyuma maruz kalmış balıklarda derin vakuoleşmeler ve dağılmalar
Figure 2. Liver, A) Control 40x (H&E), B) High vacuolation and degeneration in fish exposed to 10 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E), C) Increases of vacuolation and degeneration in fish exposed to 20 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E), D) Huge vacuolation, degeneration and dispersion of blood vessels in fish exposed to 30 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E), E) Deep vacuolation and degeneration in fish exposed to 40 mg L⁻¹ of Cd 40x (H&E)



Şekil 3. Dalak, A) Kontrol 10x (H&E), B) 10 mg L⁻¹ 10x (H&E) kadmiyuma maruz kalmış balıklarda hemosterin kümelerinde artış, vakuoleşme ve yırtılmalar C) 20 mg L⁻¹ 10x (H&E) kadmiyuma maruz kalmış balıklarda çok sayıda hemosterin kümeleri, vakuoleşme D) 30 mg L⁻¹ 10x (H&E) kadmiyuma maruz kalan balıklarda granüloma başlangıcı ve dağılmalar E) 40 mg L⁻¹ 10x (H&E) kadmiyuma maruz kalan balıklarda hemosterin kümelerinde artış, nekroz başlangıcı ve dağılmalar

Figure 3. Spleen, A) Control 10x (H&E), B) Increase of hemocyst clustering, vacuolation and degeneration in fish exposed to 10 mg L⁻¹ of Cd 10x (H&E), C) Numerous hemocyst clustering and vacuolation in fish exposed to 20 mg L⁻¹ of Cd 10x (H&E), D) Beginning of granuloma and degeneration in fish exposed to 30 mg L⁻¹ of Cd 10x (H&E), E) Increase of hemocyst clustering, set-up of necrosis and degeneration in fish exposed to 40 mg L⁻¹ of Cd 10x (H&E)

TARTIŞMA

Solungaçlarda, pillar hücrelerde dejenerasyon, epitel ve kıkırdak dokuda dejenerasyon, ödem ve hiperplazi; karaciğerde, hepatosit hücrelerinde vakuoleşme ve kan damarlarında dejenerasyon; dalak hücrelerinde vakuoleşme, dejenerasyon ve nekroza geçiş bu çalışmada sonucunda saptanmıştır. Kadmiyumun çeşitli balık türleri üzerine etkisi histolojik olarak birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışma ile önceden yapılmış çalışmaların sonuçları arasında oldukça büyük benzerlikler bulunmuştur. Thophon vd. (2003) beyaz deniz levreklerini (*Lates calcarifer*) 96 saat boyunca akut

kadmiyum konsantrasyonlarına (0, 5.6, 10, 18, 25, 32 mg L⁻¹) ve 0.8 mg L⁻¹ kronik kadmiyum konsantrasyona 3 ay boyunca maruz bırakmışlardır. Akut toksisitede hedef organlar solungaç lamelleri ve böbrek tübüleri iken kronik toksisitede solungaçlar, böbrek ve karaciğere göre daha az etkilenmiştir. Solungaç epitelinde ödem, pillar hücrelerde dejenerasyon, anörizm, hiperplazi; karaciğerde sinusoidlerde kanlı tıkanma (kongesyon), hidropik şişme, vakuoleşme ve siyah granül yapılar bulmuşlardır. Van Dyk vd. (2007) *Oreochromis mossambicus* balığını 0.018 mg L⁻¹ kadmiyum + 0.16 mg L⁻¹ çinko ve 0.03 mg L⁻¹ kadmiyum + 0.3 mg L⁻¹ çinko konsantrasyonlarına kısa periyotta 96 saat, uzun periyotta 672

saat süreyle kadmiyum + çinko karışımına maruz bırakmışlardır. Karaciğerde hyalizasyon, vakuoleşme, kanlı kongesyon saptamışlardır. Liu vd. (2011) Çin Pasifik Okyanusu kıyılarından Liaoning'de *Synechogobius hasta* adlı deniz balığını 96 saat boyunca akut kadmiyum konsantrasyonlarına (0, 0.1, 0.20, 0.40, 0.80 ve 1.6 mg L⁻¹) ve 15 gün boyunca kronik kadmiyum konsantrasyonlarına (0, 0.1, 0.17, 0.29 mg L⁻¹) maruz bırakmışlardır. Solungaç lamellerinde dağılma ve anörizm, epitel hücrelerde ödem; karaciğer ve dalakta kanlı kongesyon ve vakuoleşme olduğunu rapor etmişlerdir. Yılmaz vd. (2011) Avrupa tatlısu kefal balığını (*Leuciscus cephalus*) 0, 1, 2 mg L⁻¹ kadmiyum konsantrasyonlarına 10 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Solungaçlarda sekonder lamel epitel dokusunda dejenerasyon, klorid epitel hücrelerinde nekroz ve hidropik dejenerasyon; karaciğer dokusunda hidropik dejenerasyon ve nekroz olduğunu bulmuşlardır. Bais ve Lokhande (2012) *Ophicephalus striatus* balığını 0.63 mg L⁻¹ kadmiyum konsantrasyonuna 96 saat süreyle maruz bırakmışlardır. Solungaçlarda hipertrofi, solungaç lamellerinde dejenerasyon, kanlı kongesyon; karaciğerde dejenerasyon, nekroz ve hipertrofi gözlemlemişlerdir. Omer vd. (2012) *Oreochromis niloticus* balığını 5, 10 mg L⁻¹ kadmiyum konsantrasyonlarına 7 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Karaciğerde yağ vakuoleşmesi, nekroz, kongesyon saptamışlardır. Selvanathan vd. (2013) bir tatlısu balığı olan *Clarias batrachus*'u 0.12, 0.17, 0.30, 0.66 mg L⁻¹ kadmiyum konsantrasyonuna 30 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Solungaçlarda hiperplazi, sekonder lamellerde füzyon, epitel hücrelerde dejenerasyon; karaciğerde vakuoleşme ve nekroz bulmuşlardır. Younis vd. (2015) *Oreochromis niloticus* balığını 1.68, 3.36, 5.04 mg L⁻¹ kadmiyum konsantrasyonlarına 20 gün süreyle maruz bırakmışlardır. Karaciğerde vakuoleşme ve granülasyon olduğunu rapor etmişlerdir.

Kadmiyumun, balıkların tüm hayati organlarını etkileyip onlar üzerinde dokusal değişimlere neden olabilmektedir. Zira kadmiyumun, balık kanı Ca²⁺, Na⁺, Cl⁻, K⁺ seviyelerinde düşmelere, kan şekeri ve Mg²⁺ seviyelerinde yükselmelere; ayrıca deri, bağırsak ve solungaç mukoz salgısında artışa, solungaçlarda klorid hücre sayısında artışa ve omurgada deformasyonlara neden olduğu bildirilmiştir (Olsson, 1998)

KAYNAKÇA

- Abdel-Warith A.A., Younis E.M., Al-Asgah N.A. & Wahbi O.M. (2011). Effect of zinc toxicity on liver histology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Scientific Research and Essays*, 6(17), 3760-3769. DOI: 10.5897/SRE11.883
- Alfven, T., Elinder, C.G. & Carlsson, M.D., 2000. Low-level cadmium exposure and osteoporosis. *Journal of Bone Mineral Research*, 15, 1579-1586. DOI: 10.1359/jbmr.2000.15.8.1579
- Bais, U.E. & Lokhande, M.V. (2012). Effect of cadmium chloride on histopathological changes in the freshwater fish *Ophicephalus striatus* (Channa). *International Journal of Zoological Research*, 8, 23-32. DOI: 10.3923/ijzr.2012.23.32
- Bashir, F.H., Othman, M.S., Mazlan, A.G., Rahim, S.M. & Simon K.D. (2013). Heavy metal concentration in fishes from the coastal water of Kapar and

Bu çalışmada yüksek kadmiyum dozları kullanılmasına rağmen dört günlük yaşama oranının yüksek çıkmasındaki sebeplerden biri de suyun toplam sertlik ve alkainite değerlerinin yüksek olması olabilir. Çünkü, kadmiyum sudaki fazla karbonat iyonları ile etkileşime girip kadmiyum karbonat şeklinde (suda beyaz kireç) çökelmelere neden olabilir. Sonuç olarak bu durum kadmiyumun toksisite değerini zayıflatmış olabilir (Pascoe vd., 1986; Kıyıcı vd., 2013).

SONUÇ

Bu çalışmada, kadmiyum toksisitesini histolojik olarak incelemek için sarı prenses balıkları 0, 10, 20, 30, 40 mg L⁻¹ CdCl₂ konsantrasyonlarına 96 saat süreyle maruz bırakılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları kısaca şöyle özetlenebilir:

- Kadmiyumun çeşitli balık türleri üzerine etkisi histolojik olarak birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışma ile önceden yapılmış çalışmaların sonuçları arasında oldukça büyük benzerlikler bulunmuştur.
- Kadmiyumun LC 50 değerine yakın olması amacıyla kullanılan yüksek dozlardan 30-40 mg L⁻¹ kadmiyum toksisitesi solungaçlarda yoğun hiperplaziye, karaciğer hücrelerinde büyük vakuoleşmelere ve dejenerasyonlara, dalakta granülomaya ve nekroz başlangıcına neden olmuştur.
- Çok toksik bir element olan kadmiyumun canlılar üzerinde oluşturabileceği histolojik bozukluklar model balık olarak sarı prenses balıkları kullanılarak bu çalışmada ortaya konmuştur. Nitekim karaciğer, dalak ve solungaçlarda ciddi bozukluklar oluşmuştur.
- Nil tilapiası toksikoloji çalışmalarında en çok kullanılan bir türdür. Sarıprencses balıkları da aynı familyadan (cichlidae) gelmektedir. Sonuçta, bilimsel çalışmalara bir tür çeşitliliği getirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasında desteklerinden dolayı Kılıç Deniz Ürünleri A.Ş. çalışanlarına teşekkür ederiz.

Mersing, Malaysia. *Turkish journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13, 375-382.

- Begum, A., Mustafa, A.I., Amin, M.N., Chowdhury, T.R., Quraihi, S.B. & Banu, N. (2013). Levels of heavy metals in tissues of shingi fish (*Heteropneustes fossilis*) from Buriganga River, Bangladesh. *Environmental Monitoring Assessment*, 185, 5461-5469. DOI: 10.1007/s10661-012-2959-4
- Benjamin, D. & Thatheyus, A.J. (2012). Acute toxicity of nickel and cadmium to the cichlid fish *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Research in Zoology*, 2, 19-22.
- Culling, A.F., Allison, T.R. & Barr, T.W. (1985). *Cellular Pathology Technique*. Fourth Edition, London, UK.
- Çalta, M., Canpolat, Ö. & Nacar, A. (2000). Elazığ Keban Baraj Gölü'nde yakalanan *Capoeta trutta* (HECKEL, 1843)'da bazı ağır metal düzeylerinin

- belirlenmesi, Doğu Anadolu Bölgesi IV. Su Ürünleri Sempozyumu, 28-30 Haziran 2000, Erzurum.
- Goyer, R.A. & Cherian, G. (1995). Renal effects of metals. In: Metal Toxicology (eds RA Goyer, CD Klaassen and MP Waalkes) Academic Press, San Diego. DOI: 0.1016/B978-0-12-294375-1.50019-2
- Kalay, M. & Canlı, M. (2000). Elimination of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) metals from tissues of a freshwater fish *Tilapia zilli*. *Turkish Journal of Zoology*, 24, 429-436.
- Kiyani, V., Hosynzadeh, M. & Ebrahimpour, M. (2013). Investigation acute toxicity some of heavy metals at different water hardness. *International Journal of Advanced Biological and Biochemical Research*, 1, 134-142.
- Jalaludeen, M.D., Arunachalam, M., Raja, M., Nandagopal, S., Showket, A.B., Sundar, S. & Palanimuthu D. (2012). Histopathology of the gill, liver and kidney tissues of the freshwater fish *Tilapia mossambica* exposed to cadmium sulphate. *International Journal of Advanced Biological Research*, 2(4), 572-578.
- Liu, X.J., Luo, Z., Li, C.H., Xiong, B.X., Zhao, Y.H. & Li, X.D. (2011). Antioxidant responses, hepatic intermediary metabolism, histology and ultrastructure in *Synechogobius hasta* exposed to waterborne cadmium. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 74, 1156-1163. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2011.02.015
- Marcussen, H., Holm, P.E., Ha, L.T. & Dalsgaard, A. (2007). Food safety aspects of toxic element accumulation in fish from wastewater-fed ponds in Hanoi, Vietnam. *Tropical Medicine and International Health*, 12, 34-39. DOI: 10.1111/j.1365-3156.2007.01939.x
- Mol, S., Özden, Ö. & Oymak, S.A. (2010). Trace metal contents in fish species from Atatürk Dam Lake (Euphrates, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10, 209-213. DOI: 10.4194/trjfas.2010.0208
- Olsson, P.E. (1998). Disorders associated with heavy metal pollution. In J.F. Leatherland and P.T.K. Woo (Eds.), *Fish Diseases and Disorders*, Wallingford, UK. (pp 386).
- Omer, S.A., Elobeid, M.A., Fouad, D. & Daghestani, M.H. (2012). Cadmium bioaccumulation and toxicity in tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11, 1601-1606. DOI: 10.3923/javaa.2012.1601.1606
- Öktüren Asrı, F., Sönmez, S. & Çıtak, S. (2007). Kadmiyumun çevre ve insan sağlığı üzerine etkileri. <http://batem.gov.tr/yayinlar/derim/2007/32-39.pdf>. (12.Nisan 2018).
- Özkan, E., Taşlıpınar, M.Y. & Yeşilkaya, Ş. (2018). Ağır Metal Zehirlenmeleri. <http://www.jcam.com.tr/files/KATD-1599.pdf>. (15 Ocak, 2018).
- Öztürk, M., Bat, L. & Öztürk, M. (1995). Altınkaya Barajı'nda (Samsun) yaşayan *Cyprinus carpio* L., 1758 türünün çeşitli organ ve dokularındaki bazı ağır metallerin birikimi. II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri, 11-13 Eylül, Ankara.
- Olvisk, P.A., Gundersen, P., Andersen, R.A. & Zachariassen, K.E. (2001). Metal accumulation and MT in Brown Trout *Salmo trutta* from two Norwegian rivers differently contaminated with Cd, Cu and Zn. *Comparative Biochemistry and Physiology. Toxicology and Pharmacology*, 128, 189-201.
- Pascoe, D., Evans, S.A. & Woodworth, J. (1986). Heavy metal toxicity to fish and the influence of water hardness. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15, 481-487. DOI: 10.1007/BF01056559
- Roberts, R.J. (2012). *Fish Pathology*. Fourth Edition. Chapter 12. Laboratory Methods, Wiley-Blackwell.
- Selvanathan, J., Vincent, S. & Nirmala, A. (2013). Histopathology changes in freshwater fish *Clarias batrachus* (Linn.) exposed to mercury and cadmium. *International Journal of Life Sciences and Pharma Research*, 3(2), 11-21.
- Ünlü, E., Cengiz, E.I., Akba, O. & Gümgüm, B. (1995). Dicle Nehrindeki *Capoeta trutta* Heckel, 1843'da ağır metal birikimi. II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildirileri, 11-13 Eylül, Ankara.
- Thophon, S., Kruatrachue, M., Upatham, E.S., Pokethitiyook, P., Sahaphong, S. & Jaritkhuan, S. (2003). Histopathological alterations of White seabass, *Lates calcarifer*, in acute and subchronic cadmium exposure. *Environmental Pollution*, 121, 307-320. DOI: 10.1016/S0269-7491(02)00270-1
- Topic Popovic, N., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Barisic, J., Jadan, M., Persin Berakovic, A. & Sauerborn Klobucar, R. (2012). Review: Trivaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 553-564. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2012.01950.x
- Van Dyk, J.C., Pieterse, G.M. & Van Vuren, J.H.J. (2007). Histological changes in the liver of *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) after exposure to cadmium and zinc. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66, 432-440. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2005.10.012
- Yılmaz, M., Gül, A. & Karaköse, E. (2004). Investigationn of acute toxicity and the effect of cadmium chloride (CdCl₂.H₂O) metal salt on behavior of the guppy (*Poecilia reticulata*). *Chemosphere*, 56, 375-380. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2003.11.067
- Yılmaz, M., Ersan, Y., Koç, E., Özen, H. & Karaman, M. (2011). Toxic effects of cadmium sulphate on tissue histopathology and serum protein expression in European chub, *Leuciscus cephalus* (Linnaeus, 1758). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17, 131-135.
- Younis, E.M., Abdel-Warith, A.A., Al-Asgah, N.A., Ebaid H. & Mubarak M. (2013). Histological changes in the liver and intestine of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to sublethal concentrations of cadmium. *Pakistan Journal of Zoology*, 45(3), 833-841.
- Younis, E., Abdel-Wahab, A., Nasser, A. & Hossam, E. (2015). Histopathological alterations in the liver and intestine of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* exposed to long-term sublethal concentrations of cadmium chloride. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33, 846-852. DOI: 10.1007/s00343-015-4082-1

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Mikrozooplanktonik Tintinnid'lerin (Protozoa: Ciliophora) İzmir Körfezi'ndeki son 20 yıllık tür çeşitliliği ve dağılımları

Microzooplankton Tintinnida (Protozoa: Ciliophora) communities from the İzmir Bay, Turkey and their diversity and distribution for last 20 years

Levent Yurga¹ 

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
levent.yurga@ege.edu.tr

Received date: 24.01.2018

Accepted date: 02.05.2018

How to cite this paper:

Yurga, L. (2018). Microzooplankton Tintinnida (Protozoa: Ciliophora) communities from the İzmir Bay, Turkey and their diversity and distribution for last 20 years. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 267-277. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.06

Öz: Bu çalışmada, İzmir Körfezinden 20 yıl süreyle toplanan örneklerdeki Tintinnida familyalarının dağılımları incelenmiştir. Saptanan 11 Tintinnid familyasına ait türlerin her yıl için düzenlenen tür listeleri, kantite ve kalite bilgileri, dönem boyunca değişim gösteren deniz suyu sıcaklıklarıyla birlikte incelenmiş, genel bir tür listesi oluşturulmuştur. Körfez'de sürekli bulunan yerli türlerin yanında, ballast tanklarıyla veya farklı taşıma yolları ile İzmir Körfezi'ne geldiği düşünülen yabancı türlerin de körfezdeki durumu ele alınmıştır. İzmir Büyük Kanal Projesinin 2000 yılında devreye girmesiyle nispeten temizlenen körfezde sürekli bulunan 2 büyük grup olan dinoflagellat ve diatom familyalarına ait türlerin yanında, tintinnid familyalarına ait türlerin kalite ve kantitesinde artış görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Mikrozooplankton, Protozoa, Tintinnid, Siliyat, İzmir Körfezi

Abstract: The distributions of families belonging to Tintinnida on samples collected from İzmir Bay for 20 years were examined in this study. The species list, quantity and quality information prepared for each species of the 11 families belonging to the Tintinnida were examined together with the seawater temperature changes during the period and a general species lists were established. In addition to the indigenous species that are constantly found in the bay, non-indigenous species that have been transported by ballast tanks have also been discussed. The İzmir Grand Canal Project was inaugurated in year 2000 and the relatively increase in the quality and quantity of the species belonging to the Tintinnida families has been observed in addition to the dinoflagellate and diatom family species, which are two relatively large groups in the bay.

Keywords: Microzooplankton, Tintinnida, Protozoa, Ciliophora, İzmir Bay

GİRİŞ

Deniz ve okyanuslardaki besin zincirinde mikrozooplanktonun rolü kesinleşmiş olup, planktonun önemli bir bileşenini oluşturur. Tintinnidler, denizsel ortamda nanoplankton ve pikoplanktonu tüketerek beslenir (Fenchel, 1987). Tintinnidlere ait yedi türün beslenmeleri üzerine yapılan laboratuvar araştırmalarında, bu türlerin büyüme oranının, lorika açıklığı ve genişliği ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır (Dolan, 2010). Tintinnidlerin çoğu, içi boş lorikalara sahip olup bu dayanıklı yapılarıyla, deniz ve okyanuslarda belli derinliklerin indikatör türleri olarak bilinirler (Kato ve Taniguchi, 1993). Tintinnidlerin beslenmelerinin ve büyüme oranlarının, ortamdaki fitoplankton bolluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir (Hansen vd., 1997). Yapılan çeşitli araştırmalarda siliyatların bakteri (Hollibaugh vd., 1980), diatom ve dinoflagellatlar (Heinbokel ve Beers, 1979; Stoecker vd., 1981, 1983, 1984) ile bazı protozoa gruplarına ait ufak bireyleri de besin olarak

tükettikleri ortaya konmuştur. Tintinnidler grazing sırasında, aşırı üreme gösteren ve zehirli olabilen kimi dinoflagellat türlerini de tüketmektedir (Watras vd., 1985; Nakamura vd., 1996). *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech gibi toksik dinoflagellat türlerini besin olarak aldıklarında, tintinnid popülasyonlarında önemli ölçüde azalmalar olduğu görülmüştür (Nielsen vd., 1990; Buskey ve Hyatt, 1995).

Akdeniz'deki en kapsamlı bilimsel çalışmalardan ilki, Kimor ve Wood'un 1975 yılındaki çalışmasıdır (Kimor ve Wood, 1975). Yüzeyden 4.400 metre derinliğe kadar örnekleme yapılmıştır. Akdeniz'in birçok farklı yerinden alınan örneklerde, yüzeyden 200 metre derinliğe kadar tüm derinliklerde tintinnidlere rastlanılmıştır. Mikrozooplanktonik tintinnidlerle ilgili, Travers ve Travers tarafından 1960-1968 yılları arasında, Marsilya Körfezi'nde yapılan diğer bir araştırmada (Travers ve Travers, 1975), bölgedeki diatom ve dinoflagellat türleri

listelenmiş ve tintinnidlerin daha az oranda bulunduğu tespit edilmiştir. Dinophyceae, Bacillariophyceae ve Ciliata (=Ciliophora) olarak saptadıkları 3 büyük gruba ait tanımladıkları toplam 84 türün hiçbirisi o dönemde baskın özellik göstermemiştir. Çalışmada 9 tür *Eutintinnus*, 8 tür *Tintinnopsis*, 7 tür *Salpingella* türü saptanmıştır (Travers ve Travers, 1975).

Türkiye denizlerinde yapılmış planktonla ilgili ilk çalışmalara bakıldığında, çalışmaların Ege Denizi'nde özellikle İzmir Körfezi'nde yoğunlaştığı görülmektedir. Balık-kırımı olayını ve bunun aşırı üremelerle olan ilgisini incelemek için, Alman araştırmacı Nümann (1955)'in yaptığı çalışma, körfezdeki bilimsel araştırmalardan ilkidir. İzmir Körfezi'ndeki plankton gruplarını ve türlerini içeren, kalitatif ve kantitatif özellikteki kapsamlı ilk taksonomik çalışma ise, Ergen (1967) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, bölgedeki Ciliophora sınıfından, başta *Cyrtarocylis*, *Codonellopsis*, *Eutintinnus*, *Favella*, *Helicostomella*, *Petalotricha*, *Protorhabdonella*, *Tintinnopsis* ve *Xystonella* genusları olmak üzere toplam 16 tür rapor edilmiştir. Bölgedeki Ciliophora sınıfı üzerine yapılan çalışmaları takiben, 1979-1981 yılları arasında körfezden seçilen 17 istasyondan alınan türler incelenmiş ve bu sınıfa ait toplam 44 tür listelenerek körfezdeki tintinnidlerle ilgili geniş bir rapor hazırlanmıştır (Koray ve Özel, 1983a). Daha sonra, bölgedeki plankton türlerinin diğer türlerle karşılaştırmasını yapan Koray (1987a), bölgeden alınan örneklerde 55 siliyat türü tanımlamış Koray (1987b), ortamdaki kirlilikle türlerin dağılımları arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Koray, 1987c). Ayrıca, İzmir Körfezi mikroplanktonu ile ilgili 1978-1985 yılları arasında körfezden alınan örnekler incelenmiş ve simbiyotik özellik gösteren, bir tanesi tintinnid (*Tintinnus inquilinus* (O.F. Müller, 1776) Schrank, 1803) olan toplam 4 siliyat türü tespit edilmiştir (Koray, 1988).

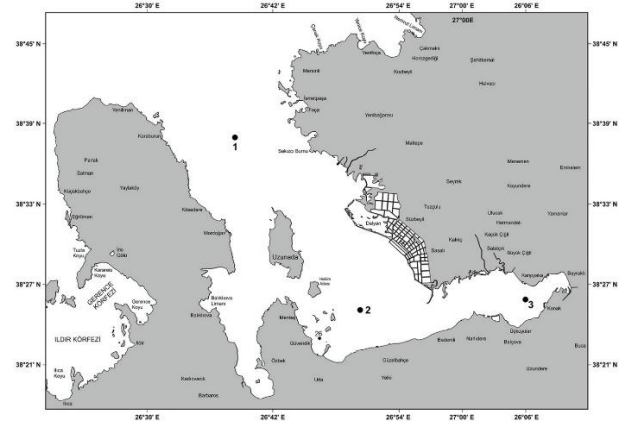
İzmir Körfezi'nde, özellikle İç Körfezdeki çamurlu su ve evsel atıklarla kirlenmiş, oksijence fakir bölgelerde Yurga (1992)'nin yaptığı çalışmada, kirli ve oksijensiz ortama tolerans gösterip, bu koşullara en çok uyum sağlayabilen dayanıklı türlerin, Ciliophora sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Körfezdeki kirlenmenin mikroplankton toplulukları üzerindeki etkisini inceleyen başka bir çalışmada ise (Koray vd., 1999) toplam 26 siliyat türü verilmiştir. Bölgede Ciliophora sınıfı üzerine yapılan diğer araştırmalar ise, Koray vd., (1999; 2000); Çolak Sabancı ve Koray (2001)'a aittir.

İzmir Körfezi'nde yapılan mevsimsel çalışmalar sırasında, bölgedeki yerli türlerin arasında 2000'li yılların başlarında, çok az miktarda görülen, ballast tanklarıyla taşınmış, yabancı kökenli Oligotrichea sınıfına ait (*Leptotintinnus nordqvisti* Brandt, 1906 ve *Rhizodorus tagatzii* Strelkow & Wirketis, 1950 (= *Tintinnopsis corniger*), türleri Yurga (2012) tarafından rapor edilmiştir. Balkıs ve Koray (2014), Türkiye kıyılarını kapsayan çalışmasında da, *Leptotintinnus nordqvisti* Brandt, 1906 türünü Ege Denizi'nde, *Rhizodorus tagatzii* Strelkow & Wirketis, 1950 (= *Tintinnopsis corniger*) türünü Ege ve Marmara Denizi'nde saptamış, bu iki yabancı türün ancak akıntılar ve gemilerin ballast tanklarıyla taşınabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, 20 yıl boyunca İzmir Körfezi'nden toplanan örnekler incelenmiş, siliyat sınıfının körfezdeki dağılımları dinoflagellat ve diatom sınıfları ile birlikte karşılaştırmalı olarak ele alınmış, sonuçlar 20 yıllık deniz suyu sıcaklıklarıyla birlikte verilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Bu araştırmada, mikrozooplanktonik organizma gruplarının saptanmaları amacıyla örnekler, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü ve İzmir Büyükşehir Belediyesi'nin 1996-2016 yılları arasında ortaklaşa düzenlediği, DBTE-180 Büyük kanal projesinin İzmir Körfezi denizel ortamında fiziksel kimyasal biyolojik ve mikrobiyolojik etki ve sonuçları ve "DBTE-199 Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Mikrobiyolojik Etki ve Sonuçlarının İzlenmesi" projeleri kapsamında, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait R/V. K. Piri Reis araştırma gemisiyle mevsimsel olarak çıkılan araştırma seferleri sırasında toplanmıştır. İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'nün ortaklaşa yaptığı projelerden toplanan plankton örneklerinin saklanması ve değerlendirilmesini Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü gerçekleştirmiştir. Dış Körfez (1), Orta Körfez (2) ve İç Körfez (3) şeklinde seçilen 3 istasyondan, kalitatif örnekler için yapılan horizontal çekimler, 10 dakika süre ve 2 mil hızla gerçekleştirilmiş ve toplanan materyal sonuç konsantrasyonu %4 olacak şekilde formaldehit ile fikse edilmiştir (Şekil 1, Tablo 1).



Şekil 1. İzmir Körfezi ve örnekleme istasyonları

Figure 1. Sampling locations in İzmir Bay

İstasyonlardan alınan yüzey (0,50 metre), orta su (5,0 metre) ve dip suyu (10-20 metre arası) kantitatif örnekleri, 5 litrelik pet kaplara konmuş, bunlar lugol ile fikse edilmişlerdir. Alınan kalitatif ve kantitatif materyal, 7-10 günlük bir bekletme süresinde sedimentasyona bırakılmışlardır. Sedimentasyon sonrası, dibe çöken örneklerin üzerindeki fazla deniz suyu peristaltik pompayla emilerek, kalan kısım 250 cc'lik cam mezürlere aktararak, ikinci bir sedimentasyona bırakılmışlardır. 7-10 günlük beklemenin ardından, mezürlerdeki örneklerin üzerindeki denizsuyu pompayla

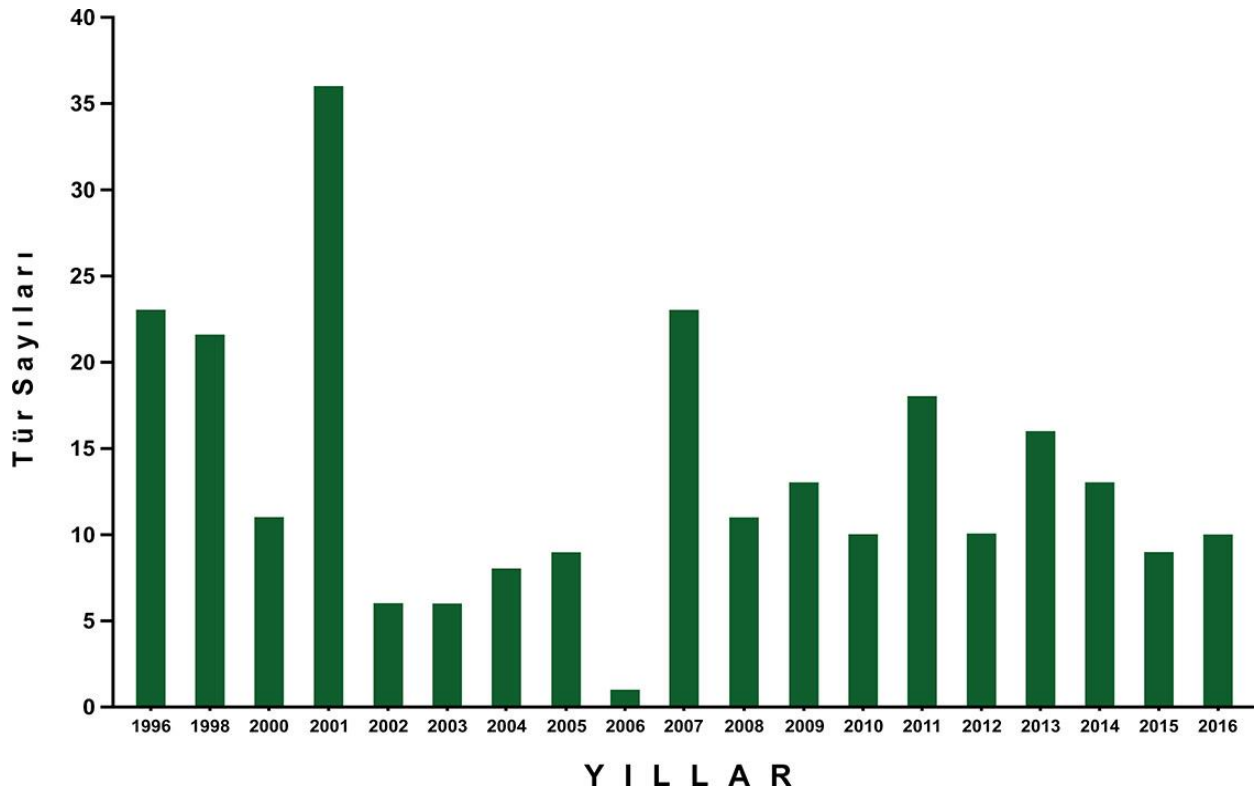
alınarak, kalan kısım tüplere aktarılmıştır. Etiketlenen kantitatif tüplerden alınan örnekler, tek damla yöntemiyle sayılmış, kepçe örneklerinden alınan kalitatif örnekler incelenerek, tür listeleri oluşturulmuştur. İncelenen örneklerin hepsi Olympus BX-50 ve Olympus CX-31 araştırma mikroskoplarıyla, 15x20 ve 14x40 büyütmelemlerle, faz-kontrast tekniikle incelenmiştir. Tek damla sayım işlemi tamamlandıktan sonra, kantitatif örneklerin 1 litredeki miktarlarının belirlenmesi için, hücre sayım sonuçları her örnek için ayrı ayrı hesaplanarak, birey/litre şekline dönüştürülmüştür. Mevsimsel olarak yılda 4 defa çıkılan arazi çalışmalarında her yıl için üç istasyondan üç derinliğe ait 36 kavanoz örnek alındığından, 20 yıl için 720 kavanoz kantitatif örnek çalışılmıştır. Excel'de oluşturulan tüm kantitatif sayım sonuçları ve tür listeleriyle, her istasyondaki familya ve tür dağılımları elde edilmiştir. Bu şekilde oluşturulan listelerle, 1996-2016 yılları arasını kapsayan, bölgedeki dinoflagellat ve diatom sınıfına ait türlerle birlikte, tintinnidlerin dağılımına ait istatistiksel sonuçlar elde edilmiştir. Geçen 20 yıllık süre boyunca körfezdeki deniz suyu sıcaklık ortalamalarındaki artış, deniz suyu sıcaklık ortalamalarındaki değişimlerle tür sayıları arasındaki ilişkiyi gösteren T Testi için Past istatistik programı, Bray-Curtis hiyerarşik kümeleme testi için Biodiversity Pro kullanılmıştır. Tür tayinlerinde Boltovskoy (1981), Isamu (1982), Sournia (1976), Tregouboff and Rose (1957), Marshall (1969), Tomas (1997), Koray, Yurga, Çolak-Sabancı'nın (2007) eserlerinden yararlanılmıştır. Tür isimleri ve otörler Plankweb

(Check-list of Turkish Seas Microplankton), WoRMS (World Register of Marine Species), MSIP (Marine Species Identification Portal) ve Algaebase'ten kontrol edilerek güncellenmiştir. İzmir Körfezi'ne ait 1996-2016 yıllarında ait aylık hava ve deniz suyu sıcaklıkları, Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan ve Yurga (2015)'de kullanılan hava sıcaklıkları ortalamaları bu makalede yeniden değerlendirilmiştir.

BULGULAR

İzmir Körfezi'nde 1996-2016 yılları arasında yapılan çalışmalarda, siliyat sınıfına ait toplam 255 tür, bu türlere ait 167 cins saptanmıştır. Körfezden toplanan 20 yıllık örneklerin incelenmeleri sonucu elde edilen tür listeleri birleştirildiğinde toplam tür sayısı 65'tir (Tablo 1). Saptanan 255 türün yıllara göre dağılımı Şekil 2'de verilmiştir.

Birleştirilmiş listelere göre, 20 yıllık dönemde saptanan 65 türe ait cins sayısı 23 olup, bunlar *Amphorides*, *Codonella*, *Codonellopsis*, *Cyrtarocylis*, *Dadayiella*, *Dictyocysta*, *Eutintinnus*, *Favella*, *Helicostomella*, *Leptotintinnus*, *Metacyclis*, *Parundella*, *Proplectella*, *Protorhabdonella*, *Rhabdonella*, *Rhizodomus*, *Salpingella*, *Schmidingerella*, *Steenstrupiella*, *Stenosemella*, *Tintinnopsis*, *Undella* ve *Xystonella* olarak belirlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 2 İzmir Körfezi'nde Tintinnida tür sayısının 1996-2016 yılları arasındaki dağılımı
Figure 2. Distribution of the number of Tintinnida species between 1996 and 2016

Tablo 1. İzmir Körfezi'nde 1996-2016 yılları arasında rastlanan Tintinnida ya ait tür listesi**Table 1.** Tintinnida species list found in İzmir Bay between 1996-2016

<i>Amphorides amphora</i> (Claparède & Lachmann, 1926)
<i>Amphorides quadrilineata</i> (Claparède & Lachmann, 1926)
<i>Codonella aspera</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Codonellopsis schabi</i> (Brandt, 1906) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Codonellopsis</i> sp.
<i>Cyrtarocyis ampulla</i> Bachy et al., 2012 (= <i>Petalotricha ampulla</i>)
<i>Cyrtarocyis ampulla</i> f. <i>cassisi</i> Bachy et al., 2012 (= <i>Cyrtarocyis cassisi</i>)
<i>Cyrtarocyis ampulla</i> f. <i>magna</i> Bachy et al., 2012 (= <i>Cyrtarocyis magna</i>)
<i>Cyrtarocyis ampulla</i> f. <i>major</i> Bachy et al., 2012 (= <i>Petalotricha major</i>)
<i>Dadayella ganymedes</i> (Entz, 1884) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Dadayella</i> sp.
<i>Dictyocysta elegans</i> Ehrenberg, 1854
<i>Dictyocysta lepida</i> Ehrenberg, 1854
<i>Dictyocysta</i> sp.
<i>Eutintinnus apertus</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Eutintinnus elegans</i> (Jörgensen) Kofoid & Campbell, 1939
<i>Eutintinnus fraknoi</i> (Daday, 1887)
<i>Eutintinnus latus</i> (Jörgensen, 1924) Kofoid & Campbell 1939
<i>Eutintinnus lusus-undae</i> (Entz, 1885)
<i>Eutintinnus macilentus</i> (Jörgensen, 1924) Kofoid & Campbell 1939
<i>Eutintinnus</i> sp.
<i>Favella azorica</i> (Cleve, 1900) Jörgensen, 1924
<i>Favella campanula</i> (Schmidt, 1902) Jörgensen, 1924
<i>Favella ehrenbergii</i> (Claparède & Lachmann, 1858) Jörgensen, 1924
<i>Favella fistulicauda</i> Jörgensen 1924
<i>Favella markusovszkyi</i> (Daday, 1887) Jörgensen, 1924
<i>Favella</i> sp.
<i>Helicostomella edentata</i> (Fauré-Fremiet, 1924)
<i>Helicostomella subulata</i> (Ehrenberg, 1833) Jörgensen 1924
<i>Leprotintinnus nordqvistii</i> (Brandt, 1906) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Metacylis joergensenii</i> (Cleve) Kofoid & Campbell 1929
<i>Metacylis mereschkowskii</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Parundella lohmanni</i> (Joergensen, 1924) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Parundella</i> sp.
<i>Proplectella angustior</i> Jörgensen, 1924
<i>Proplectella claparedei</i> (Entz, 1908)
<i>Proplectella ellipsoida</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Proplectella subacuta</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Protorhabdonella simplex</i> (Cleve) Jörgensen, 1924
<i>Rhabdonella brandti</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Rhabdonella spiralis</i> (Fol, 1881)
<i>Rhizodorus tagatzii</i> Strelkow & Wirketis, 1950 (= <i>Tintinnopsis corniger</i>)
<i>Salpingella acuminata</i> (Claparède & Lachmann, 1858) Jörgensen, 1924
<i>Salpingella attenuata</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Salpingella curta</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Salpingella decurtata</i> Jörgensen, 1924
<i>Salpingella minutissima</i> Kofoid & Campbell, 1929
<i>Salpingella</i> sp.
<i>Schmidingerella serrata</i> (Möbius, 1887) Agatha & Strüder-Kypke, 2012 (= <i>Favella serrata</i>)
<i>Steenstrupiella steenstrupii</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Stenosemella nivalis</i> (Meunier, 1910)

<i>Stenosemella ventricosa</i> (Claparède & Lachmann, 1858) Jörgensen, 1924
<i>Tintinnopsis beroidea</i> Stein, 1867
<i>Tintinnopsis butschlii</i> Daday, 1887
<i>Tintinnopsis campanula</i> Ehrenberg, 1840
<i>Tintinnopsis cylindrica</i> Daday, 1887
<i>Tintinnopsis lobiancoi</i> Daday, 1887
<i>Tintinnopsis nana</i> Lohmann, 1908
<i>Tintinnopsis radix</i> (Imhof, 1886)
<i>Tintinnopsis</i> sp.
<i>Undella hyalina</i> Daday, 1887
<i>Xystonella lohmanni</i> (Brandt) Kofoid & Campbell, 1929
<i>Xystonella longicauda</i> (Brandt, 1906) Brandt, 1906
<i>Xystonella</i> sp.
<i>Xystonella treforti</i> (Daday, 1887)

Elde edilen genel tür listesine göre 20 yıllık süre boyunca görülen türlerin ait olduğu toplam 11 familya tespit edilmiştir. Bunlar: Codonellidae, Codonellopsidae, Cyrtarocylidae, Dictyocystidae, Metacylididae, Ptychocylidae, Rhabdonellidae, Tintinnidae, Tintinnidiidae, Undellidae ve Xystonellidae familyalarıdır. 20 yıl süre boyunca körfezde en sık görülen türler Tintinnidae familyasına aittir (%33,7). Bunu %21,2 ile Codonellidae, %12,2 ile Ptychocylidae ve %9,8 ile Metacylididae familyası izlemektedir. Geçen süre boyunca körfezde en az rastlanan türler ise Cyrtarocylidae (%1,6) ve Codonellopsidae (%1,6) familyalarına aittir (Tablo 2). 20 yıl boyunca körfezde en sık rastlanan Tintinnidae familyasından saptanan cinsler *Amphorides*, *Dadayella*, *Eutintinnus*, *Rhizodorus*, *Salpingella* ve *Steenstrupiella*'dır. Codonellidae familyasından saptanan cinsler *Codonella*, *Codonellopsis* ve *Tintinnopsis*; Codonellopsidae familyasından saptanan *Stenosemella* cinsi; Ptychocylidae familyasından saptanan *Favella* cinsi; Metacylididae familyasından saptanan cinsler *Helicostomella* ve *Metacylis* ve Xystonellidae familyasından saptanan cinsler *Parundella* ve *Xystonella* olmuştur.

Tablo 2. 1996-2016 yılları arasında saptanan Tintinnid familyaları ve tür sayılarının dağılımları**Table 2.** Tintinnid families designated between 1996 and 2016 and their species distributions

Familya	Tür	Cins	%	Toplam
Codonellidae	11	3	21,2	55
Codonellopsidae	2	1	1,6	3
Cyrtarocylidae	4	1	1,6	4
Dictyocystidae	3	1	2,0	5
Metacylididae	4	2	9,8	27
Ptychocylidae	6	1	12,2	31
Rhabdonellidae	4	3	7,8	20
Tintinnidae	19	6	33,7	86
Tintinnidiidae	1	1	2,0	5
Undellidae	5	2	4,3	11
Xystonellidae	6	2	3,9	10
	65	23	100	255

Körfezde 20 yıl boyunca yürütülen çalışmalarda en bol gözlenen tintinnid türleri *Helicostomella subulata*, *Eutintinnus fraknoi*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Tintinnopsis campanula*, *Steenstrupiella steenstrupii*, *Favella ehrenbergii*, *Codonellopsis schabi*, *Salpingella acuminata*, *Favella campanula*, *Salpingella curta* ve *Amphorides quadrilineata* olarak saptanmıştır.

Körfezden alınan örneklerin incelenmeleri sırasında geçen 20 yıllık süre boyunca sadece bir kez gözlenmiş olan nadir türler ise *Codonella aspera* (2001 yılında), *Cyrtarocylis ampulla* f. *magna* (= *Cyrtarocylis magna*) (2001 yılında), *Cyrtarocylis ampulla* f. *cassis* (= *Cyrtarocylis cassis*) (1998 yılında), *Dictyocysta lepida* (2001 yılında), *Eutintinnus apertus* (1998 yılında), *Eutintinnus elegans* (1996 yılında), *Eutintinnus macilentus* (1996 yılında), *Favella azorica* (2011 yılında), *Metacylis mereschkowskii* (1998 yılında), *Parundella lohmanni* (2007 yılında), *Cyrtarocylis ampulla* (= *Petalotricha ampulla*) (2011 yılında), *Petalotricha major* (2001 yılında), *Proplectella angustior* (2001 yılında), *Proplectella ellipsoida* (2007 yılında), *Proplectella subacuta* (2001 yılında), *Stenosemella ventricosa* (2007 yılında), *Tintinnopsis butschlii* (2007 yılında), *Rhizodamus tagatzi* (= *Tintinnopsis corniger*) (2012 yılında) ve *Xystonella lohmanni* (2001 yılında) olarak verilebilir.

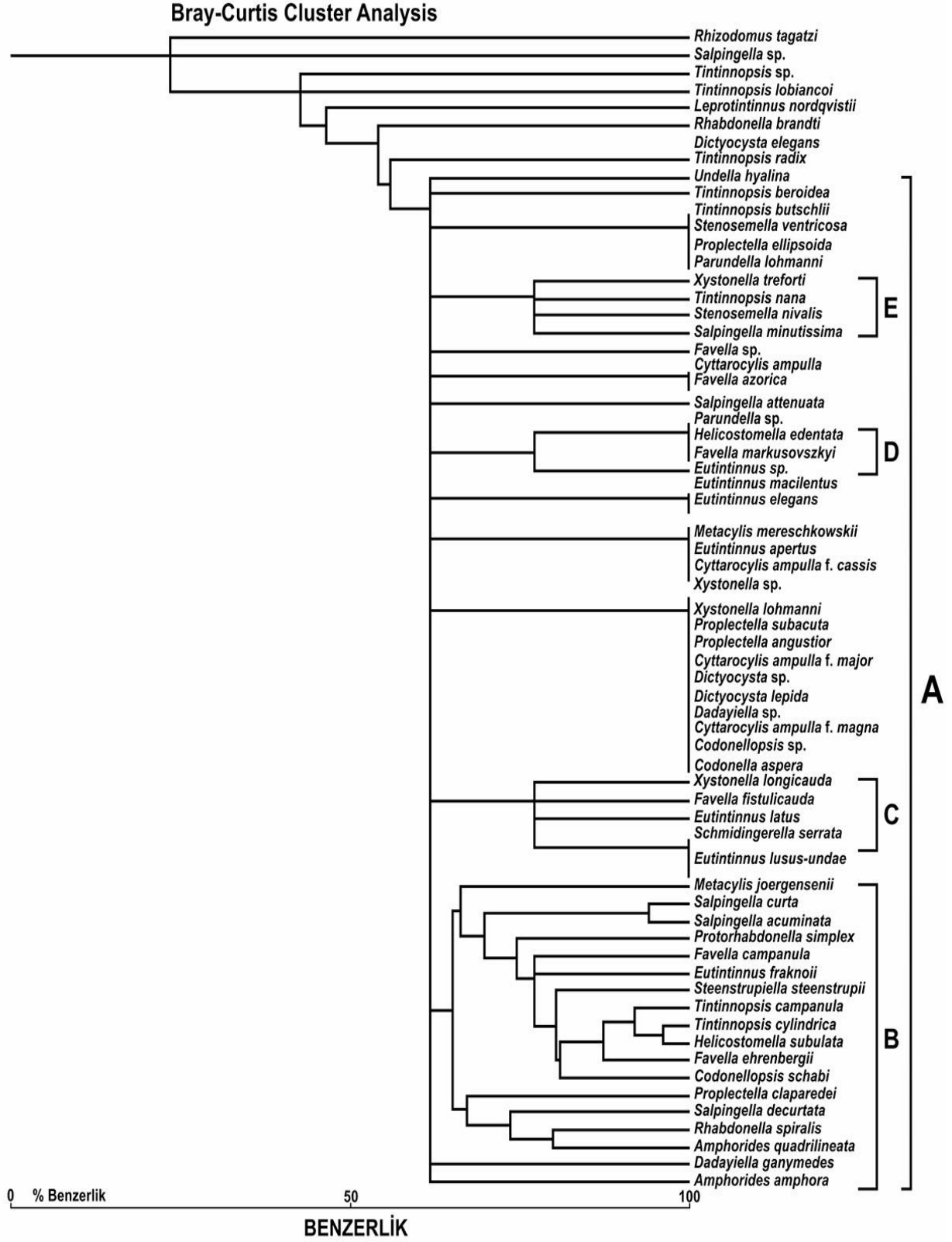
Tintinnidlerin %50 benzerlik seviyesine göre yapılan hiyerarşik kümelendirme analizi sonucunda 5 grup saptanmıştır (Şekil 3). B grubunda *Metacylis joergensenii*, *Salpingella curta*, *Salpingella acuminata*, *Protorhabdonella simplex*, *Favella campanula*, *Eutintinnus fraknoi*, *Steenstrupiella steenstrupii*, *Tintinnopsis campanula*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Helicostomella subulata*, *Favella ehrenbergii*, *Codonellopsis schabi*, *Proplectella clapedei*, *Salpingella decurtata*, *Rhabdonella spiralis*, *Amphorides quadrilineata* ve *Dadayiella ganymedes* ve *Amphorides amphora* kendi aralarında bir küme oluşturmuştur. C grubunda ise *Xystonella longicauda*, *Favella fistulicauda*, *Eutintinnus latus*, *Schmidingerella serrata* (= *Favella serrata*) ve *Eutintinnus lusus-undae* kendi içinde küme oluşturmuştur. D grubunda *Helicostomella edentata*, *Favella markusovszkyi* ve *Eutintinnus* sp. kendi aralarında bir küme oluşturmuştur. E grubunda ise *Xystonella treforti*, *Tintinnopsis nana*, *Stenosemella nivalis* ve *Salpingella minutissima* kendi aralarında küme oluşturmuştur. Bray-Curtis benzerlik katsayısı dendrogramında da görüleceği üzere, B, C, D ve E grupları içerisinde *Undella hyalina*, *Tintinnopsis beroidea*, *Favella* sp. ve *Salpingella attenuata* olacak şekilde daha büyük bir grup olan A grubunun içerisinde kümelenebilirler. Fakat *Rhizodamus tagatzi* (= *Tintinnopsis corniger*), *Salpingella* sp., *Tintinnopsis* sp., *Tintinnopsis lobiancoi*, *Leprotintinnus nordqvistii*, *Rhabdonella brandti*, *Dictyocysta elegans* ve *Tintinnopsis radix* örneklemelerde az rastlanmaları sebebiyle bu grupların dışında kalmıştır (Şekil 3).

1996-2016 yılları arasındaki siliyat sınıfı tür sayılarına baktığımızda, en fazla tür sayısı 2001 yılında (36), en az tür sayısı ise 2006 yılında (1) görülmüştür (Şekil 2). Ayrıca, Kasım 2009'da *Salpingella curta* ve Kasım 2013'te *Helicostomella subulata* türleri tüm istasyonlardaki derinliklerde gözlenmiştir.

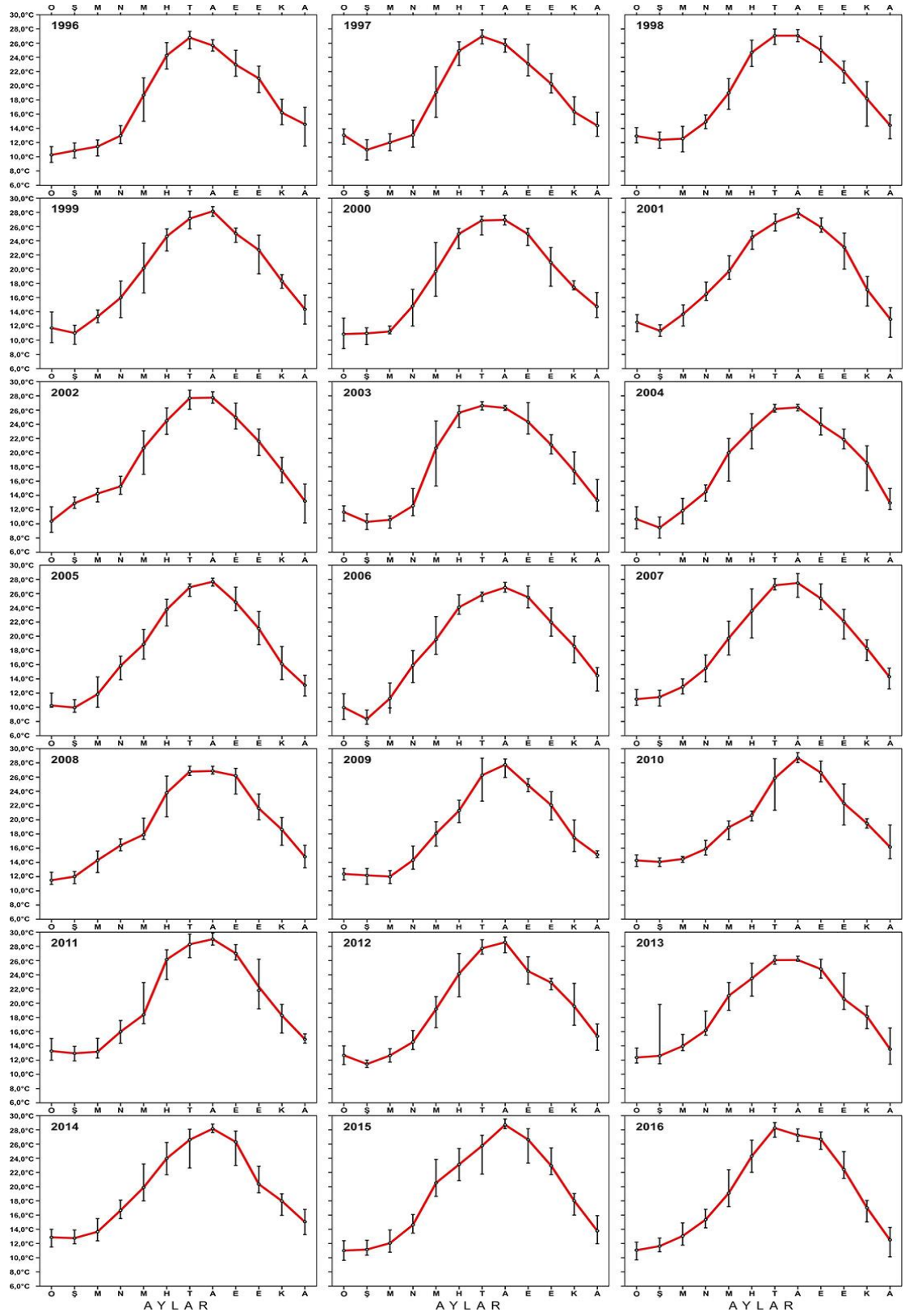
Körfezde en sık rastlanan Tintinnid türleri bakımından yapılan kantitatif değerlendirmeler sonucunda 2008 Ocak ayında *H. subulata* 2 no'lu istasyonda 10 metrede 675 birey l⁻¹, *Salpingella decurtata* Temmuz ayında 3 no'lu istasyonun 0,5 metrede 100 birey l⁻¹, *H. subulata* 2008 Temmuz ayında 2 no'lu istasyonun 0,5 metrede 136 birey l⁻¹, 2008 Kasım ayında 2 no'lu istasyonun 0,5 metrede 136 birey l⁻¹, 2009 Şubat ayında 3 no'lu istasyonun 0,5 metrede 50 birey l⁻¹, 2009 Nisan ayında 2 no'lu istasyonun 5 metrede 444 birey l⁻¹, 2009 Temmuz ayında 2 no'lu istasyonun 0,5 metrede 68 birey l⁻¹, 2009 Kasım ayında 1 no'lu istasyonda 0,5 metrede 32 birey l⁻¹, *Favella campanula* Şubat ayında 3 no'lu istasyonun 0,5 metrede 2048 birey l⁻¹, *H. subulata* 2010 Temmuz ayında 3 no'lu istasyonun 0,5 metrede 49648 birey l⁻¹, 2011 Şubat ayında 3 no'lu istasyonun 5 metrede 2040 birey l⁻¹, 2011 Nisan ayında 2 no'lu istasyonun 10 metrede 10 birey l⁻¹, 2011 Temmuz ayında 3 no'lu istasyonda 0,5 metrede 288 birey l⁻¹, 2011 Kasım ayında 3 no'lu istasyonda 0,5 metrede 897 birey l⁻¹ ve 2013 Kasım ayında 1 no'lu istasyonda 10 metrede 348 birey l⁻¹ bolluğunda gözlenmiştir.

İstasyonlara bağlı farklılığın belirlenmesi için yapılan çalışmalar sonucunda tintinnidlere ait en düşük bolluk Nisan 2006 döneminde 4 birey l⁻¹ olarak *Eutintinnus fraknoi* türü olarak belirlenmiş (3 no'lu istasyon, derinlik 0,5 m), en yüksek bolluğa ise Temmuz 2010 döneminde *Helicostomella subulata* türü 49648 birey l⁻¹ ile ulaşmıştır (3 no'lu istasyon, derinlik 0,5m).

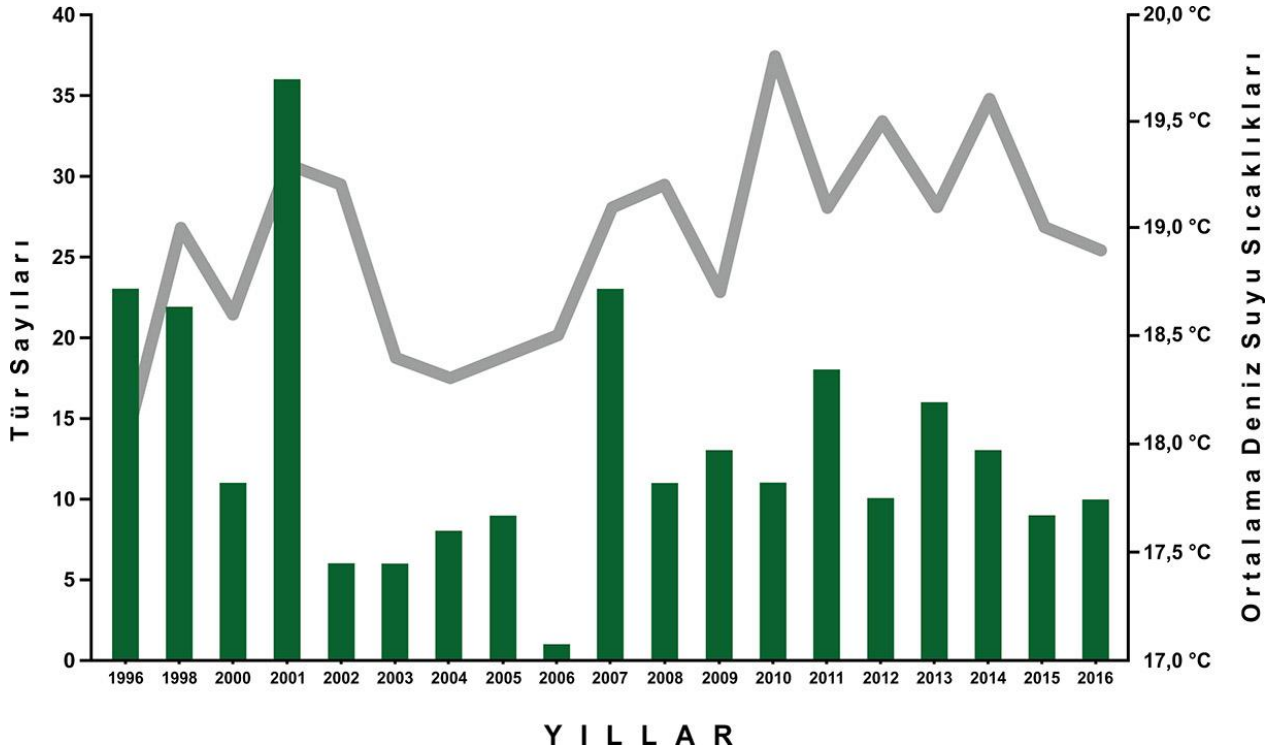
1996-2016 yılları arasına ait, İzmir Körfezinin en yüksek ve en düşük deniz suyu sıcaklıkları Ankara Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınarak, ortalamaları hesaplanmıştır (Şekil 4). Deniz suyunun 20 yıllık sıcaklık ortalamalarına baktığımızda, en yüksek değere 2010 yılında 29,4°C olarak Ağustos ayında ulaştığı görülür. En düşük deniz suyu sıcaklığı ise 2009 yılı Şubat ayında 8,0°C olarak ölçülmüştür. 20 yıllık süre boyunca körfezdeki siliyat türlerinin dağılımına baktığımızda, özellikle 2001-2007 yılları ve 2010-2012 arasındaki deniz suyu sıcaklığının nispeten daha düşük olduğu dönemlerdeki tür sayılarında düşme açık olarak görülür. Deniz suyu sıcaklık ortalamalarıyla, tür sayılarındaki artış ve azalmalar gözle görülür bir şekilde uyum halindedir (Şekil 5). Ankara Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün körfeze ait aylık deniz suyu sıcaklıkları ile hava sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi görebilmek amacıyla yapılan korelasyon hesabında, geçen süre boyunca deniz suyu ve hava sıcaklığı arasında pozitif bir ilişki olduğu görülmüştür (r: 0,703; p:0,03). Parametrik test varsayımları dikkate alındığında, T testinde 1996 yılı ve 2016 yılı deniz suyu sıcaklık ortalamaları karşılaştırılmıştır. 1996 yılındaki ortalama deniz suyu sıcaklığı 17,9°C, 2016 yılındaki ortalama deniz suyu sıcaklığı ise 19,1°C'dir. Yapılan T testiyle, deniz suyu sıcaklıkları, hava sıcaklıkları aylık ortalamalarıyla karşılaştırıldığında 0,05 yanılma düzeyinde, %95.0 güvenlilikle istatistiksel farklılık bulunmuştur ve deniz suyu sıcaklığının geçen 20 yıllık sürede 1,20°C artış gösterdiği görülmektedir (t: 1.1776; p: 0.2466).



Şekil 3. 1996-2016 yılları arasında tintinnid türlerinin hiyerarşik kümelendirme analizi sonuçları
Figure 3. The results of hierarchical cluster analysis in tintinnid species between 1996 and 2016



Şekil 4. 1996-2016 yılları arası maksimum, minimum ve ortalama deniz suyu sıcaklıkları (Yurga, 2015)
Şekil 4. Maximum, minimum and average sea water temperatures between 1996 and 2016 (Yurga, 2015)



Şekil 5. 1996-2016 yılları arasında siliyat sınıfının körfezdeki dağılımı ve deniz suyu sıcaklık ortalamaları
Figure 5. Distribution of the Ciliata class in the bay between 1996 and 2016 and sea water temperature averages

TARTIŞMA VE SONUÇ

Körfezde periyodik olarak yapılan çalışmalarda *H. subulata*, *S. decurtata* ve *S. steenstrupii* dönem dönem bolluk bakımından baskın olduğu dikkat çekmektedir (Çolak Sabancı ve Koray, 2016). Özellikle *H. subulata* cinsinin yaygın olarak neritik sularda dağılışı gösterdiği bildirilmiştir (Pierce ve Turner, 1993). Ayrıca, *Helicostomella* türünün ilkbahardan sonbahara kadar ortamdaki diğer tintinnid türlerinden daha bol olarak bulunduğu da rapor edilmiştir (Bojanić ve ark., 2006). Kış aylarında bu türün nispeten daha seyrek olarak görülmesinin sebebi, kist haline dönüşerek dibe çökmesidir (Paranjape, 1980). *Amphorides*, *Codonellopsis*, *Eutintinnus*, *Salpingella* ve *Steenstrupiella* kozmopolitan; *Rhabdonella* sıcak su türü ve *Favella*, *Metacylis* ve *Tintinnopsis* genusuna ait türler ise neritik olarak değerlendirilirler (Pierce ve Turner, 1993). *Salpingella* cinsine ait türler oseanik olarak değerlendirilse de (Lee ve Kim, 2010) bu çalışmada *Salpingella curta* türü 2009 Kasım ayında çalışılan istasyonlardaki tüm derinliklerde gözlenmiştir. *S. curta*, 1 no'lu istasyonda 0,5 metrede 64 birey l⁻¹, 5 metrede 35 birey l⁻¹, 10 metrede 35 birey l⁻¹, 2 no'lu istasyonda 0,5 metrede 36 birey l⁻¹, 5 metrede 70 birey l⁻¹, 10 metrede 37 birey l⁻¹ ve İç Körfezdeki 3 no'lu istasyonda 0,5 metrede birey 34 l⁻¹, 5 metrede 99 birey l⁻¹ ve 10 metre derinlikte 35 birey l⁻¹ bolluğunda saptanmıştır. *S. curta* Şubat 2010'da 2 no'lu istasyonun 0,5 metre derinliğindeki bolluğu 144 birey l⁻¹'dir.

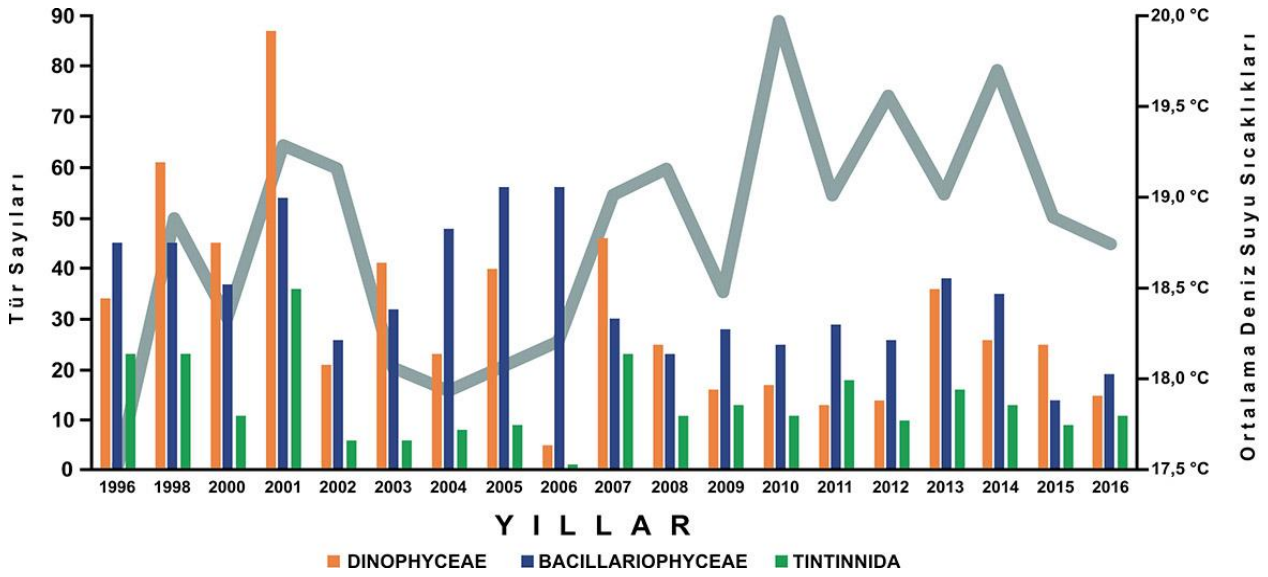
Balkıs (2004) yaptığı çalışmada, tintinnidlerin tür ve birey sayılarının Ekim ve Kasım aylarında arttığını, bununla ilişkili

olarak fitoplankton yoğunluğunun azaldığını bildirmiş, ayrıca tintinnidlerle fitoplanktonik türlerin arasında negatif bir ilişki olduğu da vurgulanmıştır (Balkıs, 2004; Balkıs ve Toklu Alıçlı, 2009; Lee ve Kim, 2010). Ancak, Kimor ve Golandsky (1977) ve Sorokin'in (1977) yaptığı araştırmalarda ortamdaki fitoplankton bolluğu ile tintinnid türleri arasında pozitif bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Balkıs ve Koray 2014). Bu çalışmamızda, Balkıs'ın 2004'teki çalışmasındakiyle benzer şekilde, tintinnidlerin Ekim ve Kasım aylarında tür ve birey sayılarının arttığı, bununla ilişkili olarak fitoplankton yoğunluğunun azalması sebebiyle negatif bir ilişki olduğu bulunmuştur.

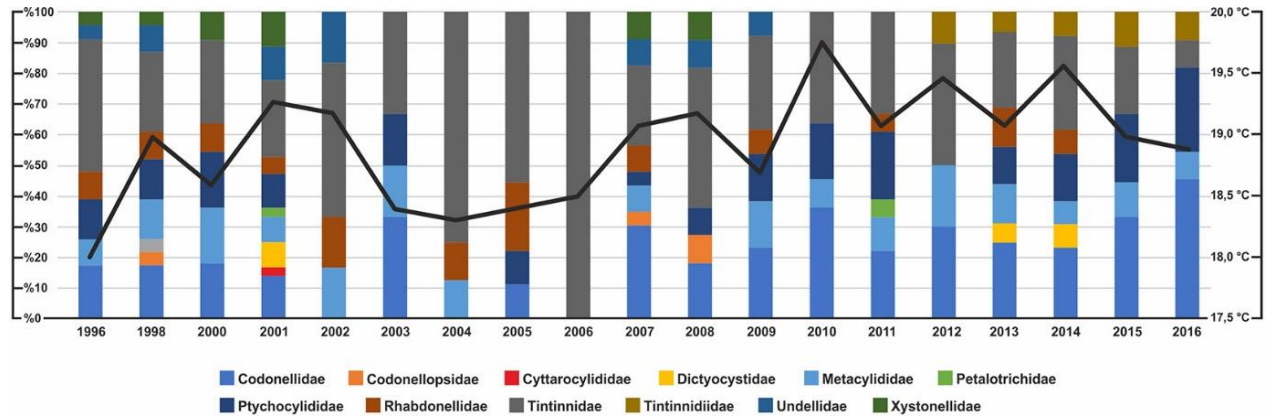
Çeşitlilik durumunu belirlemek amacıyla, 20 yıllık tintinnid bolluk verisi, dış körfezden iç körfeze doğru ele alınarak karşılaştırıldığında, dış körfezin kantite ve kalite yönünden daha zengin, iç körfezin ise kalite yönünden fakir fakat kantite yönünden bol olduğu görülmektedir. Dış körfezden, orta ve iç körfeze doğru gidildikçe tintinnid tür çeşitliliği azalmakta, fakat saptanan türlerin bollukları artmaktadır. Sadece tintinnidlerin değil, diatom ve dinoflagellatların da dış körfezdeki tür çeşitliliği her zaman fazladır (Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Mikrobiyolojik Etki Ve Sonuçlarının İzlenmesi 2007 Yılı Final Raporu). Tintinnidler, oksijence fakir, nütrientçe zengin, nispeten kirletilmiş kıyısız bölgelerde yaşamaya diğer türlere göre daha kolay adapte olabilen canlılardır (Yurga, 1992). Özellikle iç körfezde 2000'li yılların başlarından sonra görülen kirliliğin artışı, 2000'li yılların sonuna doğru hızlanmış, İzmir Büyük Kanal Projesinin devreye girmesiyle kirlilik kontrol

edilebilmiş, orta ve iç körfezde diatom, dinoflagellat ve tintinnid türlerinde artış görülmüş ve İzmir Körfezi Atıksu Arıtma Tesisinin 2000 yılında devreye girmesiyle, körfezdeki 2 büyük planktonik ana grup olan diatom ve dinoflagellat toplulukları üzerine olumlu etkiler gözlemlenirken, siliyat toplulukları üzerinde nispeten olumlu bir zenginleşme olduğu görülmüştür (Şekil 6) (Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik Ve Mikrobiyolojik Etki ve Sonuçlarının İzlenmesi 2012 Sonuç Raporu). Körfezden saptanan 11 tintinnid familyasının yıllara göre kümelenme

oranlarının gösterildiği Şekil 7'de, 20 yıllık zaman boyunca artış ve azalış gösteren deniz suyu sıcaklık ortalamaları verilmiştir. Özellikle Rhabdonellidae familyasına ait türlerin artan deniz suyu sıcaklığı ile dönem boyunca uyumlu olarak körfezde dağılım gösterdikleri görülmüştür (Şekil 7). Buna göre 20 yıllık süre boyunca körfezde en fazla türle temsil edilen familyalar Tintinnidae (%33,7), Codonellidae (%21,2), Metacylididae (%9,8), Rhabdonellidae (%7,8), Undellidae (%4,3) ve Xystonellidae (%3,9) oranları ile temsil edilmiş, diğer familyalar %2'nin altında kalmıştır (Tablo 2).



Şekil 6. 1996-2016 yılları arasında deniz suyu sıcaklık ortalamaları ve körfezdeki Dinoflagellat, Diatom ve Tintinnidlerin dağılımı
Figure 6. Sea water temperature averages between 1996 and 2016 and the distribution of the Dinoflagellates, Diatoms and Tintinnids in the bay



Şekil 7. 1996-2016 yılları arasında siliyat familyaları kümelenme oran grafiği ve deniz suyu sıcaklıkları ortalamaları
Figure 7. Clustered stacked column charts of the Ciliata families and sea water temperature averages between 1996-2016

Yabancı gemilerin ballast tanklarıyla taşınarak körfeze gelmiş, Oligotrichida takımına ait dış kaynaklı 2 siliyat türü ilk kez olarak 2007 yılında, körfezden alınan örneklerde saptanmış, *Leprotintinnus nordqvistii* ve *Rhizodomus tagatzii*

(=*Tintinnopsis corniger*), dikkat çekici aşırı çoğalmalar yapmadan, çalışmalarda nadiren görülen dış kaynaklı 2 yeni siliyat türü olarak rapor edilmiştir (Yurga, 2012). Araştırma sonucunda 20 yıllık tintinnid verisi incelendiğinde, dış kaynaklı

iki tür olan *Leptotintinnus nordqvistii* ve *Rhizodomus tagatzii* (= *Tintinnopsis corniger*) yanında *Salpingella* sp., *Tintinnopsis* sp., *Tintinnopsis lobiancoi*, *Rhabdonella brandti*, *Dictyocysta elegans* ve *Tintinnopsis radix* körfezde en az rastlanan türlerdir (Şekil 3). *Rhizodomus tagatzii* türünü çalışmalarında istilacı bir tür olarak ele alan Saccá ve Giuffré (2013), bu türün okyanuslarda taşımacılık yapan büyük gemilerin ballast tanklarında taşındığını tespit etmişlerdir. Türkiye kıyılarını kapsayan çalışmada Balkis ve Koray (2014) *Rhizodomus tagatzii* türünü Ege ve Marmara Denizi'nde saptamış, diğer bir dış kaynaklı tür olan *Leptotintinnus nordqvistii* ile bu türün ancak akıntılar ve gemilerin ballast tanklarıyla taşınabileceğini belirtmişlerdir.

Sonuç olarak, Tintinnidae familyasına ait mikrozooplanktonik türler, körfezde en bol bulunan grubtur. 1996 yılından itibaren körfezdeki siliyat tür çeşitliliğindeki azalma, kirliliğin artışıyla birlikte dikkat çekicidir. Körfezde tüm zamanlar boyunca en baskın sınıf olan diatom ve bunu takip eden dinoflagellat tür çeşitliliğinde de benzer azalmalar tespit edilmiştir (Şekil 6), (Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve

Mikrobiyolojik Etki Ve Sonuçlarının İzlenmesi 2007 Yılı Final Raporu).

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan bütün örnekler, "DBTE-180 Büyük kanal projesinin İzmir Körfezi denizel ortamında fiziksel kimyasal biyolojik ve mikrobiyolojik etki ve sonuçları" ve "DBTE-199 Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Mikrobiyolojik Etki ve Sonuçlarının İzlenmesi" projeleri için, 1996-2016 yılları arasında mevsimsel olarak, Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü'ne ait R/V. K. Piri Reis araştırma gemisiyle yapılan araştırma seferleri sırasında toplanmıştır. Yapılan projelerin bitirilmesini takiben, tüm örnekler Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimleri Anabilim Dalı bünyesinde kurulan Fitoplankton Müzesinde saklanmış, bu araştırma için 20 yıllık materyal yeniden değerlendirilmiştir. Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü akademik personeline, R/V. K. Piri Reis araştırma gemisi personeline gösterdikleri destek ve yardımlardan dolayı çok teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- AlgaeBase (2018) AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland. <http://www.algaebase.org/> Alıntılanma Tarihi: 22.01.2018
- Balkis, N., (2004). Tintinnids (Protozoa: Ciliophora) of the Büyükçekmece Bay in the Sea of Marmara. *Scientia Marina*, 68, 33-44. DOI: 10.3989/scimar.2004.68n133
- Balkis, N. & Toklu Açıllı, B., (2009). Tintinnid (Protozoa: Ciliophora) species in the Edremit Bay, *IUFJ Journal of Biology*, 68(1): 47-53.
- Balkis, N., & Koray, T. (2014). A check-list of Tintinnids (Protozoa: Ciliophora) in the Coastal Zone of Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, 46(4), 1029-1038.
- Bojanić, N., Šolić, M., Krstulović, N., Sestanović, S., Ninčević Gladan Z., Marasović I. & Brautović, I., (2006). The role of ciliates within the microbial food web in the eutrophicated part of Kastela Bay (Middle Adriatic Sea). *Scientia Marina*, 70(3), 431-442. DOI: 10.3989/scimar.2006.70n3431
- Boltovskoy, D. (1981). Atlas del zooplankton del Atlantico sudoccidental. Publicacion especial del INIDEP, Mar del Plata, 936pp.
- Buskey, E.J., & Hyatt, C.J., (1995). Effects of the Texas (USA) 'brown tide' alga on planktonic grazers. *Marine Ecology Progress Series*, 126, 285-292. DOI: 10.3354/meps126285
- Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik ve Mikrobiyolojik Etki Ve Sonuçlarının İzlenmesi 2007 Yılı Final Raporu. Proje No: DBTE-167. Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve Teknoloji Enstitüsü ve İzmir Büyükşehir Belediyesi İzmir Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Ocak 2008
- Büyük Kanal Projesinin İzmir Körfezi Denizel Ortamında Fiziksel, Kimyasal, Biyolojik Ve Mikrobiyolojik Etki Ve Sonuçlarının İzlenmesi 2012 Sonuç Raporu. Proje No: DBTE-199. Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri Ve Teknoloji Enstitüsü ve İzmir Büyükşehir Belediyesi İzmir Su Ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Ocak 2012
- Çolak Sabancı, F. & Koray, T., (2001). The impact of pollution on the vertical and horizontal distribution of microplankton in İzmir Bay (Aegean Sea) (in Turkish). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(1-2): 187-202.
- Çolak Sabancı, F. & Koray, T., (2016). İzmir Körfezi (Ege Denizi'nin) Neritik Sularında Dağılım Gösteren Tintinnidlerin Tür Kompozisyonu ve Mikrobiyolojik Etki Ve Sonuçlarının İzlenmesi 2007 Yılı Final Raporu).
- Mevsimsel Değişimi. *Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research*. 2(1): 20-29. E-ISSN 2149-0236. *Scientific Web Journals (SWJ)* DOI: 10.3153/JAEFR16003
- Dolan J. (2010). Morphology and Ecology in Tintinnid Ciliates of the Marine Plankton: Correlates of Lorica Dimensions. *Acta Protozoology* 49: 235-244.
- Durmuş, T., Balci, M. & Balkis, N., (2011). Species of Genus *Tintinnopsis* Stein, 1967 in Turkish coastal waters and new record of *Tintinnopsis corniger* Hada, 1964. *Pakistan J. Zool.*, 44(2), 383-388.
- Ergen, Z., (1967). İzmir Körfezi'nde tesbit edilen başlıca planktonik organizmalar. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmî Raporlar Serisi*, 47, 3-27.
- Geldiay, R. & Ergen, Z., (1968). Athecate marine dinoflagellates living in our region, Balık ve Balıkçılık, 6, 16,7-1.
- Fenchel, T., (1987). Ecology of Protozoa: The Biology of Free-living Phagotrophic Protists. Science Tech./Springer, Berlin, 197 pp.
- Hansen, P.J., Bjørnsen, P.K. & Hansen, B.W., (1997). Zooplankton grazing and growth: scaling within the 2-2,000-µm body size range. *Limnology and Oceanography*, 42(4): 687-704. DOI: 10.4319/lo.1997.42.4.0687
- Heinbokel, J.F. & Beers, J.R., (1979). Studies on the function role of tintinnids in the southern California Bright. III. Grazing impact of natural assemblages. *Marine Biology*, 52, 2332. DOI: 10.1007/BF00386854
- Hollibaugh, J.T., Fuhrman, J.A. & Azam, F., (1980). Radioactively labeling of natural bacterioplankton for use in trophic studies. *Limnology and Oceanography*, 25, 172-181. DOI: 1980.25.1.0172
- Isamu Y. (1982). Illustrations of the Marine Plankton of Japan: Protozoa. 3rd ed. Osaka: Hoikusha Publishing Co. Ltd., 161-193
- Kato, S., & Taniguchi, A., (1993). Tintinnid ciliates as indicator species of different water masses in the western North Pacific Polar Front, *Fisheries Oceanography*, 2, 166-174. DOI: 10.1111/j.1365-2419.1993.tb00132.x
- Kimor, B. & E. J. F. Wood, 1975. A plankton study in the eastern Mediterranean sea. *Marine Biology*, 29: 321-333. DOI: 10.1007/BF00388852
- Kimor, B. & Golandsky, B., (1977). Microplankton of the Gulf of Elat: aspects of seasonal and bathymetric distribution. *Marine Biology*, 42, 55-67. DOI: 10.1007/BF00392014

- Koray, T. & Özel, İ. (1983a): Species of the Sub-Order Tintinninea in İzmir Bay. E.Ü.F.F. Journal, Serie B, Supplement: 220-244.
- Koray, T. & Özel, İ., (1983b). İzmir Körfezi planktonundan haftanın Tintinninea türleri. I. Ulusal Deniz ve Tatlısu Araştırmaları Kongresi Tebliği. 15-17 Ekim 1981, İzmir. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, Seri B (I): 221-244.
- Koray, T. (1987a). One-celled microplankton species in İzmir Bay (Aegean Sea): A species list and a comparison with the records of adjacent regions. *Doğa, TÜBİTAK, Biology*, 11(3):130-146.
- Koray, T. (1987b). Comparison of diversity indices for determination of variations in phytoplankton communities. *Doğa Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 11(2): 242-253.
- Koray, T. (1987c). The importance of diversity indices in terms of phytoplankton community changes depending on pollution. (in Turkish). VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İzmir, 3-5 Eylül 1986, Bildiriler, Cilt 2: 520-527.
- Koray, T. (1988). Symbiotic associations in microplankton of İzmir Bay (Aegean Sea) and their pollution dependent distributions. (in Turkish). *Doğa, TÜBİTAK Biyoloji*, 12(1):46-52.
- Koray, T., Gökçınar, Ş. & Yurga, L. (1999). The effects of the pollution on the distribution of microplankton in the bay of İzmir (Aegean Sea). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(3-4): 421-431.
- Koray, T., Gökçınar, Ş., Polat, S., Türkoğlu, M., Yurga, L., Çolak, F., Benli, H.A. & Sarıhan, E., (2000). Türkiye Denizlerinin (Karadeniz, Ege Denizi ve Kuzeydoğu Akdeniz) mikroplankton (bir hücreliler) topluluklarının Kalitatif özelliklerinin karşılaştırılması. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(3-4): 231-247.
- Koray, T., Yurga, L. & Çolak-Sabancı, F. (2007). Türkiye Denizleri Mikroplankton (=Protista) Türlerinin Kontrol Listesi ve Tür Tayin Atlası. Proje No: TBAG-2239 (102T174): 154 pp.
- Lee, J.B. & Kim, Y.H., (2010). Distribution of Tintinnids (Loricated Ciliates) in East Asian Waters in Summer, in: Ishimatsu, A., Lie H.J., (editors) Coastal Environmental and Ecosystem Issues of the East China Sea: 173-180.
- Margalef R. (1963). Rôle des ciliés dans le cycle de la vie pélagique en Méditerranée, Rapp. Comm. Int. Mer Médit., 17, 2, 463.
- Marshall, S.M. (1969). Protozoa. Order Tintinnida, Zooplankton Sheets. 117-127. In Fiches d'identification du zooplancton. Fraser, J.H. and V.Kr. Hensen (eds), Cons. Perm., Int.Explor. Mer, Charlottenlund. DOI: 10.2307/2423833
- MSIP (2018) Marine Species Identification Portal. <http://species-identification.org/> Alıntılanma Tarihi: 22.01.2018
- Nakamura, Y., Suzuki, S., & Hiromi, J., (1996). Development and collapse of a *Gymnodinium mikimotoi* red tide in the Seto Inland Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 10: 131-137. DOI: 10.3354/ame010131
- Nielsen, T.G., Kiørboe, T. & Bjørnsen, P.K., (1990). Effects of a *Chrysochromulina polylepis* subsurface bloom on the planktonic community. *Marine Ecology Progress Series*, 62: 21-35. DOI: 10.3354/meps062021
- Nümann, W. (1955). İzmir Körfezinde "Balık Kırılması" hadisesi, *Hidrobiyoloji Mecmuası*, 3A, 2: 90-93.
- Paranjape, M. (1980). Occurrence and significance of resting cysts in a hyaline tintinnid *Helicostomella subulata* (Ehrenberg) Jörgensen. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 48: 23-33. DOI: 10.1016/0022-0981(80)90004-0
- Plankweb (2018) Check-list of Turkish Seas Microplankton <http://plankweb.ege.edu.tr/chklists.html> Alıntılanma Tarihi: 22.01.2018
- Pierce, R.W. & Turner, J.T., (1993). Global biogeography of marine tintinnids. *Marine Ecology Progress Series*, 94:11-26. DOI:10.3354/meps094011
- Saccà, A. & Giuffrè (2013): Biogeography and ecology of *Rhizodorus tagatzi*, a presumptive invasive tintinnid ciliate. *Journal of Plankton Research*, 894-906. DOI: 10.1093/plankt/ftt036
- Sorokin, Y.I. (1977). The heterotrophic phase of plankton succession in the Japan Sea. *Marine Biology*, 41: 107-117. DOI:10.1007/BF00394018
- Sournia, A. (1976). Phytoplankton Manual. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris. 337p.
- Stoecker, D., Guillard, R.R.L. & Kavee, R.M., (1981). Selective predation by *Favella ehrenbergii* (Tintinnia) on and among dinoflagellates. *The Biological Bulletin*, 160. DOI: 10.2307/1540907
- Stoecker, D., Davis, L.H. & Provan, A., (1983). Growth of *Favella* sp. (Ciliata: Tintinnina) and other microzooplankters in cages incubated in situ and comparison to growth in vitro. *Marine Biology*, 75: 293-302. DOI: 10.1007/BF00406015
- Stoecker, D., Davis, L.H. & Anderson, D.M., (1984). Fine scale of spatial correlations between planktonic ciliates and dinoflagellates. *Journal of Plankton Research*, 6(5): 829-842. DOI: 10.1093/plankt/6.5.829
- Tomas, C.R., 1997. Identifying Marine Phytoplankton. XV, 858p. San Diego, California: Academic Press
- Travers, A. & Travers, M., (1975). Catalogue of the Microplankton in the gulf of Marseilles. *Hydrobiology*, 60(2), 251-276. DOI: 10.1002/iroh.19750600207
- Tregouboff, G. & Rose, M. (1957). Manuel de Planctologie Méditerranéenne, Tome I-II, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 587 pp.
- Watras, C.J., Garcon, V.C., Olson, R.J., Chisholm, S.W. & Anderson, D.M., (1985). The effect of zooplankton grazing on estuarine blooms of the toxic dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis*. *Journal Plankton Research*, 7(6), 891-908. DOI: 10.1093/plankt/7.6.891
- Yurga, L. (1992): İzmir Körfezi'nde bazı kanalizasyon girişleri çevresindeki mikroplankton toplulukları üzerine ekolojik araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. Bornova, İzmir, 1992
- Yurga, L. (2012): İzmir Körfezi için 2 yeni Tintinnid (Oligotrichida) türü: *Leprotintinnus nordqvisti* Brandt, 1906 ve *Rhizodorus tagatzi* (=Tintinnopsis corniger) Hada, 1964. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 29(2), 53-56. DOI: 10.12714/egejfas.2012.29.2.03
- Yurga, L. (2015): İzmir Körfezi Fitoplanktonunun 15 yıllık tür dağılımları ve istatistiksel olarak karşılaştırmalı incelenmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(1), 25-30. DOI: 10.12714/egejfas.2015.32.1.04

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Size distribution, fatty acid composition and short-term storage studies on Blue mussel (*Mytilus edulis*) trochophores

Mavi midye (*Mytilus edulis*) trokoforlarının boy dağılımı, yağ asit kompozisyonu ve kısa dönem canlı depolama çalışmaları

Gamze Turan^{1*} • Linda J. Kling²

¹ Ege University, Fisheries Faculty, Aquaculture Department, 35040 Bornova, Izmir, Turkey

² University of Maine, Department of Animal, Veterinary, and Aquatic Sciences, 04469 Orono, Maine USA

* Corresponding author: gamze.turan@ege.edu.tr

Received date: 19.02.2018

Accepted date: 02.05.2018

How to cite this paper:

Turan, G. & Kling, L.J. (2018). Size distribution, fatty acid composition and short-term storage studies on Blue mussel (*Mytilus edulis*) trochophores. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 279-287. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.07

Abstract: In this study, experiments were carried out to evaluate the blue mussel (*Mytilus edulis*) trochophore as a potential live feed for marine fish larvae. A short-term low temperature storage method has been developed to preserve and transport live trochophores. The mean size of *M. edulis* trochophores was found to be $73,50 \pm 5,24$ μ m. The survival rates of trochophores were ascertained in 4-5 °C storage condition. Blue mussel fatty acid profile showed a predominance of 16: 0 (14,17%) and 20: 5 (ω -3) (20,01%), and high concentrations of 16: 1 (ω -7) (7,79%) and 22: 6 (ω -3) (6,14%). Concentrations of 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) totaled 26, 15%. Total ω 3-HUFA accounted for 36,14% of the total fatty acids. The study suggested that mussel trochophores would be a good diet for marine fish larvae due to the size, suitable fatty acid composition, storage time up to 6-7 days and also capability to swim at low temperatures.

Keywords: Blue mussel, trochophore, size, fatty acids, live storage

Öz: Bu çalışmada, mavi midye (*Mytilus edulis*) trokoforlarının deniz balığı larvaları için potansiyel canlı yem kaynağı olarak değerlendirilmesi için deneyler gerçekleştirilmiştir. Canlı trokoforların kolay kullanımı ve taşınmaları için kısa dönem depolama metodu geliştirilmiştir. Depolama koşullarında (4-5 °C) trokoforların yaşama yüzdeleri belirlenmiştir. Trokoforların ortalama boyu $73,50 \pm 5,24$ μ m olarak ölçülmüştür. Yağ asit profilleri incelendiğinde 16: 1 (ω -7) (% 7,17) ve 20: 5 (ω -3) (%20,01) bakımından zengin olup, yüksek oranlarda da 16: 1 (ω -7) (% 7,17) ve 22: 6 (ω -3) (% 6,14) yağ asitlerinin varlığı belirlenmiştir. 20: 5 (ω -3) ve 22: 6 (ω -3) konsantrasyonlarının toplamda % 26,15 olduğu, ω -3 HUFA' nın toplam yağ asitlerinin % 36,14'ünü oluşturduğu saptanmıştır. Sonuç olarak midye trokoforlarının büyüklüğü, uygun yağ asiti kompozisyonu, 6-7 güne kadar depolama süresi ve ayrıca düşük sıcaklıklarda yüzebilme yeteneği göstermelerinden dolayı deniz balıkları larvaları için iyi bir yem olacağı ön görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Mavi midye, trokofor, boy, yağ asitleri, canlı depolama

INTRODUCTION

Feeding studies with several marine fish larvae have suggested that the (ω -3) HUFA content of the feed is a principal factor determining its dietary value (Sargent et al., 1989). Bivalve eggs and trochophores have a high percentage of 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) fatty acids (Pollero, 1979; Trider et al., 1980; Waldock et al., 1984; Beninger et al., 1985; Napolitano et al., 1992). Moreover, at certain times of the year bivalve larvae may be a part of the natural plankton assemblage which forms the natural diet of marine fish larvae. However, the use of bivalve trochophores as a potential food item for larval fish has not been adequately researched.

Only a few studies using fertilized eggs and trochophores as food sources have been reported. Benetti and Fagundes-

Netto (1982) reported that during production of larval mullet (*Mugil liza*), green water (between the 5th day and throughout the culture period), fertilized oyster (*Crassostrea brasiliana*) eggs (between the 3rd and 12th days), rotifers (between the 5th and 21st days), and brine shrimp nauplii and metanauplii (after the 16th day) were used. Survival rates at 6 months, indicated this feeding regime to be the best. Grouper larvae, (hybrid of white-spotted green grouper, *Epinephelus amblycephalus*, and wild red grouper, *E. akaara*) were sufficiently reared by feeding with fertilized oyster eggs, rotifers, and brine shrimp nauplii (Tseng and Poon, 1983). Similar results were also obtained for *E. amblycephalus* larvae fed fertilized oyster eggs, rotifers, and *Artemia* nauplii (Tseng and Chan, 1986) and milkfish (*Chanos chanos*) larvae fed with fertilized oyster eggs, rotifers,

copepods, brine shrimp, flour and prepared feed, together with *Chlorella* (Liao et al., 1979).

By using natural plankton and nutritionally rich oyster trochophores as first food, Hawaiian stream goby (*Lentipes concolor*) larvae were reared successfully up to 21 days (Lindstrom, 1994). Hongchao and Feng (1990) determined that oyster trochophores were found to be the most suitable food item among the three kinds of live food sources (oyster trochophores, rotifers and *Artemia* nauplii) for the first feeding of black porgy (*Sparus macrocephalus*) larvae. Kentouri and Divanach (1986) reported that black mussel (*Mytilus galloprovincialis*) trochophores were treated as substitute prey by gilthead seabream (*Sparus aurata*) larvae. In addition, green mussel (*Perna viridis*) eggs and trochophores were considered to be the best potential live food source for greasy grouper (*Epinephelus tauvina*) larvae which cannot feed on S-type rotifers directly because of its small mouth size (Lim, 1991). The nutritional value of trochophores was illustrated in the study of Watanabe et al. (1996) who found that larval nassau grouper (*Epinephelus striatus*) fed a mixed-prey of 50% cryopreserved *Crassostrea gigas* trochophores and 50% SS-type rotifers exhibited higher growth and survival than those fed rotifers or trochophores and rotifers in sequence.

Since trochophores develop from fertilized eggs in just a few hours and quickly develop into shelled veliger larvae, it is very unlikely that a sufficient number of trochophores could be produced to coincide exactly with the availability of initial feeding fish larvae. Thus, for eventual commercial development of marine fish culture, a means of holding and transporting live trochophores for "on demand" use at distant locations is needed. This need can be met by developing storage management techniques for bivalve trochophores. Storage of the trochophores below their culture or ambient temperature can be used to prolong their viability. The majority of relevant publications relate to storage of fish milt under chilled conditions, usually in domestic refrigerators (Stoss and Holtz, 1983; Scott and Baynes, 1980; McAndrew et al., 1993). Although fish ovaries can be successfully stored, most of the studies and applications of liquid storage of gametes relate to spermatozoa and to salmonids (Buyukhatipoglu and Holtz, 1978; Labbe et al., 2018; Paredes et al., 2012 and 2013; Stoss and Holtz, 1983; Scott and Baynes, 1980; McAndrew et al., 1993).

The main objective of the study is 1) to determine the sizes of the trochophores, 2) to investigate fatty acid composition of the trochophores, and 3) to establish the short-term storage methods to maximize trochophore survival.

MATERIALS AND METHODS

Experimental animals

Broodstock of blue mussel (*Mytilus edulis*) were obtained from different shellfish companies located along the eastern

Maine coast, Maine, USA (Table 1). Replications were determined by spawning dates for the broodstock and each replicate represents one batch of eggs from the mussel species spawned on a particular day. In grouping the blue mussel replications, egg colour was also considered a variable for both storage and fatty acid composition studies. During the spawning operations, orange, white, and mix (mix of white and orange) colored eggs were fertilized separately. The egg colours of *M. edulis* broodstock is shown in Table 2.

Spawning operations

Mussel broodstock was obtained from nature, and they were transported in a container packed in ice. These mussels were kept moist in a refrigerator at 4-6 °C overnight. The next day, they were transferred into the spawning tank and filtered seawater (22-24 °C) was added to a depth of 5 to 6 cm. The tank was drained and refilled continuously. When mussels started spawning, they were placed in containers of seawater to collect eggs and sperm separately. A small volume of sperm suspension (2-3 mL) was used to fertilize the 20 million eggs in the fertilization tank. Fifteen minutes after fertilization, a sample of eggs was checked under a microscope to determine fertilization success (Myrina et al., 2015). A compound microscope (Olympus) with 100x magnification was employed to determine developmental stages of the bivalve eggs, and measurements of the trochophore size and survival.

After 1 h, developing embryos were collected on a 23 µm mesh sieve, and placed into 150-mL glass serum bottles (Myrina et al., 2015). They were then transported on ice to the laboratory and kept overnight in the refrigerator at 4 °C and were prepared for both fatty acid analysis and short-term storage studies. It was observed that 1 day after spawning, most of the embryos had reached the trochophore stage while in the refrigerator. They were moved from the refrigerator and left at room temperature (approximately 20 °C) for 15-30 min. When the water temperature started to increase in the containers, viable trochophores started to swim into the upper part of the water column, while embryos remained at the bottom of the containers. The percentage of embryos that developed to trochophores was not examined. These embryos were removed from the containers by using a pipette. Mussel trochophores became mobile at 4 °C, so the separation between *M. edulis* embryos and trochophores was performed without leaving the containers at room temperature.

Size study

The size of the trochophores was determined using a blood cell counter and a compound light microscope. Each replicate was mixed well, and a 1 mL sample was taken from each container with a pipette. A 1 mL sample was diluted in containers with 24 mL sea water, mixed well and a 1 mL subsample was used for size measurements. This step was repeated five times for each replicate.

Table 1. Experimental *M. edulis* broodstock: replication number, source, and nutritional history

Species	Replicate	Source	Nutritional history
<i>M. edulis</i>	1	Private Company I*	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	2	Private Company I	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	3	Private Company I	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	4	Private Company II**	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	5	Private Company II	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	6	Private Company II	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	7	Private Company II	naturally-conditioned
<i>M. edulis</i>	8	Private Company II	naturally-conditioned

*GEMF: Great Eastern Mussel Farm, Long Cove Rd, Tenants Harbor, ME 04860, USA

**Maine's Best Seafood, 61 Union St, Blue Hill, ME 04614, USA

Table 2. The experimental *M. edulis* broodstock species: replication number, spawned female and male number, and their egg colours

Species	Replicate	No of female	No of male	egg colour
<i>M. edulis</i>	1	Nd	Nd	Orange
<i>M. edulis</i>	2	Nd	Nd	Orange
<i>M. edulis</i>	3	10	12	Not specific*
<i>M. edulis</i>	4	6	8	Orange
<i>M. edulis</i>	5	5	8	White
<i>M. edulis</i>	6	7	7	White
<i>M. edulis</i>	7	8	7	Orange
<i>M. edulis</i>	8	15	7	Not specific

Nd: Not determined, * Not specific : mix of white and orange colour

Fatty acid composition study

Sample preparation

After embryos were removed from the containers, trochophore density was determined. A minimum of 0,5 million trochophores was added to each tube to provide sufficient lipid content for extraction and subsequent analysis. Using an average weight of 150 ng/trochophore and a lipid concentration of 20% (Whyte et al., 1987), 0,5 million trochophores would provide approximately 15 mg of lipid. Trochophores were collected on a 23 µm screen and rinsed with filtered seawater followed by ammonium formate solution (3,2%, w/v), in order to prevent oxidation of the lipids during storage (Whyte et al., 1991). They were then transferred into tapered test tubes, freeze-dried, and stored at -80 °C until they were analyzed (Whyte et al., 1987).

Total lipid extraction process

The method described by Bligh and Dyer (1959) was used for lipid extraction. Moisture content of the samples was determined by drying overnight at 105 °C in a laboratory oven (Stabil-Therm, Model OV500) and calculating the weight difference. In order to extract and purify all lipids from trochophores, chloroform-methanol (1:2) was added to the trochophore sample tubes at an amount equal to 3.75 times their water content, and mixed well. The mixture was kept for 30 minutes at room temperature and centrifuged at 2500 rpm for 10 minutes in a refrigerated Sorvall RC-5B centrifuge. The supernatant, containing the lipid, was removed and stored. The remaining sedimented trochophore sample was re-extracted

with 2-mL chloroform-methanol-water (1:2:0,8), mixed, and centrifuged. The second supernatant was combined with the first. The total volume of the extract was calculated. By dividing the total volume (mL) by 3.75, the amount of chloroform (mL) added to the extract was calculated. Then, 2 M (molar) potassium chlorate (KCl) was added to the extract in the same amount of chloroform, and mixed well. At this point, two phases were observed. For exact separation of the phases, the mixture was left in the refrigerator overnight at 4 °C. The upper phase was removed using a pipette. The lower phase, containing the lipid, was dried under nitrogen in a water bath (Nap Co., Model 202) at 45 °C. One ml chloroform was added to the dried tubes and the mixture was filtered through a glass funnel packed with glass wool into a weighed round-bottom tube to remove any undissolved material. The procedure was repeated with the addition of 1 mL of chloroform, and the filter was washed with 1 mL chloroform to wash out the lipid. The filtered extract was dried under nitrogen for 15 minutes and the tube was weighed. For 10 mg extract, 1 mL chloroform with 0.005% BHT (butylated hydroxy-toluene) was added to the dried extract just before the storage of the lipid sample in the freezer at -20 °C (Bligh and Dyer, 1959).

In the third step (transesterification), a 30 µL sample was taken from the stored lipid sample solution and placed into a tapered tube. The sample was dried under nitrogen in a water bath. First, 0,5 mL toluene then 0,5 mL metabolic base reagent (Alltech, Inc.) were added into the dried tube. After it was mixed well, the tube was placed in a Lab-Line multi-block heater at 70-80 °C for 15-20 minutes. The mixture was then allowed to cool to room temperature, and 1,5 mL of distilled water and 1,5 mL

methylene chloride were added to the tube. The mixture was capped and mixed well. At this point the sample was stored in the freezer at -20°C to separate the phases prior to gas chromatographic analysis (Bligh and Dyer, 1959).

A Gas Chromatograph (Hewlett Packard, Model 5890A), fitted with a capillary inlet system, a flame ionization detector, and connected to an integrator (Hewlett Packard, Model 3390A), was used for the analysis. The fatty acid methyl esters were separated on a Supelcowax 10 fused silica capillary column (30x 0,32 mm ID, 0,25 m film) programmed to 160°C with a $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ rise in the column temperature and held at 262°C for 6 min. Both injection and detector temperatures were maintained at 250°C . Helium carrier gas was purified through a high capacity heated gas purifier (Supelco, Inc.) and controlled at a linear velocity of 40 mL/min with a split ratio of 25:1. Analyte solutions (1-2 mL) were separated and identified by comparison with standard (cod liver oil) (Dr. Desiervo, pers. comm.). The integrator was programmed to reject areas less than 1000 and peak widths less than 0,04 min for noise rejection and peak recognition.

Short-term storage conditions and survival measurements

After embryos were removed from the spawning buckets, trochophores were stored in 150 mL containers at a density of 2500 individuals/mL, and they were transported from Rogers Hall, University of Maine to the Darling Marine Center, University of Maine, where short-term storage studies were conducted. The containers were placed in the refrigerator at a constant temperature of 4 to 5°C . According to the second preliminary experiment, 4°C was found to be the best for short-term storage because at that temperature, development beyond the trochophore stage does not occur in *M. edulis*. In order to reduce the bacterial growth in the containers, 1000 IU penicillin, 100 μg streptomycin and 500 μg neomycin were added to each milliliter trochophore suspension. Kanamycin (100 $\mu\text{g}/\text{mL}$) was used to replace neomycin during the last two months of the experiment (Dr. Opitz, pers. comm.). Every other day, filtered (0.22 μm mesh size) seawater was removed and replaced with 100 mL oxygen- rich seawater for the trochophore larvae.

The survival of the trochophores was determined daily. Each trochophore suspension was thoroughly mixed, and a 1 mL sample was taken from each container with a pipette and placed in a blood cell counter. The number of live and dead trochophores was observed under 100x magnification and recorded. This procedure was repeated five times for each sample. The short-term storage experiments were stopped when the survival rate of trochophores was 0 %. The storage period varied from 4 to 19 days.

During the storage experiments, salinity was measured with a hand-held refractometer (Atagor C., Ltd., Model 2441-W05). Dissolved oxygen levels (ppt) in the containers were measured with a Sentry III Oxygen/ Temperature Monitor (Otterbine,

Bartbo, Inc.). A pocket size ATC pH Tester (Cole Parmer, Model 59000-20) was used to measure pH.

Statistical analysis

Size and fatty acid composition data were analyzed using the MEAN Procedure using SAS (SAS Institute Inc., 1990). All data were expressed as means standard deviation. Survival data were analyzed using the LIFETEST Procedure with Logrank Test described by SAS (SAS Institute Inc., 1990). The logrank method has been used for biological data that compare survival rate among patients who received different treatments, or physical data that compare the lifetime of different diesel engines. The Logrank test compares the survival period using the Chi-square statistic. This method has several advantages over the other methods such as analysis of variance (ANOVA) and GLM. The Logrank fits nonparametric data, uses all data during the experimental period instead of a fixed time period, and it can analyze incomplete data. The LIFETEST procedure provided product-limit or life table estimates (day, with median survival period (days to 50% survival) standard error), and linear rank statistics using either Wilcoxon or log-rank scores.

RESULTS AND DISCUSSION

Size of trochophores

Mean size of mussel trochophores recorded here as $73.50 \pm 5.24 \text{ m}\mu$ is similar to that found previously (Bayne, 1976; and C. Lantaigne, unpublished results). Trochophores of *M. edulis* are 70-110 $\text{m}\mu$ in size (Bayne, 1976). C. Lantaigne (unpublished results) also found that *M. edulis* trochophores were 81-711 $\text{m}\mu$ in size.

The importance of prey size to successful first feeding of larval nassau grouper (*E. striatus*) was demonstrated previously (Watanabe et al., 1996). Watanabe et al. (1996) concluded that cryopreserved *C. gigas* trochophores (mean diameter = 49,9 $\text{m}\mu$; range = 35-60 $\text{m}\mu$), although insufficient when used alone, resulted in improved survival of larval *E. striatus* when used in combination with S-type rotifers, Hawaiian strain, (mean lorica length = 161 $\text{m}\mu$; range = 74-264 $\text{m}\mu$) and SS-type rotifers, Thai strain, (mean lorica length = 147 $\text{m}\mu$; range = 67-237 $\text{m}\mu$). Using a mix prey regime allowed greater percentage of the larvae at the time of mouth opening to ingest *C. gigas* trochophores probably related to the small size and low motility of *C. gigas* trochophores (Watanabe et al., 1996).

Based on size, *M. edulis* trochophores would be best prey item for cod or similar size fish larvae. Previous studies show that the prey size for Pacific cod larvae at 5 mm total length ranged between 67.5 $\text{m}\mu$ and 129 $\text{m}\mu$ (Takatsu et al., 1995).

Fatty acid composition of trochophores

The fatty acid profiles (% mean $\pm$ standard deviation) of the *M. edulis* trochophores are presented in Table 3. Results show that the fatty acids of 16: 0; 16: 1 (ω -7); 18: 0; 18: 1 (ω -9); 20: 5 (ω -3); as well as 22: 6 (ω -3) are, in general, the major

constituents (Table 3). The *M. edulis* fatty acid profile showed a predominance of 16: 0 (14,2 %) and 20: 5 (ω -3) (20 %), and high concentrations of 16:1 (ω -7) (7,8 %) and 22:6 (ω -3) (6 %). Concentrations of 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) totaled 26.2 %. Total ω -3 HUFA accounted for 36,1 % of the total fatty acids. This result reflects a major characteristic of the marine food web where unicellular algae of phytoplankton are the primary producers and they contain approximately 20 % of their dry weight as polar lipids, of which about 50 % is the ω -3 series HUFA. The ω -3 HUFA in the phytoplankton is accumulated in the tissues of primary consumers such as zooplankton, bivalves and zooplanktivorous fish (Sargent et al., 1989). Most fish species require ω -3 HUFAs. Their tissues contain predominantly HUFAs of the ω -3 series rather than the ω -6 series. In fact, 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) are the major HUFAs of fish, whereas linoleic acid, 18: 2 (ω -6), and arachidonic acid, 20: 4 (ω -6), are the major HUFAs of land animals. For most fish species, this specific requirement reflects a major characteristic of the aquatic environment where relatively low and constant temperatures occur (Sargent et al., 1989). The high level of 20: 5 (ω -3) (20 %) and 22: 6 (ω -3) (6 %) were found in *M. edulis*. These results support the conclusions obtained previously that bivalve eggs and trochophores have high levels of essential fatty acids in their lipids (Pollero, 1979; Trider et al., 1980; Waldock and Holland, 1984; Beninger and Stephan, 1985; and Napolitano et al., 1992). A comparison of the fatty acid composition of bivalve trochophores found in the present study with that of previous studies revealed differences in 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) compositions (Table 5). The dissimilarities of essential fatty acid composition among the bivalve species may be due to taxonomic differences, or differences in the diets of the parents. Watanabe and Ackman (1974) also found species specific fatty acid composition of *C. virginica* and *O. edulis*. *M. edulis* trochophores from different sources have different fatty acid profiles (Table 4). In the present study 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) of *M. edulis* trochophores were found to be 20.01 % and 6,14 %, respectively. In previous studies, the values were 1,74 % and 40,5 % (J.N.C. Whyte, unpublished results), 18,85 % and 13 % (C. Lantaigne, unpublished results), and 9,27 % and 10 % (C. Lantaigne, unpublished results), respectively. These differences in essential fatty acid composition of *M. edulis* trochophores supports conclusions obtained previously by Sastry (1979), Bayne et al. (1975), Bayne et al. (1978), Gallager and Mann (1986), Pollero et al. (1979), Trider et al. (1980), Waldock and Holland (1984), Beninger and Stephan

(1985), and Napolitano et al. (1992). These studies found that endogenous lipid reserves and fatty acid composition of bivalve eggs and trochophores are dependent on the nutritional status of the female parents.

Table 3. The fatty acids (% , mean $\pm$ standard deviation) of *M. edulis* trochophores

Fatty acids	<i>M. edulis</i> (N=8)
14: 0	1,129 $\pm$ 0,828
14: 1	0,075 $\pm$ 0,131
15: 0	1,171 $\pm$ 0,206
16: 0	14,165 $\pm$ 3,661
16: 1 (ω -9)	0,000 $\pm$ 0,000
16: 1 (ω -7)	7,793 $\pm$ 3,288
16: 1 (ω -5)	0,156 $\pm$ 0,297
17: 0	0,346 $\pm$ 0,144
17: 1	0,131 $\pm$ 0,144
18: 0	3,206 $\pm$ 0,806
18: 1 (ω -9)	2,597 $\pm$ 0,768
18: 1 (ω -7)	2,701 $\pm$ 0,857
18: 1 (ω -5)	0,066 $\pm$ 0,093
18: 2 (ω -6)	1,209 $\pm$ 0,697
18: 3 (ω -3)	0,634 $\pm$ 0,291
18: 4 (ω -3)	2,667 $\pm$ 1,115
20: 0	0,171 $\pm$ 0,418
20: 1 (ω -11)	1,623 $\pm$ 0,496
20: 1 (ω -9)	2,703 $\pm$ 0,905
20: 1 (ω -7)	1,884 $\pm$ 0,692
20: 2 (ω -6)	0,793 $\pm$ 0,896
20: 3 (ω -6)	0,314 $\pm$ 0,339
20: 4 (ω -6)	1,576 $\pm$ 0,340
20: 3 (ω -3)	0,833 $\pm$ 1,430
20: 4 (ω -3)	3,922 $\pm$ 8,154
20: 5 (ω -3)	20,008 $\pm$ 6,249
22: 1 (ω -11)	3,261 $\pm$ 5,634
22: 1 (ω -9)	0,085 $\pm$ 0,224
22: 1 (ω -7)	0,031 $\pm$ 0,082
21: 5 (ω -3)	0,835 $\pm$ 0,301
22: 4 (ω -6)	0,200 $\pm$ 0,269
22: 5 (ω -6)	0,376 $\pm$ 0,994
22: 5 (ω -3)	1,330 $\pm$ 0,585
22: 6 (ω -3)	6,137 $\pm$ 2,573
Σ (ω -3) HUFA	36,135 $\pm$ 5,774
Σ (ω -6) HUFA	4,345 $\pm$ 2,508
(ω -3)/(ω -6)	10,482 $\pm$ 4,871
Σ HUFA	40,700 $\pm$ 6,609
20: 5 (ω -3)/22: 6 (ω -3)	3,376 $\pm$ 0,447

Table 4. Essential fatty acid (%) composition of living organisms

Species	Source	20:5(ω -3)	22:6(ω -3)	Σ (ω -3) Hufa	References*
<i>C. gigas</i>	From nature	15,59	13,5	41,41	J.N.C. Whyte
<i>M. edulis</i>	From nature	20,01	6,14	36,14	Present
<i>M. edulis</i>	From nature	18,85	13	Np**	C. Lantaigne
<i>M. edulis</i>	<i>I. galbana</i>	9,27	10	Np	C. Lantaigne
<i>M. edulis</i>	Np	1,74	40,5	Np	J.N.C. Whyte
<i>M. merceneria</i>	Np	0,72	27,6	Np	J.N.C Whyte

<i>M. merceneria</i>	Np	11,2	10,2	Np	C. Lantaigne
<i>S. solidissima</i>	Np	13,5	11,2	Np	C. Lantaigne
<i>B. plicatilis</i>	<i>I. galbana</i>	3,06	5	Np	C. Lantaigne
<i>B. plicatilis</i>	ω -yeast	9-12	7-9	25-26	Watanabe et al. (1983)
<i>I. galbana</i>	Np	4,6	10,7	Np	C. Lantaigne
<i>I. galbana</i>	Np	2,21	25,85	Np	J.N.C. Whyte
<i>C. gracilis</i>	Np	10,24	1,2	Np	C. Lantaigne
<i>C. gracilis</i>	Np	33,71	1,84	Np	J.N.C. Whyte
<i>Pavlova lutheri</i>	Np	28,6	13,7	Np	C. Lantaigne
<i>A. salina</i>	Super selco	10,2	7,5	Np	Stotttrup and Attramadal (1992)
<i>Acartia clause</i>	From nature	29,2	27,2	58	Watanabe et al. (1983)
<i>T. japonicus</i>	S-yeast	10,8	13,6	26,6	Watanabe et al. (1983)
<i>Moina sp.</i>	Poultry manure	20,8	tr***	21,5	Watanabe et al. (1983)
<i>Daphnia sp.</i>	Np	16,5	0,2	Np	Watanabe et al. (1983)

* Present: Present study results; C. Lantaigne: C. Lantaigne and John Catell (unpublished results); J.N.C. Whyte : J.N.C. Whyte (unpublished results)

** Np: Not presented

*** tr: trace

The comparison of fatty acid composition between living organisms such as *B. plicatilis*, *A. salina*, and trochophores shows that trochophores are very rich in essential fatty acids. Thus they have high nutritional value to larval fish. The concentrations of 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3) in the trochophores are as high as the values that were found in enriched *B. plicatilis* and *A. salina*. For example, in the present study, 20: 5 (ω -3) level was 20,01% in *M. edulis* trochophores. This amount is higher than those found in enriched *B. plicatilis* (9,12%) and in *A. salina* (10,2%). These results suggest that using individual or combined trochophore mixed diet can supply the same or higher level of essential fatty acids than those commonly used for feeding of marine fish larvae.

A number of factors should be avoided in future experiments. The fatty acid composition studies should be conducted only on bivalve trochophores whose parents received the same diet. This will allow detection of species specific fatty acid compositions. The fatty acid composition of

the broodstock diet should also be taken into account when evaluating the trochophore fatty acid profiles to reduce the variation in fatty acids.

Based on fatty acid content and composition, *M. edulis* trochophores would be best prey items for cod, haddock, flounder, snapper, grouper, red drum, black drum, and black sea bass larvae due to their rich 20: 5 (ω -3), 22: 6 (ω -3), and total (ω -3) HUFA contents.

Short-term storage of trochophores

The survival curves of the trochophores and the median survival periods (days, with median $\pm$ standard errors) of the trochophores during storage at 4-5 °C are presented in Table 5. At a temperature of 4-5 °C, survival of the trochophores decreased with increasing length of storage. The median survival period, LD₅₀, (days, with standard error) for the stored *M. edulis* trochophores was found to be 6,6 $\pm$ 0,2 days at 50% survival.

Table 5. Median survival period (days, with median $\pm$ standard errors) of *M. edulis* trochophores during the short-term storage period at 4-5 °C

Day	Survival (%) of <i>M. edulis</i> (N=6)	Std. error
0	94,94	0,0110
1	87,34	0,0167
2	81,01	0,0197
3	73,42	0,0222
4	65,82	0,0239
5	58,23	0,0248
6	50,63	0,0252
7	43,04	0,0249
8	35,44	0,0241
9	27,85	0,0226
10	20,25	0,0202
11	12,66	0,0167
12	07,59	0,0133
13	03,80	0,00962
14	01,27	0,00562
15	0	0
16	0	0
17	0	0
18	0	0

19	0	0
	Day	Std. Error
MSP*	6.6354	0.2012

* Median survival period at 50% survival (LD₅₀).

Table 6. Water quality parameters (with mean $\pm$ standard deviation and range) during storage at 4-5 °C (N=125)

Water quality parameters	Mean	Standard deviation	Range
Temperature (°C)	4,83	0,25	4-5
Oxygen (ppm)	8,09	0,38	6,8-8,8
PH	7,74	0,16	7,5-8,5
Salinity (ppt)	30,89	0,17	30-32

Water quality parameters during the storage experiment, as shown in Table 6, were within the tolerable range for bivalve eggs and larvae (Lough, 1975; Davis and Calabrese, 1964; and Bayne, 1976). Water temperature varied from 4 to 5 °C. Dissolved oxygen ranged from 6,8 to 8,8 ppm. PH varied from 7,5 to 8,5. Salinity was between 30 and 32 ppt.

There are several different areas which warrant further investigation: (a) the depletion of the endogenous lipid stores of the bivalve trochophores during storage, (b) the use of cryoprotectants such as sucrose and methanol during the storage period and their effects on survival of trochophores, (c) the use of the antibiotics such as penicillin and streptomycin during the storage and their effects on bacterial growth in the containers and (d) preparing different trochophore products such as, frozen, frozen dried trochophores and their fatty acid composition quality and performance in the feeding of fish larvae.

CONCLUSION

The literature supports the importance of prey size for first feeding of larval fish (Watanabe et al., 1996). The size of the trochophores found (*M. edulis* (73,50 m μ)) in this study were similar to those obtained previously (Galtsoff, 1964; Kennedy et al., 1995; Broom, 1976; Loosanoff and Davis, 1963; Bayne, 1976; and C. Lantaigne, unpublished results). In future studies, suitability of the trochophore size should be tested for fish larvae in order to evaluate feeding potential of trochophores. *M. edulis* trochophore would be considered a good prey item for cod, *G. morhua*, larvae because previous study shows that the prey size for Pacific cod, *G. macrocephalus*, larvae in 5 mm total length varied between 67,5 m μ and 129 m μ (Takatsu et al., 1995). *M. edulis* trochophores could be used for rearing operations of larval mullet, groupers, milkfish, goby, red drum, black sea bream, and gilthead bream larvae (Bennetti and Fagundes-Netto, 1982; Tseng and Poon, 1983; Tseng and Chan, 1986; Lindstrom, 1994; Hongchao and Feng, 1990; Kentouri and Divanach, 1986; Lim, 1991; Pickering and Holt, 1993; and Watanabe et al., 1996). Although, size is the major factor for determining prey selectivity, the other important factors such as prey visibility, and speed also play important roles and should be considered.

The nutritional qualities (mainly, 20: 5 (ω -3) and 22: 6 (ω -3)) of *M. edulis* trochophores were presented in this study. A high level (20,01%) of 20: 5 (ω -3) and a high level (6,14%) of 22: 6 (ω -3) were found in the *M. edulis* trochophores. The study of fatty acid composition of *M. edulis* trochophores revealed in the present study supports previous work showing that bivalve eggs and trochophores have a high ratio of essential fatty acids in their lipids (Pollero et al., 1979; Trider et al., 1980; Waldoock and Holland 1984; Beninger and Stephan, 1985; Whyte et al., 1990 and 1991). Thus trochophores of *M. edulis* have high potential as a food source for fish larvae. *M. edulis* trochophores would be the best diet for cold water marine fish larvae because of their ability to swim at low temperature (4-5 °C), their high essential fatty acid composition, their larger size, their possible storage and transportation period up to 6,6 days.

The survival of bivalve trochophores during storage was facilitated by the maintenance of a relatively low temperature (4-5 °C), using antibiotics, and fresh filtered seawater. The median survival periods were found to be 6,6 days for *M. edulis* trochophores. Evidence for a period of delayed development during cold storage was provided by the results of this study. The trochophores stored at 4-5 °C did not develop to the D-larval stage (Joyce and Vogeler, 2018). The procedures followed in this experiment hold the possibility of reducing larval development of the bivalves at the trochophore stage and keeping them for 5-7 days at 4-5 °C. Cryoprotectants such as sucrose or methanol were not used in this study. The bacterial growth in the containers was not examined, however antibiotics were employed. Besides water quality and bacterial growth, lipid reserves in eggs and trochophores could greatly affect their survival (Bayne et al., 1978; Gallager and Mann, 1986; Huo, et al., 2017). Bayne et al. (1978) stated that less lipid being apportioned to each egg causes a reduction in larval survival. Until more is learned about the factors affecting survival of trochophores during low temperature storage, the method tested in this study appears suitable for short-term storage of trochophores.

The storage procedure could be used in commercial aquaculture operations which require holding and transporting live trochophores up to 5-7 days. The successful results could bring benefits to both marine fish producers who want to use

trochophores for first feeding of fish larvae, and shellfish producers who wants to market their trochophores.

ACKNOWLEDGMENTS

Authors thank to the Turkish Republic Ministry of Education for providing funding for this study which is a part of thesis study

REFERENCES

- Bayne, B.L. (1976) The biology of mussel larvae. In *Marine Mussels: Their Ecology and Physiology*. B.L. Bayne (ed), Cambridge University Press, Cambridge, pp: 81-120.
- 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 Marine Biological Association of the United Kingdom*, 55:675-689. DOI: 10.1017/S0025315400017343
- Bayne, B.L., Holland, D.L., Moore, M. N., Lowe, D.M. & Widdows, J. (1978) Further Studies on the effects of stress in the adult on the eggs of *Mytilus edulis*. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom*, 58:825-841. DOI: 10.1017/S0025315400056794
- Benetti, D. & Fagundes-Netto, E. (1982) Production of mullet's fingerlings (Pisces, Mugilidae) in laboratory. *Atlantica*, 5, No 2, 14 p.
- Beninger, P.G. & Stephan, G. (1985) Seasonal variations in the fatty acids of the triacylglycerols and phospholipids of two populations of adult clams (*Tapes decussatus* and *Tapes phillipinarum*) reared in a common habitat. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 81B: 591-601. DOI: 10.1016/0305-0491(85)90372-4
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917. DOI: 10.1139/o59-099
- Broom, M.J. (1976) Synopsis of biological data on scallops. *FAO Fisheries Synopsis No 114. (FIRS/S114)*. 43 p.
- Buyukhatipoglu, B. & Holtz, W. (1978) Preservation of trout sperm in liquid or frozen state. *Aquaculture*, 14: 49-56. DOI: 10.1016/0044-8486(78)90139-4
- Davis, H.C. & Calabrese, A. (1964) Combined effects of temperature and salinity on development of eggs and growth of larvae of *M. mercenaria* and *C. virginica*. *Fishery Bulletin of the Fish and Wildlife Service of United States*, 63, pp. 643-655.
- Gallager, S.M. & Mann, R. (1986) Growth and survival of larvae of *Mercenaria mercenaria* L. and *Crassostrea virginica* Gmelin relative to broodstock conditioning and lipid Content of eggs. *Aquaculture*, 56: 105-121. DOI: 10.1016/0044-8486(86)90021-9
- Galtsoff, P.S. (1964) The American oyster *Crassostrea virginica* Gmelin. *Fishery Bulletin*, 64: 1-480.
- Hongchao, R. & Feng, Y. (1990) Feeding selectivity of artificially-reared black porgy larvae *Sparus macrocephalus*. *Advances in Marine Science, Haiyang Kexue*, 6: 39-41.
- Huo, Z., Guan, H., Golam Rbbani, M., Xiau, Y., Zhang, X., Fan, C., Li, Z., Li, Y., Wu, Q., Yang, F. & Yan, X. (2017). Effects of environmental factors on growth, survival, and metamorphosis of geoduck clam (*Panopea japonica* A. Adams, 1850) larvae. *Aquaculture Reports*, 8: 31-38. DOI: 10.1016/j.aqrep.2017.09.001
- Joyce, A. & Vogeler, S. (2018). Molluscan bivalve settlement and metamorphosis: Neuroendocrine inducers and morphogenetic responses. *Aquaculture*, 487:64-82. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.01.002
- Kennedy, V.S., Newell, R.I.E., Krantz, G.E. & Otto, S. (1995) Reproductive capacity of the eastern oyster *Crassostrea virginica* infected with parasite *Perkinsus marinus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 23: 135-144.
- Kentouri, M. & Divanach, P. (1986) Food range of spard larvae in controlled conditions Specific selectivity of *Sparus aurata*. *Oceanologica Acta*, 9: 343-348.
- Labbe, C., Haffray, P., Mingant, C., Quittet, B., Diss, B., Adams, S.L., Rimond, F. & Suquet, M. (2018). Cryopreservation of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) larvae: Revisiting the practical limitations and scaling up the procedure for application to hatchery. *Aquaculture*, (In Press). DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.01.023
- Liao, I.C., Juario, J.V., Kumagai, S., Nakajima, H. & Natividad, M. (1979) On the induced spawning and larval rearing of milkfish, *Chanos chanos* Forskal. *Aquaculture*, 18:75-93. DOI: 10.1016/0044-8486(79)90021-8
- Lim, L.C. (1991) Larviculture of the Greasy Grouper (*Epinephelus tauvina* F.) and Brown-marbled grouper (*E. fuscoguttatus*) in Singapore. In *Larvi'91-Fish & Crustacean Larviculture Symposium*, P. Lavens, P. Sorgeloos, E. Jasper, and F. Ollevier (Eds) European Aquaculture Society, Special Publication, No.15: 321-322, Gent, Belgium. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1993.tb00015.x
- Lindstrom, D.P. (1994) Early larval development of the endemic Hawaiian stream goby, *Lentipes concolor*. *Pacific Scientific*, 48, No. 2, 204 p.
- Loosanoff, V.L. & Davis, H.C. (1963) Rearing of bivalve molluscs. *Advances in Marine Biology*, 1:1-136. DOI: 10.1016/S0065-2881(08)60257-6
- Lough, R.G. (1975) A revaluation of the combined effects of temperature and salinity on survival and growth of bivalve larvae using response surface techniques. *Fishery Bulletin. U.S. Fisheries and Wildlife Service*, 73: 86-94.
- McAndrew, B.J., Rana, K.J. & Penman, D.J. (1993) Conservation and preservation of Genetic variation in aquatic organisms. In: *Recent Advances in Aquaculture*, J.F. Muir and R.J. Roberts (Editors), Blackwell Science, Oxford, 4: 295-336.
- Myrina, B., Charlotte, C., Amaud, H., Ismael, B., Claddie, Q., Virgile, Q., Caroline, F. & Suquet, M. (2015). Assessment of oocyte and trochophore quality in Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture*, 437:201-207. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.11.025
- Napolitano, G.E., MacDonald, B.A., Thompson, R.J & Ackman, R.G. (1992) Lipid Composition of eggs and adductor muscle in giant scallops (*Placopecten magellanicus*) from different habitats. *Marine Biology*, 113: 71-76. DOI: 10.1007/BF00367640
- Paredes, E., Adams, S.L., Tervit, H.R., Smith, J.F., McGowen, L.T., Gale, S.L., Morrish, J.R. & Watts, E. (2012). Cryopreservation of Greenshell™ mussel (*Perna canaliculus*) trochophore larvae. *Cryobiology*, 65: 256-262. DOI: 10.1016/j.cryobiol.2012.07.078
- Paredes, E., Bellas, J & Adams, S.L. (2013). Comparative cryopreservation study of trochophore larvae from two species of bivalves: Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) and blue mussel (*Mytilus galloprovincialis*), *Cryobiology*, 65(3), 360. DOI: 10.1016/j.cryobiol.2013.08.007
- Pollero, R.J., Re, M.E. & Brenner, R.R. (1979) Seasonal changes of the lipids of the mollusks *Chlamys tehuelcha*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 64A: 257-263.
- Sargent, J., Henderson, R.J. & Tocher, D.R. (1989) The Lipids. In: Halver, J. (eds), *Fish Nutrition*. Academic Press, Inc., New York, pp. 153-218.
- SAS Institute Inc. (1990) SAS Procedures Guide, version 6, third edition; SAS Language and Procedures: Introduction, version 6, first edition; SAS/STAT User's Guide, version 6, fourth edition, volume 1, ACECLUS-FREQ and volume 2, CLM-VARCOMP. SAS®, Institute Inc., Cary, NC, U.S.A.

- Sastry, A.N. (1979) Pelecypoda (excluding Ostreidae). In: A.C Geise and J.S. Pearse (Editors), *Reproduction of Marine Invertebrates*, Vol. V., Academic Press, New York, pp. 113-292.
- Scott, A.P. & Baynes, S.M. (1980) A review of the biology, handling and storage of Salmonid spermatozoa. *Journal of Fish Biology*, 17: 707-739. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1980.tb02804.x
- Stoss, J. & Holtz, W. (1983) Successful storage of chilled rainbow trout (*Salmo gairdneri*) spermatozoa for up to 34 days. *Aquaculture*, 31: 269-74.
- Stottrup, J.G. & Attramadal, Y. (1992) The influence of different rotifer and *Artemia* enrichment diets on growth, survival, and pigmentation in turbot (*Scophthalmus maximus* L.) larvae. *Journal of World Aquaculture Society*, 23: 307-316. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1992.tb00794.x
- Takatsu, T., Nakatani, T., Mutoh, T. & Takahashi, T. (1995) Feeding habits of pacific cod Larvae and juveniles in Mutsu Bay, Japan. *Fisheries Science*, 61: 415-422.
- Trider, J.D., Kurokura, H & Kasahara, S. (1980) Influence of neutral lipid on seasonal variation of total lipid in oysters, *Crassostrea virginica*. *Proceedings of the National Shellfisheries Association*, 70: 112-118.
- Tseng, W.Y. & Chan, K.F. (1986) On the larval rearing of the white-spotted green grouper, *Epinephelus amblycephalus* (Bleeker), with a description of larval development. *Journal of World Mariculture Society*, 16: 114-126.
- Tseng, W.Y. & Poon, C.T. (1983) Hybridization of *Epinephelus* species. *Aquaculture*, 34:177-182. DOI:10.1016/0044-8486(83)90302-2
- Waldock, M.J. & Holland, D.L. (1984) Fatty acid metabolism in young oysters, *Crassostrea gigas*: Polyunsaturated fatty acids. *Lipids*, 19: 332-336. DOI: 10.1007/BF02534783
- Watanabe, T. & Ackman, R.G. (1974) Lipids and fatty acids of the American (*Crassostrea virginica*) and European flat (*Ostrea edulis*) oysters from a common habitat and after feeding with *Dicrateria inornata* or *Isochrysis galbana*. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31: 403-409. DOI: 10.1139/f74-068
- Watanabe, T., Kitajima, C. & Fujita, S. (1983) Nutritional values of live organisms used in Japan for mass production of fish: a review. *Aquaculture*, 34: 115-143. DOI: 10.1016/0044-8486(83)90296-X
- Watanabe, W.O., Ellis, S.C., Ellis, E.P., Lopez, V.G., Bass, P., Ginazo, J. & Moriwake, A. (1996) Evaluation of first-feeding Regimes for larval Nassau Grouper *Epinephelus striatus* and preliminary pilot-scale culture through metamorphosis. *Journal of the World Aquaculture Society*, 27, No. 3:323-331. DOI: 10.1111/j.1749-7345.1996.tb00615.x
- Whyte, J.N.C, Bourne, N. & Hodgson, C.A. (1987) Assessment of biochemical composition and energy reserves in the scallop *Patinopecten yessoensis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 113:113-124.
- Whyte, J.N.C., Bourne, N. & Ginther, N.G. (1990) Biochemical and energy changes during embryogenesis in the rock scallop *Crassadoma gigentia*. *Marine Biology*, 106: 239-244. DOI: 10.1007/BF01314806
- Whyte, J.N.C., Bourne, N. & Ginther, N.G. (1991) Depletion of nutrient reserves during embryogenesis in the scallop *Patinopecten yessoensis* (Jay). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 149: 67-79. DOI:10.1016/0022-0981(91)90117-F

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Düz panel reaktör sistemde *Porphyridium purpureum*'un dışarı kültürü ve polisakkarit eldesi

Outdoor culture and polysaccharide extraction of *Porphyridium purpureum* in flat panel reactor system

Leyla Uslu^{1*} • Oya Işık¹ • Burcu Ak¹

¹ Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Deniz Biyolojisi ABD. 01330 Sarıçam-Balcalı, Adana, Turkey

* Corresponding author: hizarcil@cu.edu.tr

Received date: 22.02.2018

Accepted date: 04.05.2018

How to cite this paper:

Uslu, L., Işık, O. & Ak, B. (2018). Outdoor culture and polysaccharide extraction of *Porphyridium purpureum* in flat panel reactor system. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 289-294. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.08

Öz: Çalışmada *Porphyridium purpureum* türü dışarı ortamda farklı ışık yolu uzunluğuna (3, 5, 7 cm) sahip düz panel fotobiyoreaktör sistemlerinde kültüre alınmıştır. Lipid, protein, biyomas ve polisakkarit miktarları belirlenmiştir. *Porphyridium purpureum* türü için en yüksek polisakkarit miktarı (0,48 gL⁻¹), 1,316 gL⁻¹ biyomas ve %29,7 protein içeriği ile 3 cm ışık yolu uzunluğuna sahip düz panel fotobiyoreaktör sistemde belirlenmiştir. En düşük polisakkarit miktarı 0,31 gL⁻¹ ve en yüksek protein %32,3 ile 7 cm ışık yoluna sahip fotobiyoreaktör sistemde belirlenmiştir. Sonuç olarak, *Porphyridium purpureum* türünün Çukurova (Adana, Türkiye) koşullarında üretimi, panel sistemlerde başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. En iyi büyüme 3 cm ışık yoluna sahip panel fotobiyoreaktörde elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: *Porphyridium purpureum*, ışık yolu, polisakkarit, fotobiyoreaktör sistem

Abstract: In this study, *Porphyridium purpureum* was cultured in a flat panel photobioreactor systems, with different light path (3, 5 and 7 cm). Lipid, protein, biomass and polysaccharide rate were determined. The highest polysaccharide content (0.48 gL⁻¹) for *Porphyridium purpureum* in the study was obtained from the culture with 1.316 gL⁻¹ biomass rate, 29.7% protein it the panel PBR system with 3 cm light path. The lowest polysaccharide content and highest protein were found as 0.31 gL⁻¹, 32.3% respectively, at it the panel PBR system with 7 cm light path. Consequently, *Porphyridium purpureum* cultured successfully completed in flat panel photobioreactor system at Cukurova Conditions (Adana, Turkey). The best growth was obtained from 3 cm light path photobioreactor system.

Keywords: *Porphyridium purpureum*, light path, polysaccharide, photobioreactor system

GİRİŞ

Son yıllarda mikroalgal biyoteknolojiye giderek artan ilgi, bazı mikroalg türlerinin hücre içinde yüksek miktarda biriktirmiş olduğu metabolitlerden kaynaklanmaktadır. Algler hücre içinde biriktirdikleri protein, vitamin, yağ asitleri, karbohidrat, mineral ve pigmentler, hidrokarbonlar, polisakkaritler, antibiyotikler ve daha birçok metabolitleri nedeniyle insanlar tarafından başlıca besin desteği olmak üzere değişik amaçlarla kullanılmaktadırlar. Bu nedenle II. Dünya savaşından itibaren Amerika, Japonya, İngiltere, Almanya ve Norveç gibi gelişmiş ülkelerde mikroalglerin besinsel zenginliklerinden yararlanılmaktadır (Becker, 1994).

1970'li yıllarda değişik enerji kaynakları arayışı ile birlikte güneş enerjisi dünyanın ilgisini üzerinde toplamıştır. Algler, güneş enerjisini en etkin kullanan canlı sistemlerdir ve bu nedenle farklı mikroalg türlerinin besin bileşenlerinin incelenmesi amacıyla mikroalg üretim teknolojilerine ilgi giderek artmaktadır.

Temel fitoplankton gruplarından alınan örnek türlerin kültürleri yapılarak, büyümeleri üzerine farklı fiziksel ve kimyasal faktörlerin etkilerinin saptanması, bu grupların doğal popülasyonlarının büyümeleri için gerekli olan sıcaklık, CO₂ düzeyi, besin kaynağının kalitesi ve düzeyi, ışığın yoğunluk ve süresi gibi kritik faktörlerin saptanması açısından da önemlidir (Cirik ve Gökpınar, 1999). Gerek doğal ortamda yaşamlarını sürdüren gerekse laboratuvar koşullarında kültürleri yapılan denizel ve tatlı su alglerinin ekonomideki önemi büyüktür. Bu önem alglerin çeşitli alanlarda kullanılmasından ileri gelmektedir. Besin kaynağı olarak değerlendirilmelerinin yanı sıra, atık su arıtımı ve tarım alanında da kullanılmaktadır. Diğer taraftan canlı kütleden bazı kimyasal maddelerin (metan gazı, antibiyotik, karragen, agar) üretiminde de yararlanılabilmektedir (Goldman, 1979).

Akuakültür çalışmalarında ve tek hücre proteini (SCP) elde etme amacına yönelik tüm alg kültür çalışmalarında temel

amaç, fotosentez işleminde inorganik maddenin organik maddeye dönüşümündeki verimliliği en yüksek seviyeye ulaştırmaktır. Algal biyoteknolojideki gelişmelere rağmen mikroalg türlerinin kültürlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Mikroalg kültürlerinde canlı kütlelerin biyokimyasal kompozisyonu, çevresel faktörler, besin ortamı, sıcaklık, tuzluluk, pH, ışık gibi büyüme koşullarına bağlıdır (Sukenik, 1991).

Porphyridium purpureum (Rhodophyta), tek hücreli veya müsilajlı, düzensiz koloniler halinde birleşmiş halde bulunabilir (Vonshak, 1988). Hücreler yüksek düzeyde sülfatlı şekerleri üretirler (Singh vd., 2000; Vonshak, 1988). Şekerler özellikle büyümenin durgunluk fazında ve azotun sınırlı olduğu ortamda daha yüksek miktarda üretilmektedir (Ramus ve Groves, 1972). Zengin bir polisakkarit kaynağı olarak *Porphyridium purpureum*'un ticari potansiyeline ilk olarak Golueke ve Oswald (1962) tarafından değinilmiş, ancak o yıllarda algin yığın kültürü üzerinde çalışmalar olmadığından değerlendirilmemiştir. Son yıllarda *Porphyridium purpureum*'un dışarıda tubular fotobiyoreaktörlerde, açık havuzlarda, polietilen ince borularda üretim denemeleri yapılmaktadır (Reboloso Fuentes vd., 1999; Cohen vd., 1988; Singh vd., 2000). *Porphyridium purpureum* çok doymamış yağ asitlerinden (PUFA), EPA (eicosapentaenoic asit, 20:5w3) ve ARA (arachidonic asit, 20:4w6) bakımından zengindir (Vonshak, 1988). EPA son zamanlarda kalp hastalıklarında ve yüksek kolesterol tedavisinde, kandaki kolesterolü düşürmede, romatizma riskinin azaltılmasında kullanılmaktadır (Dyerberg, 1986; Simopoulos, 1991). Ayrıca EPA ve ARA gibi bazı çok doymamış yağ asitleri insan vücudunda prostaglandinlerin precursor'udur ve prostaglandinler yağ metabolizması, kalp atış hızı, kan basıncı üzerinde etkin olduğu bulunmuştur. Astım, romatid artrit gibi alevlenme dönemleri olan ateşli hastalıkların tedavisinde, peptik ülserlerde, yüksek tansiyonun kontrolünde, kan basıncı ve yağ metabolizmasının düzenlenmesinde etkilidir. GLA (gammalinoleic asit, 18:3w6) bazı deri hastalıklarının, diabetin ve üreme bozukluklarının önlenmesinde rol oynadığı saptanmıştır (Gunstone, 1992; Horrobin, 1992). ARA ve DHA (decaheksanoic asit, 22:6w3)'nın sinir sisteminin gelişimini desteklediği (Innis, 1991; Nettleton, 1993; Singh ve Chandra, 1988) ve buna ek olarak retina gelişimi ile ilişkisi rapor edildi (Brown vd., 1997). Çeşitli sağlık kuruluşları (FDA), bebek gelişimi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle bebek maması formüllerini DHA ve ARA ile güçlendirilmesini tavsiye etmektedirler (Gill ve Valivety, 1997). Mikroalgal hücre metabolitleri daha çok dinlenme fazında üretilmektedir (Schlegel, 2007). Bu metabolitler organik asitler, karbohidrat, aminoasit, pestisit, vitamin, organik madde, antibiyotik, enzim ve toksik bileşenlerdir. *P. cruentum*'un kuru ağırlığının yaklaşık %28-39'unu protein, %40-57'sini karbohidrat ve %9-14'ünü de lipid oluşturur. Ayrıca tokoferol, K vitamini ve büyük miktarda da karotenoid içermektedir (Becker, 1994). Hücrelerin karakteristik kırmızı rengi, içermiş oldukları fikoeritrinden kaynaklanmaktadır (Gantt, 1981). Sınırlayıcı koşullar altında kültür viskoz bir yapı alır ve polisakkarit üretmeye başlar (Ramus vd., 1989).

Bu çalışmada farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemlerde *Porphyridium purpureum* türünün kültürü denenecek ve en yüksek biyomas, polisakkarit ve yağ içeriği belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Denemede kullanılan tür *Porphyridiophyceae* sınıfına ait, *Porphyridium purpureum* türüdür. Tür Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinden temin edilmiştir. *Porphyridium purpureum*, denizlerde bulunan tek hücreli kırmızı alglerdendir. 4-9µm çapında küresel hücrelere sahip olan *Porphyridium purpureum*'da hücre duvarı yoktur. Hücreler tek başına ya da yığın bir şekilde düzensiz koloniler oluşturarak müsilaj bir kılıfın içinde bulunurlar (Vonshak, 1988).

Denemede, denizel tür olan *Porphyridium purpureum* türü için F/2 (Guillard, 1973) kültür ortamı kullanılmıştır. Kültür ortamının içeriği (Tablo 1 ve Tablo 2)'de verilmiştir. Denemede kullanılan deniz suyunun tuzluluğu salinometre (Orion 3 Star) ile ölçüldükten sonra ‰30 olacak şekilde saf su ile ayarlanmıştır. F/2 kültür ortamının hazırlanmasında kullanılan deniz suyu 0.45 µm göz açıklığında GF/C (Whatman 0,45µm) filtre kağıdından süzölmüştür. Besi ortamlarının pH'ı 8 olarak ayarlanmıştır. Deneme kurulmadan önce besli ortamları 121°C'de 30 dakika süre ile otoklavda (Hirayama-HV-50L) steril edilmiştir.

Tablo 1. F/2 Kültür Ortamı (Guillard, 1973)

Table 1. F/2 Culture Medium (Guillard, 1973)

Miktar	Kimyasal	Solüsyon	Molar Konsantrasyon
1mL ⁻¹	NaNO ₃	75 gL ⁻¹	882µmolL ⁻¹
1mL ⁻¹	NaH ₂ PO ₄ ·H ₂ O	5 gL ⁻¹	363µmolL ⁻¹
1mL ⁻¹	f/2 metal solution	Tablo 2	

Tablo 2. F/2 Metal Solution

Table 2. F/2 Metal Solution

Kimyasal	Miktar
FeCl ₃ ·6H ₂ O	3,15g
Na ₂ EDTA·2H ₂ O	4,36g
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,0098g
Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0,0063g
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0,022g
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,01g
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0,18g

Denemeler farklı ışık yollarına sahip (3 cm, 5 cm ve 7 cm) düz panel reaktör sistemde dışarı ortamda ve 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Düz panel sistemler 3*50*50 cm (7,5 L), 5*50*50 cm (12,5 L) ve 7*50*50 cm (17,5 L)'lik ebatlarda olup, cam materyalden yapılmıştır. Günlük olarak sıcaklık, pH, ışık şiddeti, optik yoğunluk, klorofil, kuru madde analizleri ile deneme sonunda biyokimyasal kompozisyonu belirlemek amacıyla polisakkarit, yağ ve protein analizleri yapılmıştır. Deneme süresince ışık kaynağı olarak güneş ışığından yararlanılmış, gece herhangi bir aydınlatma kullanılmamıştır.

Kültürler ortalama 14 saat gün ışığından yararlanmış, 8 saat karanlık ortamda kalmıştır.

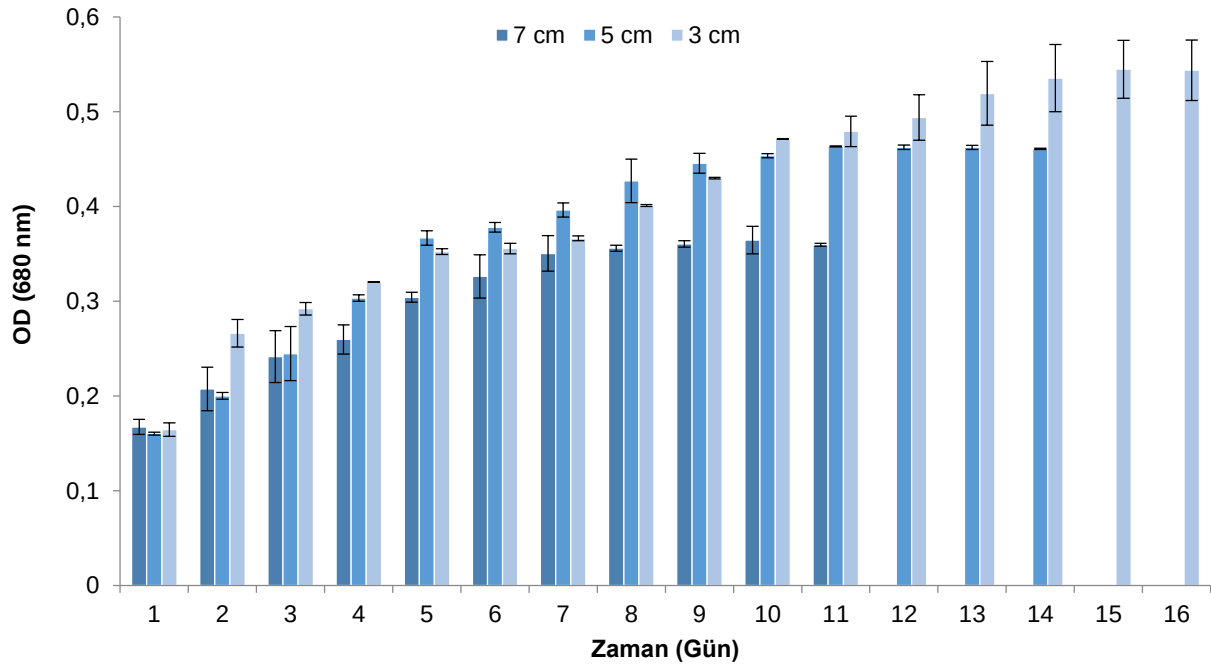
Optik yoğunluk için 5 mL ve klorofil analizi için 5 mL örnek alınmıştır. *Porphyridium purpureum* için 680 nm (Kusmiyati ve Agustini, 2007) dalga boyunda visible spektrofotometre (Shimadzu, UV mini 1240) ile değerlendirilmiştir. Klorofil analizi; Parson (1963)'ün belirttiği metotla yapılmıştır. Yağ ve protein değerleri % kuru madde oranına göre hesaplanmıştır. Yağ analizi Bligh ve Dyer (1959)'in uyguladığı yöntemegöre yapılmıştır. Protein analizi Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (AOAC, 1995). Kuru madde etüvde 103 °C'de 4 saat bekletilerek gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1995). Polisakkarit analizi ise Geresh ve Arad (1991)'in bildirdiği yöntemegöre yapılmıştır.

Denemede farklı ışık yollarına sahip panel reaktör sistemlerden elde edilen verilerin kültürde OD, kuru madde, klorofil, yağ, protein ve polisakkarit değeri üzerine farklılık

oluşturup oluşturmadığını belirlemek amacıyla, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve bu analizin sonucuna bağlı olarak farklılık oluşması durumunda farklılığı saptamak amacıyla Duncan çoklu karşılaştırma testi SPSSX 14.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır (Zarr, 1999).

BULGULAR

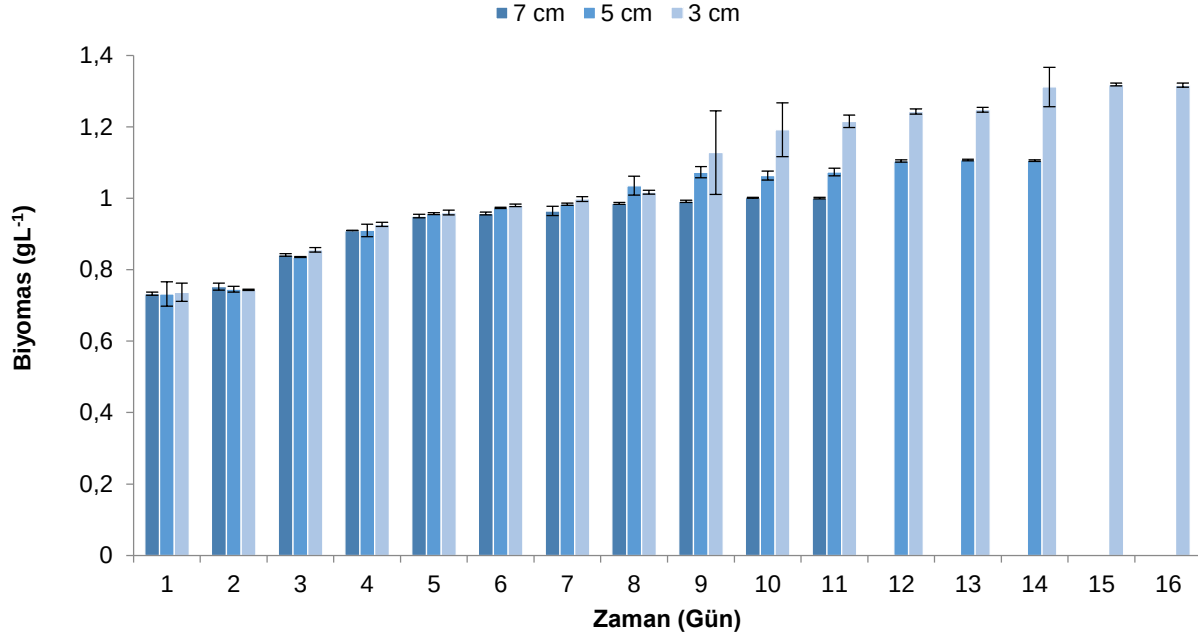
Panel sistemde kültüre alınan *Porphyridium purpureum* farklı ışık yollarına sahip olan sistemlerde, farklı günlerde duraklama fazına girmiştir. Başlangıç OD değerleri 7 cm için 0,167, 5 cm için 0,161 ve 3 cm için 0,164 olarak belirlenmiştir. Deneme 3 cm ışık yoluna sahip panelde 16 günde, 5 cm ışık yoluna sahip panelde 14 günde ve 7 cm ışık yoluna sahip panelde ise 11 günde tamamlanmıştır. En yüksek OD değeri 3 cm ışık yoluna sahip panelde son gün 0,544 ile elde edilmiştir. En düşük OD değeri ise 7 cm'lik panelde 0,360 olarak belirlenmiştir. 5 cm'lik panelde ise son gün elde edilen OD değeri 0,460 olarak tespit edilmiştir. Farklı ışık yoluna sahip panellerden elde edilen OD değerleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemlerden elde edilen OD değerleri
Figure 1. The OD values obtained from flat panel systems with different light paths

Başlangıç biyomas miktarları 7 cm için 0,737, 5 cm için 0,732 ve 3 cm için 0,733 gL⁻¹ olan değerler, deneme boyunca artış göstermiştir. Kültür duraklama fazına girince hasat edilmiştir. 7 cm'lik panel için en son gün elde edilen biyomas

miktarı 1,00 gL⁻¹ olmuştur. En fazla büyümenin tespit edildiği 3 cm ışık yoluna sahip panelden elde edilen biyomas miktarı ise 1,316 gL⁻¹ olarak belirlenmiştir. 5 cm'lik panelden elde edilen biyomas miktarı 1,105 gL⁻¹ olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Farklı ışık yollarına sahip düz panel sistemden elde edilen biyomas miktarları
Figure 2. Biomass quantities obtained from flat panel systems with different light paths

Başlangıç klorofil a değerleri 7 cm için 44,51, 5 cm için 46,37 ve 3 cm için 45,65 $\mu\text{g/L}^{-1}$ olan değerler deneme boyunca artış göstermiştir. Kültürlerin duraklama fazına girmesiyle bu değerler 7 cm için 286,92, 5 cm için 299,70, 3 cm için 303,57 $\mu\text{g/L}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Deneme boyunca sıcaklık 26-28°C arasında değişim gösterirken; aydınlanma şiddeti ise ortalama 1590 $\mu\text{mol foton m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.

Deneme sonunda elde edilen veriler doğrultusunda en

fazla polisakkarit miktarı 3 cm ışık yoluna sahip sistemden elde edilirken, en düşük ise 7 cm'lik sistemden elde edilmiştir ($p < 0.05$). Lipid ve protein miktarlarına bakıldığında ise en yüksek lipid oranı en fazla polisakkaritin elde edildiği 3 cm'lik sistemden elde edilmiştir ($p < 0.05$). En yüksek protein miktarı ise 7 cm ışık yoluna sahip panelden elde edilmiştir ($p < 0.05$). Çalışma sonunda farklı ışık yollarına sahip panel sistemlerden elde edilen lipid, protein ve polisakkarit miktarları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Düz panel sistemlerden elde edilen polisakkarit, lipid ve protein oranları
Table 3. Polysaccharide, lipid and protein ratios obtained from flat panel systems

Parametre	3 cm ışık yolu	5 cm ışık yolu	7 cm ışık yolu
Lipid (%)	7,89 $\pm$ 0.3 ^a	7,23 $\pm$ 0.2 ^b	6,48 $\pm$ 0.6 ^c
Protein (%)	29,7 $\pm$ 1.6 ^c	30,8 $\pm$ 1.2 ^b	32,3 $\pm$ 1.3 ^a
Polisakkarit (g/L)	0,48 $\pm$ 0.002 ^a	0,36 $\pm$ 0.001 ^b	0,31 $\pm$ 0.002 ^c
Polisakkarit (%)	36,47 $\pm$ 1.4 ^a	32,58 $\pm$ 1.3 ^b	31,0 $\pm$ 1 ^c

a, b, c harfleriyle sembolize edilen satırlar ortalamaları arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p < 0.05$).

TARTIŞMA

Algal biyoteknolojideki gelişmelere rağmen mikroalg türlerinin kültürlerinde çeşitli güçlüklerle karşılaşmaktadır. Fototrofik organizmaların üretimindeki temel amaç genelde optimal hücre yoğunluğunda sürekli bir kültür sağlamaktır. Bir alg türünün dış ortamda sürdürülen kültürü sırasında, çeşitli çevresel faktörler hem günlük hem de mevsimsel olarak büyük değişimler gösterdiği için, kültürdeki hücrelerin bu koşullara sürekli tepki göstermesi gerektirir. Biyomasın biyokimyasal

kompozisyonuna, çevresel faktörler, besin ortamı, sıcaklık, tuzluluk, pH, ışık gibi büyüme koşullarına bağlıdır (Sukenik, 1991).

Farklı ışık yollarına (3,5 ve 7 cm) sahip düz panel sistemlerde, dışarı ortamda *Porphyridium purpureum* türünde en iyi büyümeyi belirlemek amacıyla yapılan çalışmada, en iyi büyüme 3 cm ışık yoluna sahip olan panel sistemde tespit edilirken, en yüksek polisakkarit miktarı da bu grupta belirlenmiştir. Singh vd. (2000) yaptıkları çalışmada da farklı

ışık yollarına sahip panel sistemlerde en iyi büyümeyi ve polisakkarit eldesini 1,3 cm ışık yoluna sahip sistemde elde ettikleri ve ışık yolu uzadıkça verimliliğin düştüğünü bildirmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada da ışık yolu arttıkça elde edilen biyomas miktarında azalmalar tespit edilmiştir.

Porphyridium purpureum'un kuru ağırlığının yaklaşık %28-39'unu protein, %40-57'sini karbohidrat ve %9-14'ünü de lipid oluşturur. (Becker, 1994). Protein ve lipid üretimi açısından baktığımızda ise iyi bir protein kaynağı iken, lipid miktarı oldukça düşük bir türdür.

Porphyridium purpureum türünde polisakkarit üretimi için yapılan dışarı kültür çalışmalarında, düz cam panel fotobiyoreaktör sistemler diğer sistemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Cohen ve Arad (1989)'ın yaptıkları çalışmada açık sistem havuzlarda elde ettikleri polisakkarit miktarı ($1,2 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), Singh vd., (2000) düz cam panel sistemlerde (20 cm) yaptıkları çalışmada elde ettikleri polisakkarit miktarından ($4,15 \text{ g m}^{-1} \text{ d}^{-1}$) oldukça düşük bulunmuştur. You ve Barnett (2004) farklı ışık yoğunluklarına ($39, 48, 60, 70, 90 \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$) sahip BIOIII reaktöründe spesifik büyüme hızı ve hücre dışı polisakkarit birikimi üzerine etkilerini inceledikleri araştırmada, maksimum büyüme hızını $70 \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$ ışık şiddetinde $0,38 \text{ gün}^{-1}$ olarak ($4,37 \times 10^9 \text{ hücreL}^{-1}$) ve maksimum polisakkarit miktarını ise benzer şekilde $70 \mu\text{molfotonm}^{-2}\text{sn}^{-1}$ ışık yoğunluğunda $0,95 \text{ gL}^{-1}$ belirlemişlerdir.

Dışarı ortam koşullarında yapılan çalışmalarda çevresel etmenler büyümeyi etkilemektedir. Çalışma boyunca sıcaklık $26-28^\circ\text{C}$ arasında değişmiş ve tuzluluk %30 olacak şekilde ayarlanmıştır. Singh vd., (2000) $1,3 \text{ cm}$ ile 30 cm arasında

değişen ışık yolu uzunluğuna sahip cam panel reaktörlerde *P. cruentum* ile yaptıkları çalışmalarında optimum sıcaklık $26 \pm 1^\circ\text{C}$ ve tuzluluğu %27 olarak rapor etmişlerdir. Ayrıca Golueke ve Oswald (1962), *P. cruentum* kültürü ile yaptıkları çalışmalarında en düşük 13°C ve en yüksek 31°C sıcaklık aralığında kültürünün yapılabildiğini ve optimum sıcaklık olarak ise $21-26^\circ\text{C}$ olarak bildirmişlerdir. Jones vd. (1963) pH aralığı olarak 5,2 ile 8,3 arasında ve optimum tuzluluğu %35 ile 45 arasında olduğunu saptamışlardır.

Sonuç olarak, *P. purpureum* türünün Çukurova koşullarında, dışarı ortamda kültürü ince cam panel sistemlerde başarılı bir şekilde tamamlanmış ve en iyi büyüme ve polisakkarit eldesi 3 cm ışık yoluna sahip cam panellerde elde edilmiştir.

Algal biyoteknoloji alanında ilk çalışmalar genelde protein içeriği yüksek ve kolay kültüre edilebilen türler ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte protein dışında değerli diğer metabolitleri üreten alglerin keşfedilmesine de devam edilmiştir. Hücre içinde biriktirmiş metabolitleri nedeniyle *Porphyridium purpureum* mikroalgal biyoteknoloji alanında önemli türlerden biridir. Çalışma alanı çok geniş olan bu sektörde, ekonomik anlamda değerli türlerin ticari boyutlarda çalışılması, yeni türlerin keşfedilmesi ve bunların uygulanabilirliğinin belirlenmesi algal biyoteknoloji konusunun ülkemizde gelişmesine yardımcı olacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (SÜF2012BAP7) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- AOAC Method. (1995). Official methods of analysis, 16th edn. In: Cuniff P (ed) AOAC International, Arlington, VA, USA, pp:32-33
- Becker, E.W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology* (Vol. 10). Cambridge University Press.
- Bligh, E.G. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and physiology*, 37(8):911-917. DOI: 10.1139/y59-099
- Brown, M.R., Jeffrey, S.W., Volkman, J.K. & Dunstan, G.A. (1997). Nutritional properties of microalgae for mariculture. *Aquaculture*, 151(1-4):315-331. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01501-3
- Cirik, S. & Gökpinar, Ş. (1993). Plankton Bilgisi ve Kültürü. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları*, 47:131-133.
- Cohen, E. & Arad, S.M. (1989). A closed system for outdoor cultivation of *Porphyridium*. *Biomass*, 18(1): 59-67. DOI: 10.1016/0144-4565(89)90081-4
- Cohen Z., Vonshak, A., Boussiba S. & Richmond, A. (1988). The effect of temperature and cell concentration on the fatty acid composition of outdoor cultures of *Porphyridium cruentum*. In: Stadler T, Mollion J, Verdu M-C, Karamanos Y, Morvan H, Christiaen D (eds.), *Algal Biotechnology* (pp 421-430). Elsevier Applied Science, London.
- Dyerberg, J. (1986). Linolenate-derived Polyunsaturated Fatty Acids and Prevention of Atherosclerosis. *Nutrition Reviews*, 44(4):125-134. DOI:10.1111/j.1753-4887.1986.tb07603.x
- Gantt, E. (1981). Phycobilisomes. *Annual Review of Plant Physiology*, 32(1): 327-347.
- Geresh, S. & Arad, S. (1991). The extracellular polysaccharides of the red microalgae: chemistry and rheology. *Bioresource Technology*, 38(2-3):195-201. DOI: 10.1016/0960-8524(91)90154-C
- Gill, I. & Valivety, R. (1997). Polyunsaturated fatty acids, part 1: occurrence, biological activities and applications. *Trends in Biotechnology*, 15(10):401-409. DOI: 10.1016/S0167-7799(97)01076-7
- Goldman, J.C. (1979). Outdoor algal mass cultures—I. Applications. *Water Research*, 13(1):1- 19. DOI: 10.1016/0043-1354(79)90249-5
- Golueke, C. G. & Oswald, W. J. (1962). The mass culture of *Porphyridium cruentum*. *Applied Microbiology*, 10(2):102-107.
- Guillard, R.R.L. (1973). Division Rates. In: Stein, R.J. (Ed.) *Handbook of Phycological Methods: Culture Methods and Growth Measurements*. Cambridge University Press.
- Gunstone, F.D. (1992). Gamma linolenic acid—occurrence and physical and chemical properties. *Progress in Lipid Research*, 31(2):145-161. DOI:10.1016/0163-7827(92)90007-6
- Horrobin, D.F. (1992). Nutritional and medical importance of gamma-linolenic acid. *Progress in Lipid Research*, 31(2):163-194. DOI:10.1016/0163-7827(92)90008-7
- Innis, S.M. (1991). Essential fatty acids in growth and development. *Progress in Lipid Research*, 30(1):39-103. DOI:10.1016/0163-7827(91)90006-Q
- Jones, R.F., Speer, H.L. & Kury, W. (1963). Studies on the growth of the red alga *Porphyridium cruentum*. *Physiologia Plantarum*, 16(3):636-643. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1963.tb08342.x

- Kusmiyati, K. & Agustini, N.W.S. (2007). Antibacterial activity assay from *Porphyridium cruentum* microalgae. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 8(1):48-53.
- Nettleton, J.A. (1993). Are n-3 fatty acids essential nutrients for fetal and infant development?. *Journal of the American Dietetic Association*, 93(1):58-64. DOI: 10.1016/0002-8223(93)92132-H
- Parsons, T.R. (1963). Discussion of spectrophotometric determination of marine plant pigments, with revised equation for ascertaining chlorophylls and carotenoids. *J. Mar. Res.*, 21:155-163.
- Ramus, J. & Groves, S.T. (1972). Incorporation of sulfate into the capsular polysaccharide of the red alga *Porphyridium*. *The Journal of Cell Biology*, 54(2):399-407. DOI: 10.1083/jcb.54.2.399
- Ramus, J., Kenney, B.E. & Shaughnessy, E.J. (1989). Drag reducing properties of microalgal exopolymers. *Biotechnology and Bioengineering*, 33(5):550-557. DOI: 10.1002/bit.260330506
- Reboloso Fuentes M.M., Garcia Sanchez, J.L., Fernandez, Sevilla J.M., Acien Fernandez, F.G., Sanchez Perez, J.A., Molina Grima, E. (1999). Outdoor continuous culture of *Porphyridium cruentum* in a tubular photobioreactor: quantitative analysis of the daily cyclic variation of culture parameters. *Journal of Biotechnology*, 70: 271-288.
- Schlegel, H.G. (2007). *Allgemeine mikrobiologie*. Georg Thieme Verlag.
- 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. DOI: 10.1093/ajcn/54.3.438
- Singh, S., Arad, S.M. & Richmond, A. (2000). Extracellular polysaccharide production in outdoor mass cultures of *Porphyridium* sp. in flat plate glass reactors. *Journal of Applied Phycology*, 12(3-5):269-275.
- Singh, G. & Chandra, R. K. (1988). Biochemical and cellular effects of fish and fish oils. *Progress in Food & Nutrition Science*, 12(4): 371-419.
- Sukenik, A. (1991). Ecophysiological considerations in the optimization of eicosapentaenoic acid production by *Nannochloropsis* sp.(Eustigmatophyceae). *Bioresource Technology*, 35(3): 263-269. DOI: 10.1016/0960-8524(91)90123-2.
- Vonshak, A. (1988). *Porphyridium*. In: Borowitzka MA, Borowitzka LJ (eds) *Micro-algal Biotechnology* (pp 122-134). Cambridge University Press, Cambridge.
- You, T. & Barnett, S.M., (2004). Effect of light quality on production of extracellular polysaccharides and growth rate of *Porphyridium cruentum*. *Biochemical Engineering Journal*. 19: 251-258.
- Zarr, J.H. (1999). Biostatistical analysis. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. Pg, 161-164.

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

The effect of frozen storage on chemical and sensory quality of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) coated whey protein isolate enriched with thyme essential oil

Dondurarak depolamanın kekik esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş peynir altı suyu protein izolatu ile kaplanan istavrit (*Trachurus trachurus*)'in kimyasal ve duyu kalitesine etkisi

Bahar Tokur^{1*} • Elif Tuğçe Aksun²

¹ Department of Fisheries Technology Engineering, University of Ordu, Fatsa, Ordu, Turkey

² Department of Fishing and Fish Processing Technology, Faculty of Fisheries, Cukurova University, 01330 Balcali, Adana, Turkey

* Corresponding author: baharorhun@gmail.com

Received date: 26.02.2018

Accepted date: 17.05.2018

How to cite this paper:

Tokur, B. & Aksun, E.T. (2018). The effect of frozen storage on chemical and sensory quality of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) coated whey protein isolate enriched with thyme essential oil. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 295-304. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.09

Abstract: In this study, the effectiveness of whey protein isolate (WPI) and WPI enriched thyme essential oil coating to improve the quality of horse mackerel during frozen storage at -18 °C±2 were evaluated for nine month. Whey protein isolate without thyme essential oil (WPI0) and three different proportion thyme essential oil (3, 5 and 7 %, v/v) in whey protein isolate (WPI3, WPI5 and WPI7) coating solutions were applied to horse mackerel. As a control, non-coated and distilled water coating (DW) horse mackerel were used. The results showed that the lowest peroxide value (PV) (meq of peroxide oxygen kg⁻¹) and thiobarbituric acid value (TBA) (mg malonaldehyde/kg muscle) were determined in WPI coatings enriched with 3% thyme essential oil treated group (p<0.05) while the highest PV and TBA values were determined in WPI coatings enriched with 5% and 7% thyme essential oil treated groups (p<0.05). Among the treatment, DW and the WPI coatings enriched with 7% thyme oil gave significantly higher protein solubility than other treatments during frozen storage (p<0.05). Electrophoretic studies in the presence and absence of β-mercaptoethanol showed that high molecular weight polymers via non-disulfide and disulfide cross-linking occurred in the horse mackerel proteins extracted in 5% NaCl in all groups during frozen storage. Sensory assessment showed that the horse mackerel coated WPI enriched with 5 and 7% thyme essential oil could not be stored for more than 9 months.

Keywords: Whey protein isolate, coating, thyme essential oil, frozen storage, horse mackerel

Öz: Bu çalışmada, 18 ±2 °C'de dondurularak depolanan istavritin kalitesini geliştirmek amacıyla peynir altı suyu protein izolatu (WPI) ve kekik esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş WPI kaplamanın etkisi 9 aylık süre için değerlendirilmiştir. İstavritlere, kekik esansiyel yağı ilave edilmemiş (WPI0) ve üç farklı oranlarda kekik esansiyel yağı (%3, %5 ve %7, v/v) içeren peynir altı suyu protein izolatu (WPI3, WPI5 ve WPI7) kaplama solüsyonu uygulanmıştır. Kontrol grubu olarak, herhangi bir kaplama uygulanmayan ve saf su glazeli (DW) istavritler kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda, en düşük peroksit (PV) ve tiyobarbitürik asit (TBA) değerleri %3 oranında kekik esansiyel yağı uygulanan grupta bulunurken (p<0.05), en yüksek PV ve TBA değerleri %5 ve %7 oranında kekik esansiyel yağı uygulanan gruplarda bulunmuştur (p<0.05). Gruplar arasında DW ve %7 oranında kekik esansiyel yağı uygulananlar, dondurularak depolama boyunca diğer gruplara göre önemli oranda daha yüksek protein çözünürlüğüne sahip olmuştur (p<0.05). β-mercaptoethanol varlığında ve yokluğunda yapılan elektroforetik çalışmalar sonucunda, dondurularak depolama boyunca tüm gruplarda disülfid olan ve disülfid olmayan çapraz bağların oluşmasıyla yüksek moleküler ağırlıklı polimerlerin %5 NaCl'da ekstrakte edilen istavrit proteinlerinde meydana geldiği görülmüştür. Duyusal değerlendirmeye göre, % 5 ve %7 kekik esansiyel yağı ile zenginleştirilmiş WPI kaplı istavritlerin dokuz aydan daha uzun süre dondurularak depolanamayacağı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Peynir altı suyu protein izolatu, kaplama, kekik esansiyel yağı, dondurularak depolama, istavrit

INTRODUCTION

Freezing, one of the oldest methods of food preservation, is still the most common and effective technique for providing a significantly extended shelf life. Although freezing and frozen storage are able to control or decrease biochemical changes, degradation of lipid and protein cannot terminate, which causes deteriorative quality changes in flavour, odour and texture.

Application of edible film and coatings are a good alternative for suppressing quality changes during frozen storage by, for instance, delaying moisture, aroma and oil loss or gain and reducing lipid oxidation. They also can be used as a potential biopolymer for carrying and holding antioxidants and antimicrobials at food surfaces (Janjarasskul and Krochta,

2010).

Edible films and coatings are usually made from proteins, lipids and polysaccharides. One consisting of protein, whey protein isolate (WPI) created by filtering milk protein, is of particular interest for coating owing to its excellent oxygen, aroma and oil barriers: it has good mechanical properties, excellent gloss and transparency. Although the use of edible coatings made of different types of biodegradable polymers during frozen fish storage has been researched (Duan et al., 2010; Kilincceker et al., 2009; Sathivel et al., 2007), few studies have been published to date about whey protein isolate coating (Motalebi et al., 2010; Stuchell and Krochta, 1995; Rodriguez-Turienzo et al., 2011).

Bioactive edible coatings can be enriched with plant essential oils (EOs), thus further improving food quality and safety (Ojagh et al., 2009). Thyme EOs have phenolic compounds responsible for the high antioxidant capacity due to their biologically active compounds such as carvacrol and thymol and offer a promising alternative to synthetic antioxidants in minimizing rancidity (Altioek et al., 2010; Burt et al., 2005). The protective effect of thyme oil against lipid oxidation in frozen seafood has been thoroughly reviewed (Çoban, 2012; Erkan and Bilen, 2010). However, there is no information about the use of edible coatings enriched with essential oil on frozen horse mackerel.

Horse mackerel (*Trachurus trachurus*), a semi-pelagic fish distributed mainly over the continental shelf of the Northeast Atlantic from Norway to Senegal, and in the Mediterranean and Black Seas, has recently attracted great commercial attention because of its moderate price and large quantities captured (Aubourg et al., 2004; Özden, 2010). Horse mackerel is highly prone to oxidation because it contains high levels of ω 3 polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which can have a negative effect on the commercial value (Gimenez et al., 2011). The aim of this work was to determine the effects of whey protein isolate coatings enriched with different concentrations of thyme essential oil on chemical and sensory quality of horse mackerel during frozen storage at -18 ± 2 °C.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Horse mackerel (*Trachurus trachurus*), 13.31 ± 0.68 cm length and 17.36 ± 1.59 g weight, were caught in eastern Black Sea Coast in December and transported in crushed iced till arrival to the laboratory within 10 hours. The whey protein isolate (WPI) was obtained from Davisco Foods International Inc. (BIPRO, La Sueur, MN, USA). According to the manufacturer, the composition of the product was 97.9 % protein (dry weight basis), 4.6% moisture, 1.8 % ash, 0.2 % fat and 6.9 pH (10% @ 20°C). Candelilla wax was supplied from Strahl and Pitsch Inc. (West Babylon, N.Y., U.S.A.). Food grade glycerol and NaOH were purchased from a commercial food ingredient grocery store in Istanbul. Commercial thyme oil (Karden, Kardelen Tarım Ürünleri Ltd., Ankara) was supplied

from a local herbal store. All chemicals and reagents used were of analytical grade and purchased from either Merck (Darmstadt, Germany) or Sigma (St. Louis, MO).

Methods

Preparation of coating solutions and application to fish

The WPI coatings solutions were prepared as described by Seydim and Sarikus (2006). Whey protein isolate (5% w/v) was dissolved in distilled water, and glycerol (5% w/v) was added. The pH was adjusted to 8.0 with 2 N NaOH. The solutions were heated to 90 ± 2 °C while being stirred continuously. Candelilla wax (0.8% w/v) was added during heating. The coating solutions were filtered through a layer of cheesecloth. Thyme oil 3%, 5%, and 7% ratios (v/v) were added to the coating solutions. After homogenizing for two minutes using an Ultra-turax homogenizer (IKA, Germany), the solutions were cooled to room temperature for 1.5 hours. Vacuum was applied for 30 minutes to remove dissolved air in the solutions.

After the fish arrived at the laboratory, A total of 48 kg of fresh horse mackerel (8 kg in each group) were washed with tap water and frozen at -80 °C for overnight storage. The coatings were applied after freezing. They were divided into six groups. One was directly packaged in polyethylene zip-lock freezer bags and stored at -18 °C and considered as the non-coating group (Control). Others were dipped in distilled water (DW), whey protein isolate coating solution without thyme oil (WPI0) and WPI coating solution enriched with three different concentrations of thyme oil (WPI3%, WPI5% and WPI7%). The fish were dipped in the coating solution enriched with different concentrations of thyme essential oil for 30 seconds, drained for 15 seconds, packed in zip-lock freezer bags (Rodriguez-Turienzo et al., 2011) and then stored at -18 ± 2 °C for nine months.

Proximate analyses

The crude protein was determined by Kjeldahl's method (AOAC, 1984). Lipids were extracted by the method of Bligh and Dyer (1959). The moisture content (AOAC, 1990) and crude ash content (AOAC, 1998) were determined in an oven at 103 °C and 550 °C respectively until the weight became constant.

Gas chromatography mass spectrometry (GC/MS) analyses of thyme essential oil

Thyme EO was analyzed using gas chromatography mass spectrometry (GC/MS). GC/MS analyses were performed on a Perkin Elmer Clarus 500 capillary gas chromatograph directly coupled to the mass spectrometer system (Japan). SGE non polar fused silica capillary column (60 m x 0.25 mm, ID. BPX5 0.25 μ m, USA) was used under the following conditions: oven temperature program from 60 °C (10 min) to 250 °C at 4 °C/min, and the final temperature kept for 10 min; injector temperature 220 °C; helium as carrier gas, flow rate 1.5 mL/min. The volume of injected sample was 1 μ l of diluted oil in hexane; splitless injection technique; ionization energy 70eV, in the electronic

ionization (EI) mode; ion source temperature 200°C; scan mass range of m/z 35–425 and interface line temperature 250°C. The constituents of essential oils were identified and calculated in relation to the retention time of a series of alkanes (C4–C28) as reference products and the similarity of their mass spectra with those gathered in the NIST-MS and WILEY-MS library, or reported in the literature. As a result of GC–MS analysis, the main components in the commercial thyme oil showed that it contained carvacrol (78.12%), trans-Caryophyllene (4.27%), beta Bisabolene (3.34%), dinopol NOP (2.86%), thymene (1.91%), gamma terpinene (1.59%) and caryophyllene oxide (1.18%).

Chemical analyses

Peroxide value (PV), expressed in milliequivalents of peroxide oxygen kg^{-1} of fat, was determined according to AOCS (1994). The value of thiobarbituric acid (TBA) was determined according to the method of Tarladgis et al. (1960), and results were expressed as TBA value, mg malonaldehyde/kg muscle.

The protein solubility was measured according to Dyer et al. (1950). 0.5 g fish muscle were homogenized with 5 % NaCl solution using a homogenizer (Ultra-turrax, Ika T8, 1KA Labortechnik, Staufen, Germany) for 1 min at speed 5 (20,000 rpm) in ice. Homogenate was then centrifuged at $5,000 \times g$ at 4°C for 20 min using a Hettich Rotina 420 R bench centrifuge (DJB Labcare Ltd., Buckinghamshire, UK). The supernatant was used for SDS-PAGE and for the determination of protein concentrations. The protein content of the extract was determined by the Lowry method (Lowry et al., 1951). Bovine serum albumin was used as a standard. Percentage of soluble protein was expressed as the ratio of the quantity of soluble protein after frozen storage to that of original soluble protein from fresh samples.

Sodium dodecyl sulfate (SDS)-polyacrylamide gel electrophoresis was used to monitor polymerization and fragmentation of proteins using a BioRad Mini vertical gel electrophoresis (Laemmli, 1970). To determine the polymerization of myosin heavy chain (MHC), samples prepared with sample buffer with and without β -mercaptoethanol were compared. SDS-PAGE was performed in a 10% (w/v) resolving gel and 4% (w/v) stacking gel run at 240 volt for 40 minute. Gels were stained overnight with 0.025% (w/v) Coomassie blue R-250 in 40% aqueous methanol and 7% acetic acid. Destaining was achieved by sequential treatment of gels first with an aqueous solution consisting of 40% methanol and 7% acetic acid, followed by 5% aqueous methanol and 7% acetic acid, and finally distilled water. Protein molecular weight standards were obtained from Sigma Ltd. (St. Louis, MO) consisted of myosin (200 kDa), β -galactosidase (116 kDa), phosphorylase b (97 kDa) bovine serum albumin (66 kDa), glutamic dehydrogenase (55 kDa), ovalalbumin (45 kDa) and glyceraldehydes-3-phosphate dehydrogenase (29 kDa).

Sensory Analysis

For sensory analysis, each assessment was carried out by a six to eight trained panelists. Sensory analyses of fish (appearance, odour, flavour and texture) were assessed according to the method of Paulus et al. (1979) with modification. Fish were cooked in a microwave oven for 3 min (450 w) and then served to the panelists to assess. A hedonic scale from 9 to 1 was used to evaluate frozen horse mackerel. A score of 9 represents 'very good quality', a score of 7–8, 'good quality', a score of 5–6 'acceptable', while a score of 1–4 was regarded as 'bad or unacceptable'.

Statistical analyses

Experiment statistics were performed using SPSS for Windows software program (SPSS 18.0 for Windows). The results were expressed as the mean and standard deviation. Data analysis for each treatment was carried out in triplicate and the mean of each sample for each group was analysed three times. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to check the variance homogeneity, normality and compared by using Duncan's multiple range test at 95% confidence interval. The treatment effect was performed using Duncan's multiple range test in the general linear models procedure (GLM). Sensory analyze was performed using non-parametric test and differences between in groups were evaluated analysis of variance.

RESULTS AND DISCUSSION

Proximate analyses

The moisture, lipid, crude protein and crude ash content of raw horse mackerel were found to be 76.4 ± 0.64 %, 6.86 ± 0.12 %, 21.74 ± 0.48 % and 1.22 ± 0.03 %, respectively. The proximate composition of the horse mackerel showed similarities to the findings of Bandarra et al. (2001) and Vareltsis et al. (1997) with little differences. However, some researchers have found different results in lipid content of horse mackerel (Aubourg et al., 2002; Aubourg et al., 2004; Boran and Karaçam, 2011). These differences may be related to size, food, migration and sexual changes and geographic region (Bandarra et al., 2001; Losada et al., 2005; Çelik, 2008; Boran and Karaçam, 2011). The moisture, lipid, crude protein and crude ash content of horse mackerel coated with WPI were found to be 73.70 ± 1.04 %, 5.86 ± 0.06 % and 24.48 ± 0.45 % and 1.14 ± 0.05 %, respectively. There was an apparent net increase in protein content of horse mackerel coated with WPI compared to the raw ones but a decrease in the moisture, lipid and crude ash. The increasing the crude protein content in it was related to coating of whey protein isolate. The decreasing the moisture, lipid and crude ash can be explained by the increase in the protein content.

Chemical quality

Peroxide value (PV) of horse mackerel coated whey protein isolate enriched with thyme oil is given in Table 1.

Table 1. PV (meq of peroxide oxygen kg⁻¹) of horse mackerel coated whey protein isolate enriched with thyme oil^{1,2,3}

Months	Control	DW	WPI0	WPI3	WPI5	WPI7
0	0.55±0.03 ^{c1}	0.44±0.01 ^{b1}	0.41±0.01 ^{ab1}	0.34±0.03 ^{a1}	0.84±0.06 ^{d1}	0.97±0.02 ^{e1}
1	0.55±0.01 ^{c1}	0.45±0.03 ^{b1}	0.59±0.01 ^{d2}	0.39±0.02 ^{a1}	0.89±0.02 ^{e1}	0.96±0.03 ^{f1}
2	1.23±0.03 ^{b2}	1.11±0.03 ^{ab2}	1.35±0.01 ^{bc3}	0.71±0.55 ^{a12}	1.49±0.02 ^{bc2}	1.71±0.03 ^{c2}
3	1.23±0.03 ^{c2}	1.14±0.04 ^{b2}	1.34±0.01 ^{d3}	1.02±0.02 ^{a2}	1.44±0.02 ^{e2}	1.71±0.02 ^{c2}
4	3.63±0.02 ^{c3}	3.54±0.02 ^{b3}	3.67±0.02 ^{d4}	3.46±0.01 ^{a3}	5.18±0.02 ^{e3}	5.29±0.02 ^{f3}
5	6.38±0.03 ^{b4}	6.53±0.02 ^{c4}	6.54±0.02 ^{c5}	6.34±0.01 ^{a4}	6.96±0.02 ^{d4}	7.03±0.02 ^{e4}
6	7.06±0.02 ^{b5}	7.05±0.03 ^{b5}	7.16±0.02 ^{c6}	6.97±0.02 ^{a5}	7.82±0.02 ^{d5}	7.96±0.03 ^{e5}
7	11.03±0.02 ^{a6}	10.98±0.02 ^{a6}	11.04±0.02 ^{a7}	11.27±0.44 ^{a6}	11.21±0.04 ^{a6}	11.37±0.03 ^{a6}
8	14.04±0.02 ^{b7}	14.07±0.02 ^{b7}	14.08±0.02 ^{b8}	14.00±0.01 ^{a7}	14.81±0.03 ^{c7}	14.98±0.01 ^{d7}
9	16.12±0.01 ^{b8}	16.15±0.03 ^{b8}	16.30±0.06 ^{c9}	16.01±0.01 ^{a8}	16.61±0.01 ^{d8}	16.77±0.05 ^{e8}
GLM	6.18 ^b	6.15 ^b	6.25 ^c	6.0530 ^a	6.7253 ^d	6.8739 ^e

¹ Values are mean ± standard deviation.² Means within the same column (1,9) and the same row (a,f) with different letters are different ($P < 0.05$).³ GLM, genel linear model DW, distilled water; WPI0, whey protein isolate coating without thyme oil; WPI3, whey protein isolate coating with 3% thyme oil; WPI5, whey protein isolate coating with 5% thyme oil; WPI7, whey protein isolate coating with 7% thyme oil**Table 2.** Thiobarbituric acid (TBA) (mg malonaldehyde / kg muscle) value of horse mackerel coated whey protein isolate enriched with thyme oil^{1,2,3}

Months	Control	DW	WPI0	WPI3	WPI5	WPI7
0	0.56±0.01 ^{c1}	0.59±0.01 ^{d1}	0.49±0.00 ^{b1}	0.46±0.02 ^{a1}	0.46±0.01 ^{e1}	0.47±0.00 ^{f1}
1	0.73±0.01 ^{d2}	0.64±0.00 ^{c2}	0.56±0.00 ^{a2}	0.56±0.00 ^{a2}	0.62±0.00 ^{b2}	0.61±0.02 ^{b2}
2	0.73±0.01 ^{d2}	0.65±0.01 ^{c3}	0.56±0.00 ^{a2}	0.57±0.00 ^{a2}	0.62±0.00 ^{b2}	0.62±0.00 ^{b2}
3	0.85±0.04 ^{a3}	0.87±0.00 ^{ab4}	0.86±0.00 ^{ab3}	0.85±0.00 ^{a3}	0.88±0.00 ^{b3}	0.92±0.01 ^{c3}
4	0.96±0.00 ^{b4}	0.96±0.00 ^{b5}	0.87±0.01 ^{a4}	0.86±0.00 ^{a3}	1.04±0.02 ^{c4}	1.10±0.00 ^{d4}
5	1.11±0.00 ^{c5}	1.12±0.00 ^{d6}	0.96±0.00 ^{b5}	0.88±0.00 ^{a4}	1.17±0.00 ^{e5}	1.22±0.00 ^{f5}
6	1.52±0.02 ^{c6}	1.48±0.00 ^{b7}	1.40±0.00 ^{a6}	1.40±0.00 ^{a5}	1.56±0.00 ^{d6}	1.57±0.00 ^{d6}
7	1.56±0.00 ^{a7}	1.58±0.01 ^{b8}	1.56±0.00 ^{a7}	1.56±0.00 ^{a6}	1.80±0.00 ^{c7}	1.97±0.00 ^{d7}
8	3.51±0.05 ^{b8}	3.48±0.00 ^{b9}	3.31±0.00 ^{a8}	3.31±0.00 ^{a7}	3.43±0.12 ^{b8}	3.70±0.00 ^{c8}
9	3.46±0.03 ^{b9}	3.48±0.00 ^{b9}	3.31±0.00 ^{a8}	3.31±0.00 ^{a7}	3.75±0.00 ^{c8}	3.84±0.03 ^{d8}
GLM	1.499277 ^d	1.483677 ^c	1.386586 ^b	1.375003 ^a	1.549548 ^e	1.625110 ^f

¹ Values are mean ± standard deviation.² Means within the same column (1,9) and the same row (a,f) with different letters are different ($P < 0.05$).³ GLM, genel linear model DW, distilled water; WPI0, whey protein isolate coating without thyme oil; WPI3, whey protein isolate coating with 3% thyme oil; WPI5, whey protein isolate coating with 5% thyme oil; WPI7, whey protein isolate coating with 7% thyme oil

The secondary lipid oxidation products were measured by means of thiobarbituric acid values (TBA) expressed as mg malonaldehyde /kg muscle. As seen in Table 2, the initial TBA for the raw non-coated horse mackerel was found to be 0.55 mg malonaldehyde /kg muscle. This value was higher than finding for horse mackerel by other researchers (Simeonidou et al., 1997; Aubourg et al., 2002; Aubourg et al., 2004). The reason of higher TBA value could be resulted from higher lipid content and iced storage (10 hour) before freezing (Aubourg et al., 2002). During frozen storage, TBA value showed an increase in all groups. WPI coating without thyme oil caused a decrease in TBA value when compared with noncoated and

water coated groups. Similarly, coating with WPI solution/antioxidant overspray of King salmon have been found to be effective in controlling lipid oxidation after 77 days of frozen storage (Stuchell and Krochta, 1995). Similar results have also been reported by Sathivel et al. (2007). As well as the present PV, the higher TBA value were found in samples coated WPI with enriched thyme oil 5% and %7 than others one, while the lowest TBA value was found in samples coated with WPI enriched with thyme oil 3%. The prevention of lipid oxidation for frozen horse mackerel by using antioxidant have been reported previously (Aubourg et al., 2004). But antioxidant effect of thyme oil alone or combined with edible coating for

horse mackerel during frozen storage did not evaluated before. It has been observed that 1% thyme oil-treated chub mackerel (Erkan and Bilen, 2010) and rainbow trout (Çoban, 2012) had lower TBA value during frozen storage. In the current study, the using higher than 3% concentration thyme oil combined with WPI showed prooxidant activity during frozen storage for horse mackerel. Several authors claim that a variety of testing systems is required when assessing the antioxidant potential of a substance, since a substance exhibiting high antioxidant activity in one system may have a pro-oxidant effect in another system (Laughton et al., 1989; Pearson et al., 1997.) Recent

works indicate that high essential oils can have pro-oxidant effects (Mennen et al., 2005; Bakkali et al., 2008). Undeger et al. (2009) observed that high concentrations (100 µM) carvacrol showed a pro-oxidant effect and high concentrations of thymol (25 µM) increased DNA damage. This might explain why the higher thyme oil treated groups had a higher TBA value than the lower thyme oil treated groups.

Effect of whey protein isolate coating enriched with thyme oil on protein solubility (%) in 5% NaCl during frozen storage of horse mackerel is given in Table3.

Table 3. Protein Solubility (%) of horse mackerel coated whey protein isolate enriched with thyme oil

Months	Control	DW	WPI0	WPI3	WPI5	WPI7
0	100 ¹	100 ³	100 ²	100 ⁴	100 ³	100 ⁴
1	96.80±0.14 ^{a3}	103.50±0.17 ^{e1}	102.76±0.22 ^{e1}	103.12±0.12 ^{d1}	101.63±0.07 ^{c1}	100.37±0.15 ^{b3}
2	97.02±0.24 ^{a3}	101.37±0.28 ^{c2}	100.29±0.30 ^{b2}	101.04±0.20 ^{c2}	101.13±0.13 ^{c2}	104.48±0.16 ^{d1}
3	98.86±0.55 ^{a2}	101.31±0.21 ^{d2}	99.75±0.19 ^{b2}	100.43±0.14 ^{c3}	101.13±0.23 ^{d2}	103.02±0.20 ^{e2}
4	86.02±0.17 ^{a7}	89.49±0.37 ^{b6}	92.8±0.62 ^{c3}	93.43±0.25 ^{c4}	88.14±0.14 ^{b4}	91.82±0.11 ^{c5}
5	85.10±0.17 ^{a8}	88.47±0.14 ^{d7}	90.31±0.24 ^{e4}	87.88±0.15 ^{c67}	87.22±0.32 ^{b5}	91.18±0.17 ^{f6}
6	93.98±0.19 ^{a4}	86.00±1.36 ^{d8}	89.63±0.21 ^{e4}	86.54±0.13 ^{c8}	87.28±0.19 ^{b5}	88.29±0.19 ^{f9}
7	93.98±0.18 ^{a4}	93.66±0.34 ^{e4}	93.31±0.15 ^{d3}	85.58±0.19 ^{a9}	86.33±0.21 ^{b6}	88.39±0.29 ^{c9}
8	90.12±0.16 ^{d6}	92.20±0.29 ^{e5}	86.28±0.17 ^{a5}	88.12±0.12 ^{b6}	88.25±0.21 ^{b4}	89.55±0.17 ^{c8}
9	91.62±0.38 ^{d5}	91.88±0.15 ^{d5}	85.58±0.17 ^{a5}	87.70±0.13 ^{b7}	87.51±0.16 ^{b5}	90.05±0.11 ^{c7}
GLM	93.35 ^c	94.79 ^a	94.15 ^b	93.38 ^c	92.86 ^d	94.72 ^a

¹ Values are mean ± standard deviation.

² Means within the same column (1,9) and the same row (a,f) with different letters are different ($P < 0.05$).

³ GLM, genel linear model DW, distilled water; WPI0, whey protein isolate coating without thyme oil; WPI3, whey protein isolate coating with 3% thyme oil; WPI5, whey protein isolate coating with 5% thyme oil; WPI7, whey protein isolate coating with 7% thyme oil

Protein solubility in 5% sodium chloride is used to characterize the degree of protein denaturation during frozen storage. In present study, protein solubility showed slightly decrease in all samples during frozen storage, similar to previous research on frozen horse mackerel (Undeland et al., 2003). There are published data indicating that a reduction in protein solubility during frozen storage was due to denaturation and aggregation of myofibrillar proteins in frozen fish (Geirsdottir et al., 2007). Hurling and McArthur (1996) studied frozen storage effects in cod and they found that myofibrillar protein solubility decreased from 70 to 22% of the total protein after 9 month storage at -30°C . They also indicated that decline in protein solubility was not caused by complete protein unfolding. Insolubilization of proteins during frozen storage is caused by formation of intermolecular hydrogen and/or hydrophobic bonds as well as disulfide bonds and ionic interaction (Akahane, 1982). Montecchia et al. (1997) observed a slight increase in salt-soluble protein from hake after 15 day frozen storage at -20°C followed by gradual decrease until the end of frozen storage. This slightly increased protein solubility might be caused by modifications of chemical groups,

especially sulfhydryls. These changes would cause a transitory modification of molecular conformation as was suggested by *in vitro* experiments with carp actomyosin, myosin, and heavy meromyosin during short term frozen storage (Matsumoto, 1980). Comparison among the different treatments showed that coating process was helpful to protect the decrease in protein solubility till first three months (Aubourg et al., 2004). Among the treatment, DW and the WPI coated enriched with 7% thyme oil caused significantly higher protein solubility than other treatments during frozen storage ($p < 0.05$). However, the reduction of solubility did not change regularly. These fluctuations during frozen storage could be caused by interactions of proteins with other compounds such as fatty acids, decomposition products of lipids and amine compounds (Saeed and Howell 2002, Siddaiah et al., 2001).

SDS-PAGE

The electrophoretic profiles of the salt-soluble proteins extracted with 5% NaCl from groups during frozen storage are shown in Figure 1.

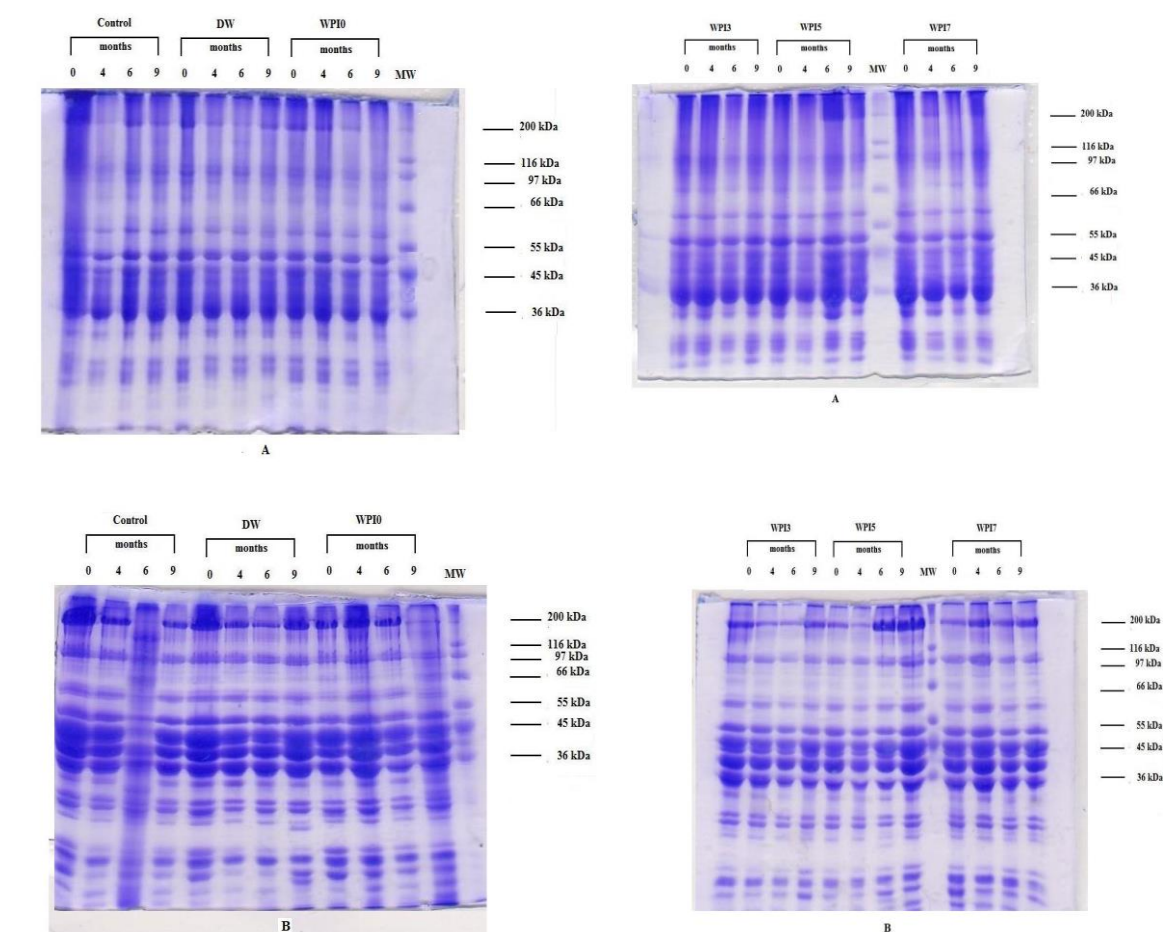


Figure 1. The electrophoretic profiles of the salt-soluble proteins extracted with 5% NaCl from groups prepared without (A) and with β -mercaptoethanol (B) during frozen storage (DW, distilled water; WPI0, whey protein isolate coating without thyme oil; WPI3, whey protein isolate coating with 3% thyme oil; WPI5, whey protein isolate coating with 5% thyme oil; WPI7, whey protein isolate coating with 7% thyme oil, MW; molecular weight)

In this study, electrophoretic protein profiles in groups showed that the remarkable changes seen in the protein band around 200 kDa in the absence of β -mercaptoethanol, indicating the absence of intermolecular disulfide bridges (Figure 2). In control, DW, WPI0 and WPI7, the intensity of this band decreased and/or increased throughout the frozen storage period of 9 months at $-18 \pm 2^\circ\text{C}$, while it didn't seen in WPI3 from at the beginning of the storage to at the end of the storage and it didn't seen in WPI5 at the beginning four month and then appeared at month 6 and 9. A double protein bands with molecular weight around 97 kDa did not seen in the groups coated with thyme oil during storage. No significant differences were observed in other protein bands both between samples and during frozen storage. The protein profiles of samples treated with β -mercaptoethanol as reducing agent showed that there were many new bands in all samples when compare with the protein profiles of samples treated without β -mercaptoethanol during frozen storage. The new bands in the presence of reducing agent were attributed to polymerization high molecular weight via disulfide cross-linking (Le Blanc and

Le Blanch 1989). Formation of disulfide band also contributes to decrease in salt soluble protein during frozen storage (Owusu-Anash and Hultin 1986). In this study, the decrease in protein solubility observed in all samples during storage. These decreases could be resulted from cross-linking of protein (Keyvan et al., 2008). No significant differences between the electrophoretic profiles obtained within samples but the appearance of new bands of low molecular weight (<36 kDa) were seen in all samples during frozen storage. Main differences within groups were observed in control samples at six month of storage, the protein bands near 200 kDa completely disappeared and new bands occurred near 116 and 97 kDa. At the interface of stacking and resolving electrophoresis gels, there was a proteins that did not penetrate the resolving gel, with a higher molecular weight than MHC, probably formed by the covalent linkage during frozen storage of muscle (Careche et al., 2002). In frozen fish, high molecular weight protein aggregate accumulated by hydrophobic interaction as well as by disulfide bonds and other covalent cross-links (Haard, 1992).

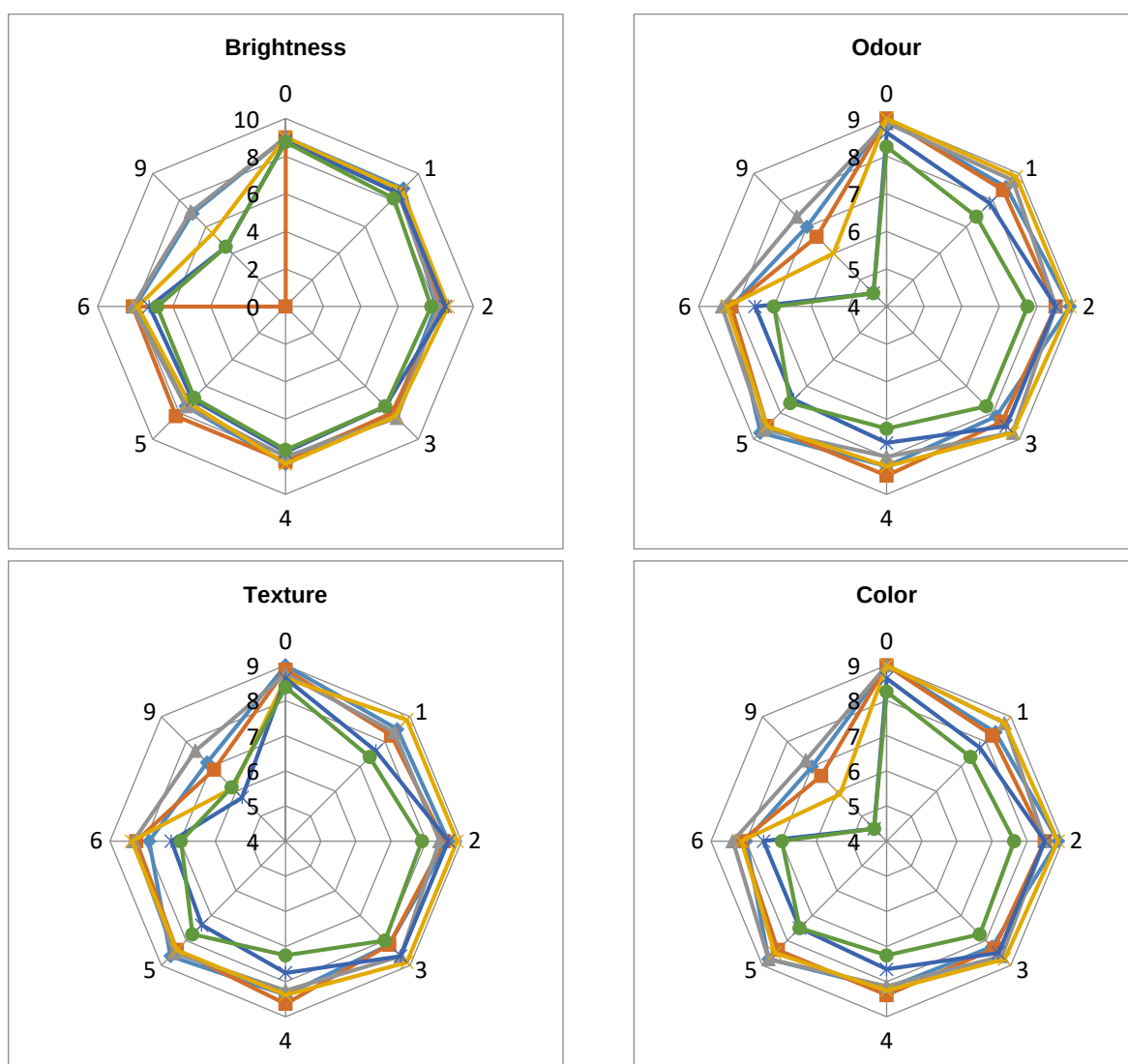
Sensory Quality

The results of the sensory analyses of horse mackerel coated WPI enriched thyme oil during frozen storage are shown in Figure 2.

Panelists scored for brightness, color, odor, flavor, texture and general acceptability using a nine-point hedonic scale (1, dislike extremely to 9, like extremely) for the assessment of sensory quality in samples. Results of the sensory evaluation obtained reveal that samples coated WPI enriched with %5 and %7 thyme oil showed the most marked changes ($p < 0.05$).

Significantly higher scores for color, odor and flavor were given to control, DW, WPI and WPI3, while WPI7 scored the significantly lowest for all parameters at the beginning of the storage ($p < 0.05$). When they stored longer, lower scores were

given subsequently for all groups by the panelists. However, rancid flavor was estimated in samples coated WPI enriched with 5% and 7% thyme oil after nine month storage and the scores samples reached unacceptable levels. But, other groups received scores above the acceptability limit of 5. These conclusions were also supported by the results for lipid quality analyses. The higher PV and TBA value were noticed at the later stage of storage days and these could be due to the production of lipid oxidation products, resulting in the unacceptable flavor. Similar trends were also observed in brightness, color, odor, texture and general acceptability (Figure 2). Similarly, Rodriguez-Turienzo et al. (2011) found that no significant differences ($p > 0.05$) between whey protein coated samples and controls and the sensory properties of salmon samples were not affected negatively by these coatings.



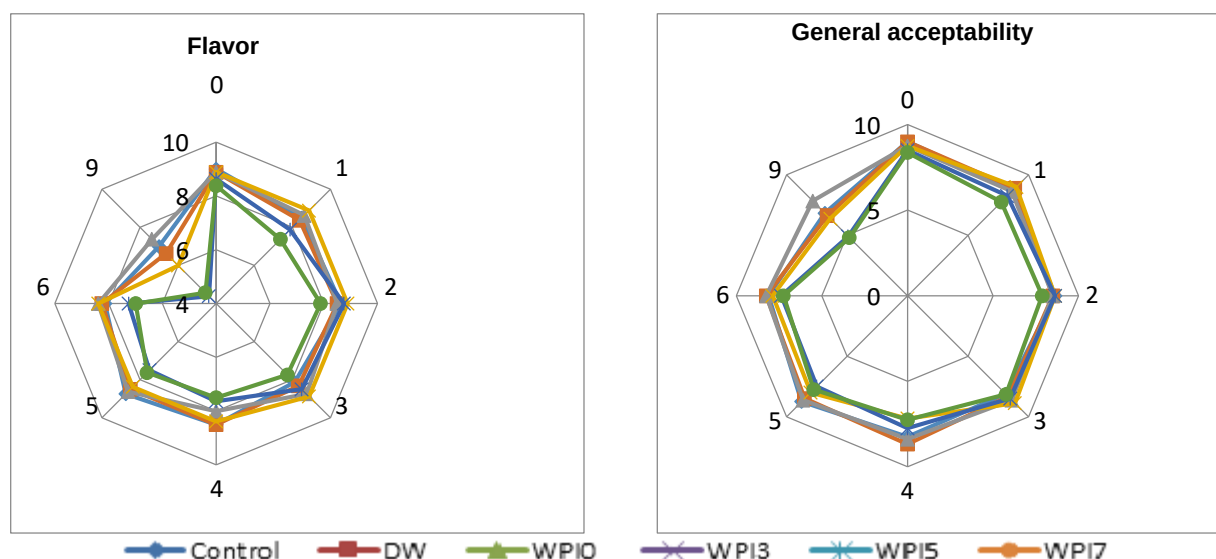


Figure 2- Sensory evaluation of horse mackerel coated whey protein isolate enriched with thyme oil during frozen storage

No significant ($p > 0.05$) effects of protein coating on a^* , b^* , and whiteness values for cooked pink salmon after 3 mo frozen storage were also reported by Sathivel (2005). The changing of brightness and color with addition of essential oil in edible coatings have been reported previously by researchers who claimed that addition of EOs in edible films may change the native color of edible films and the degree of change is concentration-dependent (Du et al., 2011; Rhim et al., 2000). Those results showed that the horse mackerel coated WPI enriched with 5 and 7% thyme oil could not be stored for more than 9 months.

REFERENCES

- Akahane, T. (1982). Denaturation of Fish Muscle Proteins. Ph.D. thesis, Sophia Univ. Tokyo, Japan. 195 pp
- Altioğ, D., Altioğ, E. & Tihminlioglu, F. (2010). Physical, antibacterial and antioxidant properties of chitosan films incorporated with thyme oil for potential wound healing applications. *Journal of Materials Science-materials in Medicine*, 21(7):2227-36. DOI: 10.1007/s10856-010-4065-x
- AOCS. (1994). Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society. *American Oil Chemists Society*, Champaign, IL
- AOAC. (1984). Official Methods of Analysis, 14th Edn., Association of Analytical Chemists, Washington, DC.
- AOAC. (1990). Official methods of analyses of association of analytical chemist (15th ed.). Washington, DC
- AOAC. (1998). Fish and other Marine Products: Official Method 938.08: Ash of Seafood. In P. Cunniff (Ed.). Official Methods of Analysis of AOAC International, Gaithersburg: USA.
- Aubourg, S., Lehmann, I. & Gallardo, J. (2002). Effect of previous chilled storage on rancidity development in frozen horse mackerel (*Trachurus trachurus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1764–1771. DOI: 10.1002/jsfa.1261
- Aubourg, S., Lugasi, A., Hovari, J., Pineiro, J., Lebovics, V. & Jaloczi, I. (2004). Damage inhibition during frozen storage of horse mackerel fillets by a

CONCLUSION

In conclusion, when thyme oil used higher concentration than 3%, it can be play as a pro-oxidant for horse mackerel over the course of frozen storage and caused unacceptable level of fish. As a result of protein solubility and SDS-PAGE, whey protein isolate and enriching whey protein isolate with thyme oil showed no remarkable changes in protein quality.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors want to thanks to Çukurova University, Scientific Research Projects Coordinating Office (ÇÜ-BAP-SÜF2012BAP13) for supporting this research.

previous plant extract treatment. *Journal of Food Science*, 69:136–141. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.tb15505

- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D. & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils- a review. *Food and Chemical Toxicology*, 46:446–475. DOI: 10.1016/j.fct.2007.09.106
- Bandarra, N.M., Batista, I., Nunes, M.L. & Empis, J.M. (2001). Seasonal variation in the chemical composition of horse-mackerel (*Trachurus-trachurus*). *European Food Research Technology*, 212: 535-539. DOI: 10.1007/s002170100299
- Bligh, E.C. & Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 913–917. DOI: 10.1139/o59-099
- Boran, G. & Karacam, H. (2011). Seasonal changes in proximate composition of some fish species from the Black Sea. *Turkish Journal of Fish Aquatic Science*, 11: 1–5. DOI: 10.4194/trjfas.2011.0101
- Burt, S.A., Vlielader, R., Haagsman, H.P. & Veldhuizen, E.J.A. (2005). Increase in activity of essential oil components carvacrol and thymol against *Escherichia coli* O157:H7 by addition of food stabilizers. *Journal of Food Protection*, 68: 919-926.
- Careche, M., Mazo, M.L.D. & Fernández-Martín, F. (2002). Extractability and thermal stability of frozen hake (*Merluccius merluccius*) fillets stored at -

- 10 and -30°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 1791–1799. DOI: 10.1002/jfsa.1257
- Çelik, M. (2008). Seasonal changes in the proximate chemical compositions and fatty acids of chub mackerel (*Scomber japonicus*) and horse mackerel (*Trachurus trachurus*) from the north eastern Mediterranean Sea. *International Journal of Food Science and Technology*, 43:933–938. DOI: 10.1080/10498850.2011.621583
- Çoban, Ö.E. (2012). Evaluation of essential oils as a glazing material for frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 1-7. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2012.00722.x
- Du, W., Roberto, J., Avena-Bustillos, R.J., Hua, S.S.T. & McHugh, T.H. (2011). Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety. In A. Mèndez-Vilas (Ed.), *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*, 1224-1134.
- Duan, J., Cherian, G. & Zhao, Y. (2010). Quality enhancement in fresh and frozen lingcod (*Ophiodon elongatus*) filets by employment of fish oil incorporated chitosan coatings. *Food Chemistry*, 119:524-532. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.06.055
- Dyer, W.J., Fench, H.V. & Snow, J.M. (1950). Proteins in fish muscle. 1.Extraction of protein fraction in fresh fish. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 7, 585. DOI: 10.1139/f47-052
- Erkan, N. & Bilen, G. (2010). Effect of essential oils treatment on the frozen storage stability of chub mackerel filets. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 5:101–110. DOI: 10.1007/s00003-009-0546-6
- Geirsdottir, M. Hlynisdottir, H. Thorkelsson, G. & Sigurgisladdottir, S. (2007). Solubility and viscosity of herring (*Clupea harengus*) proteins as affected by freezing and frozen storage. *Journal of Food Science*, 72(7): 376-380. DOI:10.1111/j.1750-3841.2007.00471
- Gimenez, B., Gomez-Guillen, M.C., Perez-Mateos, M., Montero, P. & Marquez-Ruiz, G. (2011). Evaluation of lipid oxidation in horse mackerel patties covered with borage-containing film during frozen storage. *Food Chemistry*, 124: 1393–1403. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.07.097
- Haard, N.F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, 25: 289–307. DOI: 10.1016/0963-9969(92)90126-P
- Hurling, R. & McArthur, H. (1996). Thawing, refreezing and frozen storage effects on muscle functionality and sensory attributes of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Food Science*, 61 (6):1289–1296. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1996.tb10981.x
- Janjarasskul, T. & Krochta, J. M., (2010). Edible Packaging Materials. *Annual Review of Food Science Technology*, 1: 415–48. DOI: 10.1146/annurev.food.080708.100836
- Keyvan, A., Moini, S., Ghaemi, N., Haghdoust, A.A., Jalil, S. & Pourkabir, M., (2008). Effect frozen storage time on the lipid deterioration and protein denaturation during Caspian Sea white fish (*Rutilus frisi kutum*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science.*, 3, 404-409. DOI: 10.3923/jfas.2008.404.409
- Kilinceker, O., Dogan, I.S. & Kucukoner, E. (2009). Effect of edible coatings on the quality of frozen fish filets. *LWT – Food Science and Technology*, 42:868–873. DOI: 10.1016/j.lwt.2008.11.003
- Laemmli, U.K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680-685. DOI: 10.1038/227680a0
- Laughton, M.J., Halliwell, B., Evans, P.J. & Hoult, J.R. (1989). Antioxidant and prooxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. Effects on lipid peroxidation, hydroxyl radical generation and bleomycin-dependent damage to DNA. *Biochemical Pharmacology*, 38, 2859–2865. DOI:10.1016/S1360-1385(97)01018-2
- LeBlanc, E.L. & LeBlanc, R.J. (1989). Separation of cod (*Gadus morhua*) fillet proteins by electrophoresis and HPLC after various frozen storage treatments. *Journal of Food Science*, 54:827-834.
- Losada, V., Pineiro, C., Barros-Vela, J. & Aubourg, S.P. (2005). Inhibition of chemical changes related to freshness loss during storage of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) in slurry ice *Food Chemistry*, 93, 619–625.
- 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, 265-275.
- Matsumoto, J.J. (1980). Chemical deterioration of muscle proteins during frozen storage. In J.R Whitaker & M. Fujimaki (Eds.), *Chemical Deterioration of Proteins*: 95–124. American Chemical Society ACS, Washington, DC.
- Mennen, L.I., Walker, R., Bennetau-Pelissero, C. & Scalbert, A. (2005). Risks and safety of polyphenol consumption. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 326–329.
- Motalebi, A. A., Hasanzati Rostami, A., Khanipour, A. A. & Soltani, M. (2010). Impacts of whey protein edible coating on chemical and microbial factors of gutted kila during frozen storage. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9(2), 255-264.
- Montecchia, C.L., Roura, S.I., Roldan, H., Perez-Borla, O. & Crupkin, M. (1997). Biochemical and physicochemical properties of actomyosin from frozen pre- and post-spawned hake. *Journal of Food Science*, 62(3), 491-495. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04413.x
- Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H. & Hosseini, S.M.H. (2009). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120, 193–198. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.10.006
- Owusu-Ansah, Y. J. & Hultin, H. O. (1986). Chemical and physical changes in red hake filets during frozen storage. *Journal of Food Science*, 51, 1402-1406.
- Özden, Ö. (2010). Micro, macro mineral and proximate composition of Atlantic bonito and horse mackerel; a monthly differentiation. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 578–586.
- Paulus, K., Zacharias, R., Robinson, L. & Geidel, H. (1979). Kritische betrachtungen zur "bewertenden prüfung mit skale als einem wesentlichen verfahren der sensorischen analyse. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 12(1), 52–61.
- Pearson, D.A., Frankel, E.N., Aeschbach, R. & German, J.B. (1997). Inhibition of endothelial cell-mediated oxidation of lowdensity lipoprotein by rosemary and plant phenolics. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 45, 578-582. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.02170
- Rhim, J.W., Gennadios, A., Handa, A., Weller, C.L. & Hanna, M.A., (2000). Solubility, tensile, and color properties of modified soy protein films. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 48, 4937–494. DOI: 10.1021/jf0005418
- Rodriguez-Turienzo, L., Cobos, A., Moreno, V., Caride, A., Vieites, J.M. & Diaz, O. (2011). Whey protein-based coatings on frozen Atlantic salmon (*Salmo salar*): Influence of the plasticiser and the moment of coating on quality preservation. *Food Chemistry*, 128(1), 187-194. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.12.003
- Saeed, S. & Howell, N.K. (2002). Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of Science Food Agriculture*, 82, 579-586. DOI: 10.1002/jfsa.1080
- Sathivel, S. (2005). Chitosan and protein coatings affect yield, moisture loss, and lipid oxidation of pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) filets during frozen storage. *Journal of Food Science*, 70(8), 455–459. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb11514.x
- Sathivel, S., Liu, Q., Huang, J. & Prinyawiwatkul, W. (2007). The influence of chitosan glazing on the quality of skinless pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) filets during frozen storage. *Journal of Food Engineering*, 83, 366–373. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2007.03.009
- Seydim, A.C. & Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food Research International*, 39(5), 639–644. DOI:10.1016/j.foodres.2006.01.013
- Siddaiah, D., Reddy, G.V.S. & Chandrasekar, T.C. (2001). Changes in lipids, proteins and kamaboko forming ability of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) mince during frozen storage. *Food Research International*, 34, 47-53

- Simeonidou, S., Govaris, A. & Vareltsis, K. (1997). Effect of frozen storage on the quality of whole fish and fillets of horse mackerel (*Trachurus trachurus*) and Mediterranean hake (*Merluccius mediterraneus*). *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 204, 405–410.
DOI: 10.1007/s002170050102
- Stuchell, Y.M. & Krotcha, J.M. (1995). Edible coating on frozen king salmon effect of whey protein isolate and acetylated monoglycerides on moisture loss and lipid oxidation. *Journal of Food Science*, 60: 28-31.
DOI: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb05599
- Tarladgis, B., Watts, B.M., Yonathan, M. & Dugan, L.J. (1960). Distillation Method for Determination of Malonaldehyde in Rancidity Food. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 37(1), 44-48.
- Undeger, Ü., Basaran, A., Degen, G.H. & Basaran N. (2009). Antioxidant activities of major thyme ingredients and lack of (oxidative) DNA damage in V79 Chinese hamster lung fibroblast cells at low levels of carvacrol and thymol. *Food Chemistry Toxicology*, 47, 2037–2043.
DOI: 10.1111/j.1365-2621.1995.tb05599
- Undeland, I., Kelleher, S.D., Hultin, H.O., McClement, J. & Thongraung, C.H. (2003). Consistency and solubility changes in herring (*Clupea harengus*) light muscle homogenates as a function of pH. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3992–3998.
DOI: 10.1021/jf0210932
- Vareltsis, K., Koufidis, D., Graviilidou, E., Papavergou, E. & Vasiliadou, S. (1997). effectiveness of a natural Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 205, 93–96.

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Avcılık ve kültür yoluyla elde edilen balıkların tüketim tercihleri: Elazığ İli örneği, Türkiye

Consumption preferences of wild fish and farmed fish: The case of Elazığ Province, Turkey

Muhsine Duman^{1*} • Mürşide Dartay¹

¹ Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 23119 Elazığ

* Corresponding author: mduman@firat.edu.tr

Received date: 12.03.2018

Accepted date: 20.05.2018

How to cite this paper:

Duman, M. & Dartay, M. (2018). Consumption preferences of wild fish and farmed fish: The case of Elazığ Province, Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 305-310. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.10

Öz: Bu çalışma, Elazığ il merkezinde yaşayan hane halkının doğadan yakalanan balık ile kültür (çiftlik) balığının tüketim tercih ve davranışlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Elazığ ilinde hane-halkı temel kabul edilerek yapılan bu araştırmada, veriler anket yolu ile toplanmıştır. Hazırlanan "tüketici anket formu", Elazığ ili içinde farklı gelir gruplarını temsil eden 415 aile ile yüz yüze görüşme yoluyla uygulanmıştır. Ankete katılanların %96'sının balık tükettiği ve bunların %88'inin doğada yakalanan, %12'sinin ise kültür balığını tükettiği belirlenmiştir. Doğada yakalanan balığı tercih edenlerin %47'sinin lezzetli ve %35'nin ise daha sağlıklı olması ve güvenilirliği nedeniyle tercih ettikleri belirlenmiştir. Kültür balığını tercih edenlerin %44'ünün daha taze olduğu için tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Ayrıca tüketiciler doğadan yakalanan balıklara ekstra para ödeme söz konusu olduğunda, %70'i daha fazla para ödemeye hazır olduklarını bildirmişlerdir.

Anahtar kelimeler: Doğal balık, kültür balık, tüketim tercihi, Elazığ

Abstract: This study was conducted to determine the preferences of consumers towards culture and wild fish production and their consumption in Elazığ. The results are based on data collected by surveys considering households as a basis. It was determined that 96% of the consumers consume fish; 88% prefer wild fish whilst 12% prefer culture fish. Of all, 47% of the consumers who prefer wild fish stated that they prefer wild fish because they are delicious (35%) and healthy and safety (35%) to consume. Those who prefer culture fish (44%) stated that they prefer culture fish as they are always fresh. Although the price is higher than that of culture fish the consumers (70%) are ready to pay extra money to buy wild fish.

Keywords: Wild fish, culture fish, consumption preference, Elazığ

GİRİŞ

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde insanlar, beslenmelerine çok dikkat etmekte ve beslenme rejimlerinde sağlık açısından uygun gıdaları seçmeye özen göstermektedirler (Kaya vd., 2004; Turan vd., 2006; Kearney, 2010). İnsanların yeterli ve dengeli beslenmeleri için gereksinimleri olan enerji; protein, vitamin ve mineral madde ihtiyaçlarının karşılanmasında hayvansal ürünler birinci sırada gelmektedir. Bu konuda önemli bir hayvansal gıda kaynağı olan balık, dünyanın her tarafında geçmişten günümüze insan beslenmesinde kıymetli bir hayvansal protein kaynağı olarak yerini korumaktadır (Brown, 2007; Besler, 2008). İnsan vücudunun gereksinim duyduğu hemen hemen tüm besin maddelerini en uygun miktar ve oranda içeren balık, dengesiz beslenme sorununun çözülmesinde üzerinde önemle durulması gereken hayvansal gıda kaynaklarından birisidir. Balık eti, yüksek protein ve düşük karbondhidrat içeriğinin yanı sıra vücut için gerekli esansiyel amino asitleri, omega-3 yağ

asitlerini, vitamin ve mineral maddelerini içermesi ve buna karşı düşük kolesterol ve düşük kalori değerine sahip olması nedeniyle mükemmel bir gıda portresi çizmekte; üstelik birçok hastalığa karşı da direnç sağladığı bilinmektedir (Varlık vd., 2004).

Su ürünleri üretimimiz, avcılık ve yetiştiricilik yoluyla gerçekleştirilmektedir. 2000 yılında 582 bin ton olan üretimimiz, 2016 yılında 588.715 ton olmuştur. 2016 yılındaki üretimin %43'ü yetiştiricilik, %57'si avcılık yoluyla gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında su ürünleri yetiştiricilik üretiminin %40'ı iç sularda, %60'ı denizlerde gerçekleştirilmiştir (TUIK, 2017). Alabalık, levrek ve çipura yetiştiriciliği yapılan en önemli türlerdir. Denizlerden yetiştiricilik yoluyla üretilen balıkların %53'ünü levrek, %38'ini çipura, %4'ünü alabalık oluşturmaktadır. İç sulardan yetiştiricilik yoluyla üretilen balıkların ise tamamına yakını denebilecek kısmını alabalıklar

oluşturmaktadır. Su ürünleri yetiştiricilik üretimimiz hızla artmasına rağmen, kişi başına düşen su ürünleri tüketimimiz her geçen yıl düşmektedir. Bu rakam 2000 yılında 8 kg iken 2016 yılında 5,4 kg'a düşmüştür (TÜİK, 2017). 2014 yılında kişi başı su ürünleri tüketimi dünyada 20 kg, Avrupa'da 25 kg'dır (FAO, 2016). Diğer taraftan Türkiye'de su ürünleri tüketim miktarı bölgelerarası değişim göstermektedir. Türkiye'de kişi başına balık tüketimi Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu Bölgesinde çok düşüktür, Karadeniz ve diğer kıyı bölgelerinde oldukça yüksektir (Çolakoğlu vd., 2006; Dağtekin vd., 2007; Erdal ve Esengül, 2008; Çadır ve Duman, 2013; Saygı vd., 2015).

Elazığ ili Doğu Anadolu Bölgesi'nin güneybatısında, Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır (Öztürk, 2011). Üç tarafı sularla çevrili olan Elazığ ili su kaynakları yönünden oldukça zengin bir potansiyele sahiptir. Doğal göl, baraj gölleri ve nehirleri ile toplam 50 697 hektar yüzey alanı, su ürünleri üretimi açısından önemli bir doğal sermayedir (Gökhan, 2010). İlde iç su avcılığı ve yetiştiricilik faaliyetleri ile balık üretimi gerçekleştirilmektedir. Elazığ'da 162 alabalık yetiştiricilik işletmesi bulunmaktadır (Sağlam vd., 2014). Türkiye'de iç sularda alabalık üretiminde yıllık 13-14 bin tonluk üretim ile Elazığ birinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2017).

Toplumların sosyo-ekonomik yapılarındaki değişim, tüketim alışkanlıklarına da yansımaktadır (Baysal, 2002; Kearney, 2010). Tüketicilerin satın alma davranışını etkileyen faktörler arasında o ürüne duydukları ihtiyaç kadar alışveriş alışkanlıkları da önemlidir (Erkmen ve Yüksel, 2008). Bu alışkanlıkların bölgesel ve özellikle lokal olarak belirlenmesi, tüketicilerin tercihlerinin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma ile alabalık yetiştiriciliğinde öne çıkan illerin başında gelen Elazığ ili Merkez ilçede yaşayan tüketicilerin avcılık ve yetiştiricilik yoluyla elde edilen balık tüketim alışkanlıklarının karşılaştırılması ve bu tüketimlere etki eden faktörler ortaya koymaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Araştırmanın ana kitle, Elazığ ili Merkez ilçede ikamet eden ailelerden oluşmaktadır. Çalışmanın verileri balık tüketimi konusunda bilgi düzeylerini ve tercihlerinin belirlenmesi amacıyla ile Basit Tesadüfi (Simple Random Sampling) örnekleme yöntemiyle yüz yüze yapılan anket uygulamasından elde edilen verileri içermektedir. Anket, 3-21 Nisan 2017 tarihleri arasında rastgele seçilen ve gönüllülük esasına uygun olarak ankete katılmayı kabul eden aileler arasında yapılmıştır. Anketin birinci bölümünde bağımsız değişkenlerin (evdeki hane halkı sayısı, hane halkı reisinin mesleği, eğitimi ve aylık ortalama hane geliri) belirlenmesi amacıyla dört adet; ikinci bölümünde katılımcıların tüketim davranışlarını belirlemeye yönelik 11 adet soru kullanılmıştır. Aylık ortalama hane geliri alt

grupları, 2016-Temmuz ayı TÜİK verilerine göre 16 yaş üzeri çalışanların net asgari ücretleri, Türkiye'deki açlık ve yoksulluk sınırları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Araştırmada öncelikle elde edilen verilere ait % dağılımlar ve frekans dağılımları belirlenmiştir. Sonra tüketici tercihleri ile ilgili görüşlerine aylık ortalama hane geliri ve öğrenim durumu faktörlerinin etkilerini belirlemek amacıyla ki-kare (Pearson's Chi-square) analizi yapılmıştır. Bu analizler, SPSS Windows 22.0 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR

Elazığ ilinde yaşayan ailelerin balık tüketimleri ile ilgili tercihlerini gösteren sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

Eğitim düzeyi açısından dağılıma baktığımızda, % 15'lik bölümünün ilkökul, %29'unun lise, %33'ünün ise üniversite mezunu olduğu görülmektedir. Hane halkı reisinin meslek grubu değerlendirildiğinde, katılımcıların %28'i serbest meslek, %25'i memur, %17'si işçi, %16 işsiz ve %15'i emekli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, evdeki hane halkı sayısı incelendiğinde katılımcıların %25'inin dört kişilik hanede yaşadıkları, iki kişilik hane halkı sayısına sahip katılımcıların ise sadece %10'luk bir orana sahip oldukları tespit edilmiştir. Ankete katılanların aylık ortalama hane gelirleri %47 oranda 1501 TL - 3000 TL arasında iken, 1500 TL ve altı geliri oranı %26 olarak saptanmıştır (Tablo1).

Tablo 1 Katılımcıların sosyo-demografik ve sosyo-ekonomik özellikleri

Table 1. The socio-demographic and socio-economic proportion of participant

İncelenen Faktörler	Tanımlar	Frekans	Oran (%)
Hane halkı reisinin eğitimi	Okur-Yazar	24	6
	İlkokul	63	15
	Ortaokul	69	17
	Lise	121	29
	Üniversite	138	33
Hane halkı reisinin mesleği	Memur	103	25
	İşçi	69	17
	Serbest meslek	115	28
	Emekli	62	15
	İşsiz	66	16
Ailedeki birey sayısı	2	40	10
	3	70	17
	4	103	25
	5	93	22
	6	49	12
	7 ve daha fazla	60	14
Aylık ortalama hane geliri	1500 TL ve altı	107	26
	1501-3000TL	193	47
	3001-5000TL	71	17
	5000-7000 TL	24	6
	7000TL ve üzeri	20	5

Araştırma sonucunda elde edilen veriler genel olarak Tablo 2'de verilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler öğrenim düzeyi ve aylık ortalama hane geliri dikkate alınmadan genel olarak incelendiğinde; hanelerin kişi başına yıllık balık eti tüketimi %52,28'i 0-5 kg ve %4,33 ise hiç balık tüketmedikleri belirlenmiştir. Katılımcıların %88'i avcılık yoluyla elde edilen balığı, %12'si sının ise kültür balığını tercih ettiklerini bildirmişlerdir. Avcılık yoluyla elde edilen balığı tercih edenler %55,89'u lezzetli, %41,91'inin ise daha sağlıklı olduğunu ifade

etmişlerdir. Kültür balığını tercih edenler ise %43,75'i daha taze ve %20,83'ü ise daha ucuz olduğu için tercih ettiklerini söylemişlerdir. Katılımcıları %72,05'i kültür balıklarının insanı sağlığını tehdit eden katkı maddeli yemlerle beslendiğini ifade etmişlerdir. Balık satın almadaki öncelikli kriterler ise tazelik(%86,98) olmuştur. Katılımcıların %70'i avcılık yoluyla elde edilen balıklar için fazlada ücret ödeyebileceklerini ifade etmişlerdir. Ankete katılan tüketicilerin öğrenim durumlarına göre tüketim alışkanlıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Balık tüketim alışkanlıkları ve tüketici davranışları
Table 2. Fish consumption habits and consumer behaviour

İncelenen Faktörler	Tanımlar	Frekans	Oran (%)
Kişi başına balık tüketimi	0	18	4,33
	0-5	217	52,28
	6-10	93	22,40
	11-15	40	9,63
	≥16	37	8,91
Ailenin balık tercihi	Doğal	365	88,00
	Kültür	50	12,00
Cevabınız doğal balık ise	Albenisi	7	1,90
	Lezzetli	204	55,89
	Sağlıklı	153	41,91
Cevabınız kültür balığı ise	Daha iyi	7	14,58
	Daha lezzetli	3	6,25
	Daha sağlıklı	7	14,58
	Daha taze	21	43,75
	Daha ucuz	10	20,83
Kültür balığının insan sağlığını tehdit eden yemlerle beslendiğini düşünüyor musunuz?	Evet	299	72,05
	Hayır	116	27,95
Balık satın almada öncelik tercihiniz	Fiyatı	38	9,16
	Tazeliği	361	86,98
	Fikrim yok	16	3,86
Doğal balık için fazladan para öder misiniz	Evet	290	70,00
	Hayır	125	30,30

Tablo 3. Katılımcıların öğrenim durumlarına göre tüketim alışkanlıkları
Table 3. The consumption habits according to education level of participant

Anket Soruları		Öğrenim Durumu									
		Okur-Yazar		İlkokul		Ortaokul		Lise		Üniversite	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kişi başına balık tüketim miktarı (kg/yıl)	0 kg	3	12,5 ^a	2	3,17 ^b	4	5,79 ^b	4	3,30 ^b	5	3,62 ^b
	0-5 kg	21	87,5 ^a	55	87,30 ^a	28	40,57 ^b	60	49,58 ^b	63	45,65 ^b
	5-10 kg	-	-	3	4,76 ^a	20	2,89 ^a	30	24,79 ^b	40	28,98 ^b
	11-15 kg	-	-	-	-	9	13,04	15	12,39	16	11,59
	16 kg	-	-	3	4,76 ^a	8	11,59 ^b	12	9,91 ^{ab}	14	10,14 ^b
Ailenin balık tercihi	Doğal	15	62,25 ^a	53	84,12 ^b	60	86,95 ^b	118	97,52 ^b	128	92,75 ^b
	Kültür	9	37,5 ^a	10	15,87 ^b	9	13,04 ^b	3	2,47 ^c	10	7,24 ^{bc}
Cevabınız doğal balık ise	Albenisi	3	20,00 ^a	7	13,20 ^b	3	5,00 ^c	2	1,69 ^c	2	1,56 ^c
	Lezzetli	8	53,30 ^a	31	58,49 ^a	35	58,33 ^a	89	75,42 ^b	37	28,90 ^c
	Sağlıklı	4	26,26 ^a	15	28,3 ^a	22	36,66 ^a	27	22,88 ^a	89	69,53 ^b
Cevabınız kültür balığı ise	Daha lezzetli	1	11,11 ^a	1	10,00 ^a	-	--	-	-	2	20,00 ^b
	Daha sağlıklı	1	11,11 ^a	3	30,00 ^b	-	-	-	-	4	40,00 ^b
	Daha taze	5	55,55 ^a	-	-	5	55,55 ^a	3	100 ^b	4	40,00 ^c

	Daha ucuz	2	22,22 ^a	6	60,00 ^c	4	44,44 ^b	-	-	-	-
Ürün satın almada öncelikli tercihler	Fiyatı	9	37,50 ^a	21	33,34 ^a	7	10,14 ^b	-	-	2	1,44 ^c
	Tazeliği	3	12,50 ^a	38	60,32 ^b	62	89,85 ^c	121	100 ^c	135	97,80 ^c
	Fikrim yok	12	50,00 ^a	4	6,34 ^b	-	-	-	-	1	0,72 ^c
Doğal balıklar için fazladan ücret öder misiniz?	Evet	10	41,67 ^a	23	36,50 ^a	37	53,62 ^{ab}	87	71,90 ^b	112	81,15 ^b
	Hayır	14	58,33 ^a	40	63,49 ^a	32	46,37 ^{ab}	34	28,09 ^b	26	18,84 ^b

a, b, c: Her bir özellik için faktörlere ait alt gruplardan farklı harfleri taşıyanlar arasındaki farklılıklar önemlidir

Tablo 3'te ankete cevap veren okur-yazar (%12,5), ilkokul (%3,17), ortaokul (5,79), lise (%3,3) ve üniversite (%3,62) mezunlarının hiç balık tüketmedikleri belirlenmiştir. İlkokul mezunlarının %87,30'u kişi başına yıllık balık tüketim miktarı 0-5 kg olarak belirlenmiştir. Okur-yazar olanların %62,25'i, ilkokul mezunlarının %84,12'si, ortaokul mezunlarının %86,95'i, lise mezunlarının %97,25'i ve üniversite mezunlarının %92,75'inin doğada avlanan balığı tercih ettikleri saptanmıştır. Öğrenim durumu dikkate alındığında okur-yazar olan grup ile diğer gruplar arasında fark istatistiki bakımda önemli bulunmuştur ($\chi^2 = 31,871$; $p=0,001$).

Avcılık yoluyla elde edilen balığı tercih eden ilkokul mezunlarının %58,49'ü lezzetli, üniversite mezunlarının %69,23'ü sağlıklı olduğu için tercih ettiler. Kültür balığını tercih eden lise mezunlarının %100 daha taze olduğu için tercih ettikleri tespit edilmiştir. Eğitim durumuna göre gruplar arasında önemli ($p<0,05$) farklılıklar belirlenmiştir.

Doğada yakalanan balıklar için ekstra para ödeme sözü konusu olduğunda, ilkokul mezunlarının %36,5'i, üniversite mezunlarının ise %81,15'i fazladan para ödemeye hazır oldukları belirlenmiştir. Aylık ortalama hane gelirine göre balık tüketimine ilişkin bilgiler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Katılımcıların aylık gelirlerine göre tüketim alışkanlıkları

Table 4. The consumption habits according to monthly income of participant

Anket Soruları		Aylık Gelir (TL)									
		≤ 1500		1501-3000		3001-5000		5001-7000		≥ 7001	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Kişi başına balık tüketim miktarı (kg/yıl)	0 kg	30	28,04 ^a	40	20,72 ^b	8	11,27 ^c	-	-	-	-
	0-5 kg	65	60,74 ^a	97	50,25 ^b	34	47,89 ^b	12	50,00	6	30,00
	5-10 kg	12	11,21 ^a	56	29,02 ^b	22	30,99 ^b	9	37,50 ^c	7	35,00 ^{cb}
	11-15 kg	-	-	-	-	7	9,86 ^a	2	8,33 ^a	4	20,00 ^b
	16 kg	-	-	-	-	-	-	1	4,17	3	15,00
Ailenin balık tercihi	Avcılık	92	85,98	171	88,60	64	90,14	21	87,75	17	85,00
	Kültür	15	14,02	22	11,40	7	9,86	3	12,50	3	15,00
Cevabınız doğal balık ise	Albenisi	7	7,60 ^a	20	11,70 ^b	8	12,50 ^b	-	-	-	-
	Lezzetli	46	50,00 ^a	92	53,80 ^a	31	48,44 ^{ab}	7	33,33 ^b	6	35,29 ^b
	Sağlıklı	39	42,39 ^a	59	34,50 ^b	25	39,06 ^{ab}	14	66,66 ^c	11	64,70 ^c
Cevabınız kültür balığı ise	Lezzetli	1	6,66 ^a	3	13,64 ^b	1	14,29 ^b	-	-	-	-
	Sağlıklı	1	6,60 ^a	2	9,09 ^{ab}	1	14,29 ^b	-	-	-	-
	Daha taze	5	33,33 ^b	12	54,54 ^b	3	42,86 ^{ab}	2	66,66 ^c	3	100 ^d
	Daha ucuz	8	53,33 ^a	5	22,73 ^b	2	28,57 ^{cb}	1	33,33 ^c	-	-
Ürün satın almada öncelikli tercihler	Fiyatı	44	41,12 ^a	114	59,07 ^b	13	18,31 ^c	5	20,84 ^c	-	-
	Tazeliği	35	32,71 ^a	77	39,90 ^a	42	60,56 ^b	16	66,66 ^b	20	100 ^c
	Fikrim yok	28	26,17 ^a	2	1,03 ^b	16	22,53 ^a	3	12,50 ^c	-	-
Doğal balıklar için fazladan ücret öder misiniz?	Evet	24	22,43 ^a	123	63,73 ^b	54	76,06 ^c	21	87,50 ^d	20	100 ^e
	Hayır	83	77,57 ^a	70	36,27 ^b	17	23,94 ^c	3	12,50 ^d	-	-

a, b, c: Her bir özellik için faktörlere ait alt gruplardan farklı harfleri taşıyanlar arasındaki farklılıklar önemlidir

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kültür balıkçılığı ile dikkat çeken Elazığ ilinde, halkın balık tüketim davranışlarının incelenmesi düşünülmüş ve bu amaçla anket yapılmıştır. Elazığ Merkez ilçede yaşayan insanların severek en çok tükettikleri balık türü, satın almadaki öncelikli kriterleri aylık ortalama hane gelir düzeyleri ve öğrenim durumları değişkenleri etkili faktörler olmuştur.

İnsanların sağlıklı ve lezzetli ürün konusundaki hassasiyetlerinin olduğu yapılan benzer çalışmalarda da bunun vurgulandığı görülmektedir (Çolakoğlu vd., 2006; Gaviglio ve Dermartini, 2009; Claret vd., 2014; Doğan vd., 2012; Saygı vd., 2015; Terin vd., 2016; Tomić, vd., 2017).

Dağıstan vd. (2009) Hatay ilinde tüketicilerin organik balık ürünleri satın alma davranışlarını incelemiştir. Çalışma

sonucunda, tüketici tercihleri ile ilgili önemli olan faktörler satın alma yeri, kalite, sağlık ve fiyat olarak belirlenmiştir. Tüketicilerin yarısından fazlasının organik balıklar için %10-30 daha fazla ödemeye istekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Musa vd. (2012), Kenya'nın Nyanza bölgesindeki tüketicilerin çiftlik ve deniz balıkları satın alırken sergiledikleri davranışları ve ödeme istekliliğini ölçmeyi amaçlamıştır. Çalışma sonucunda balık tüketiminin gelir ve hane halkı büyüklüğüyle önemli derecede ilişkili olduğu görülmüştür. Tüketicilerin deniz balıklarını çiftlik balıklarına tercih etmelerinde lezzetin büyük önemi olduğu ve tüketicilerin deniz balığına daha yüksek fiyat ödemeye razı oldukları görülmüştür. Elazığ ili baz alınarak yapılan bu çalışmada kişilerin balık hakkındaki görüşleri, gelir grubuna göre değiştiği görülmektedir. Öğrenim düzeyi ve gelir düzeyi arttıkça kişilerin lezzetli ve sağlıklı diye nitelendirdikleri avcılık yoluyla elde edilen balıkları tercih ettikleri belirlenmiştir. Avcılık yoluyla elde edilen balıklara katılımcıların %69,88'i fazladan para ödeyebilecekleri ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada Elazığ ili balık tüketimi genel olarak incelendiğinde; (elde edilen veriler öğrenim düzeyi ve aylık

ortalama hane geliri dikkate alınmadan) balık tüketenlerin oranı %95,67 (397 kişi), balık tüketmeyenlerin oranı ise %4,33 (18 kişi) olarak hesaplanmıştır. Ankete katılan hanelerin kişi başına yıllık balık tüketimi sıklığına bakıldığında ise çoğunlukla (%52,28) 0-5 kg balık tüketildiği görülmektedir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda tüketicilerin balık tüketim oranı %93 (Şen vd., 2008), %88,3 (Orhan ve Yüksel, 2010), %98,8 (Onurlubaş, 2013), %96,0 (Balci vd., 2016), %89,2 (Terin vd., 2016), %83,5 (Karakaya ve Kırıcı, 2016) ve %84,6 (Ercan ve Şahin, 2016) olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; Elazığ ili sahip olduğu akarsu, göl ve barajları ile avcılık ve kültür balıkçılığında kayda değer miktarda balık üretimi gerçekleştirmektedir. Tatlı su balıklarının yanı sıra denizlerde avlanan balıklarda pazarda satışa sunulmasına karşı, balık tüketimine yeterince yansımadağı görülmektedir. Özellikle tüketicilerin balık tercihi avcılık yolu ile yakalanan balıklar olmuştur. Doğada yakalanan balıkların daha lezzetli ve daha sağlıklı olduğuna inandıkları sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar dikkate alındığında, sağlıklı ve kaliteli protein kaynağı olan balık tüketiminin artırılması için tüketicilerin balığın beslenmede ki önemi hakkında bilinçlendirmek gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Anonim (2017). Elazığ İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Verileri, Elazığ.
- Balci, M., Birici, N., Şeker, T., Akgün, H., Demir, T. & Arısoy, G. (2016). Malatya İl Merkezinde Yaşayan Kişilerin Su Ürünleri Tüketim Davranışlarının Değerlendirilmesi. *Adıyaman University Journal of Science*, 6(2), 132-155.
- Baysal, A. (2002). *Beslenme kültürümüz*. Ankara: T.C. Kültür Bakanlığı.
- Besler, H.T. (2008). Balık tüketimi ve sağlık etkileşimi, http://danoneenstitusu.org.tr/newsfiles/32_balik_ve_sagliketkilesimi_HTB.pdf (erişim tarihi 14.11.2012).
- Brown, A. (2007). *Understanding Food: principles and preparation*. United States, Wadsworth/Thomson.
- Claret, A., Guerrero, L., Ginés, R., Grau, A., Hernández, M. D., Aguirre, E., Peleteiro, J. B., Fernández-Pato, C. & Rodríguez-Rodríguez, C. (2014). Consumer beliefs regarding farmed versus wild fish. *Appetite*, 79, 25–31. DOI:10.1016/j.appet.2014.03.031
- Çadır, F. & Duman, M. (2013). Keban Baraj Gölü ova bölgesi halkının balık tüketim alışkanlıklarının araştırılması. *Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1), 61-70.
- Çolakoğlu, F.A., İşmen, A., Özen, Ö., Çakır, F., Yiğın, Ç. & Ormancı, H.B. (2006). Çanakkale ilindeki su ürünleri tüketim davranışlarının değerlendirilmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23(3), 387-392.
- Dagistan, E., Demirtas, B., Akpınar, M.G., Yılmaz, Y., Gul, M. & Koc, B. (2009). Determination of organic fish purchase tendency of consumers: a case study for Hatay province, Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(9), 1784-1789.
- Dağtekin, M. & Ak, O. (2007). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde su ürünleri tüketimi, ihracat ve ithalat potansiyeli. *Yunus Araştırma Bülteni*, 7(3), 14-17.
- Doğan, G., Keskin, S. Y., Hayat, E. A., Karataş, E. & Bircan, R. (2015). Sinop ilinde organik balık bilincinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 174-179. DOI: 10.29133/yyutbd.236397
- Ercan, O. & Şahin, A. (2016). Kahramanmaraş kent merkezinde balık eti tüketim analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(1), 51-65. DOI: 10.18016/ksujns.57816
- Erdal, G. & Esengün, K. (2008). Tokat ilinde balık tüketimini etkileyen faktörlerin logit model ile analizi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 25(3), 203-209.
- Erkmen, T. & Yüksel, A. (2008). Tüketicilerin alışveriş davranış biçimleri ile demografik ve sosyo kültürel özelliklerinin incelenmesine yönelik bir araştırma. *Ege Akademik Bakış*, 8(2), 683-727.
- FAO, The State of World Fisheries and Aquaculture (2016). *Contributing to food security and nutrition for all*, Rome: Food and Agriculture Organization, pp. 200.
- Gaviglio, A. & Demartini, E. (2009). Consumer attitudes towards farm-raised and wild caught fish: variables of product perception. *New Medit*, 8, 34–40.
- Gökhan, E.E. (2010). Elazığ ili alabalık yetiştiriciliğinde üretim ve pazarlamanın sürdürülebilirliği. *Veteriner Hekimler Demeği Dergisi*, 81(2), 3-8.
- Karakaya, E. & Kırıcı, M., (2016). Bingöl ili kent merkezinde balık eti tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, 6(1), 74-85.
- Kaya, Y., Duyar, H.A. & Erdem M.E (2004). Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 21(3-4), 365-370
- Kearney, J. (2010). Food consumption trends and drivers. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 2793-2807. DOI:10.1098/rstb.2010.0149
- Musa, S.M., Aura, C.M. & Kundu, R. (2012). Wild-Caught fish versus aquaculture fish products: A fish marketing concept for aquaculture quality improvement, a case study of Nyanza Region, Kenya. *International Journal of Science and Research*, 3(9), 1972-1978–7064.
- Onurlubaş, E. (2013). The factors affecting fish consumption of the consumers in Kesan Township in Edirne. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(6), 1346-1350.
- Orhan, H. & Yüksel, O. (2010). Burdur ili su ürünleri tüketimi anket uygulaması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(1), 1-7.
- Öztürk, E. (2011). Keban Baraj Gölü'nde Kafeste Alabalık Yetiştiriciliği İşletmelerin Ekonomik Analizi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 98s.

- Sağlam, N., Çalta, M., Gürel, İ.A., Duman, E., Saler, S., Ural, M.Ş., Canpolat, Ö., Köprücü, K. (2014). Elazığ Kalkınma Kurultayı Su Ürünleri Sektör Raporu, Elazığ Valiliği, 77
- Saygı, H., Bayhan, B. & Hekimoğlu, M.A. (2015). Türkiye'nin İzmir ve Ankara illerinde su ürünleri tüketimi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5), 248-254.
- Şen, B., Canpolat, Ö., Sevim, A.F., Sönmez F. (2008). Elazığ ilinde balık eti tüketimi. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(3), 433-437.
- Terin, M., Hamamcı, G., Gül, T. & Terin, S. (2016). Van ili kentsel alanda hanelerin balık tüketim yapısı ve satın alma davranışlarının belirlenmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(3), 241-249. DOI: 10.12714/egejfas.2016.33.3.08
- Tomić, M., Lucević, Z., Tomljanović, T. & Matulić, D. (2017): Wild caught versus farmed fish consumer perception. *Croatian Journal of Fisheries*, 75(2), 41-50. DOI: 10.1515/cjf-2017-0007
- Turan, H., Kaya, Y. & Sönmez, G. (2006). Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. *Ege Üniversitesi. Su Ürünleri Dergisi*, 23(1/3), 505-508.
- TÜİK, (2017). Su Ürünleri İstatistikleri http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005
- Varlık, C., Erkan, N. & Baygar, T. (2004) Su Ürünleri Besin Bileşimi. In: Varlık C (ed) Su Ürünleri İşleme Teknolojisi (pp 1-43). İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465. İstanbul.

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Comparison the effects of using different organic acids on gelatin extracted from cultured sea bream (*Sparus aurata*) scales

Farklı organik asitlerin kullanımının kültüre edilmiş çipura (*Sparus aurata*) pullarından elde edilen jelatin üzerine etkilerinin karşılaştırılması

Hülya Kalkan¹  • Mehmet Tolga Dincer^{1*} 

¹ Department of Fishery and Processing Technology, Faculty of Fisheries, Ege University, İzmir, Turkey

* Corresponding author: tolga.dincer@ege.edu.tr

Received date: 26.04.2018

Accepted date: 01.06.2018

How to cite this paper:

Kalkan, H. & Dincer M.T. (2018). Comparison the effects of using different organic acids on gelatin extracted from cultured sea bream (*Sparus aurata*) scales. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 311-317. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.11

Abstract: In the current study two different types of organic acids were used in gelatin extraction. The scales of gilthead seabream (*Sparus aurata*) were used as a source of gelatin. Also the effects on quality and gelling properties of used organic acids were investigated. Due to the determined gel strength values, high quality gelatins were produced in both groups with good functional properties. Total yield of the obtained products was found to be 31.10% (acetic acid), and 31.19% (propionic acid). According to the results, scale gelatin recovered by using acetic acid was found more suitable for industry with its 8.9 °C gelling point. Foam formation ability of acetic acid group was determined as 2.8 where the value of propionic was 3.0. Organic acids difference did not effect the colour of the product, both groups determined colourless and transparent. Result of the study showed that recovered collagen from gilthead sea bream scales have the potential to be an alternative source of gelatin with the determined functional properties.

Keywords: Fish scales, collagen, gelatin, bloom value, viscosity,

Öz: Yapılan çalışmada jelatin ekstraksiyonu için iki farklı organik asit kullanılmıştır. Çupra (*Sparus aurata*) balıklarının pulları jelatin kaynağı olarak kullanılmıştır. Kullanılan organik asitlerin kalite ve jelleşme özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Üretilen jelatinlerin jel dayanım değerlerine, iyi fonksiyonel özelliklere sahip ürünler olduğuna ve her iki grupta da yüksek kalitede jelatinlerin elde edildiği belirtilmiştir. Elde edilen toplam verim sırası ile %31,10 (asetik asit), ve %31,19 (propiyonik asit) olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar doğrultusunda, asetik asit kullanılarak elde edilen jelatinin jelleşme noktası 8,9°C değeri ile endüstri açısından daha uygun olduğu görülmüştür. Köpük oluşum kabiliyeti değerleri asetik asit uygulaması için 2,8 ve propiyonik asit uygulama grubu için 3,0 olarak tespit edilmiştir. Farklı organik asit kullanımı renk değerlerinde bir farka neden olmamış, tüm gruplarda renksiz ve transparan ürün eldesi görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Balık pulu, kolajen, jelatin, bloom değeri, viskozite

INTRODUCTION

Gelatin has a real wide range of applications in many industries; food, pharmaceutical and photographic industries can be some examples to identify its range. Although gelatins from beef and pork have been extensively researched, fewer studies have been published on the extraction procedures and functional properties of gelatin from cold blooded animals like fish (Norland, 1990; Osborne et al., 1990; Leuenberger, 1991; Grossman and Bergman, 1992; Kim and Cho, 1996; Gudmundsson and Hafsteinsson, 1997; Karim and Bhat, 2009). Just 1.5 % of total gelatin was obtained from fish skin and scales in the World (Arnesen and Gildberg, 2002).

To convert the insoluble natural collagen to gelatin, a process is required to break non-covalent bonds to manipulate the protein structure so that cleavage and cleavage of intramolecular and intermolecular bonds leading to sufficient

collagen solubility is necessary (Stainsby, 1987; Gómez-Guillén and Montero, 2001). While obtaining gelatin from collagen reasonable acid treatment should be enough to effect solubilization (Norland, 1990). The type of organic acid used naturally influences the functional properties of the gelatin. The type A gelatin can be identified with its isoelectric point for this determination pH value (between pH 6 and 9) can act a key role and this type of gelatins are suitable for food industry (Stainsby, 1987). Thus, the quality of food grade gelatins is largely dependent on their viscometric properties (especially the gel strength). Nevertheless, other properties are also important like color, transparency, flavor and easy dissolution in quality. Most of the mentioned study on gelatin was obtained from fish skins. However, there is little information about gelatin recovery from farmed fish scales (Dincer et al., 2015).

49 000 tons of scale raw material can be obtained annually and from the fish de-scaling processing in seafood processing sector. Fish scales contain connective tissue protein, collagen and its structure almost covered with calcium salts. The range of protein can be changed 41% to 84% but the remaining was the combination of calcium phosphate and calcium carbonate (Sankar et al., 2008). Sea bass scale contain; 40-45 % moisture, 0. 10-0. 20 % fat and 27-30% ash on its chemical structure (Dincer et al., 2013). Of course these values changes depending on species and the size. As mentioned before reports can be seen about collagen from skin of marine organisms but a few studies on fish scales can be seen like Kimura et al., (1991), Nagai et al., (2004), Dincer et al., (2016). In the study of Kimura et al., (1991) collagen was recovered from the carp scales with using 0. 5 M acetic acid with the yield 7% on dry weight basis. Nomura et al., (1996) reported in their study that with using sardine scale collagen was recovered by different solvent systems. However, there is little scientific information on effects of used organic acids on gelatin obtained from collagens of fish scale.

In the current study, functional differences of (foam formation capacity and foam stability, viscosity and gelling temperature, colour, gel strength and texture profile) gelatins obtained by different organic acid extraction (acetic acid and propionic acid) solutions were studied.

MATERIALS AND METHODS

Raw material

Gilthead seabream (*Sparus aurata*) with in weight of 400 – 600 g were selected in the commercial company in Izmir, Turkey. The scales were removed by an automatic scale remover (AGK Nr. 300 scaling machine, AGK Kronawitter GmbH, Wallersdorf, Germany) and a total of 3.5 kg scales were transported to the laboratory packaged inside of polyethylene bags. Scales were washed and dried by using circulating air for two days. For each group, 1200 grams of scales were taken for collagen extraction and gelatin recovery.

Gelatin extraction

By removing non - collagen proteins, lipids and mineral contents, Type 1 collagen proteins was obtained from the scales. Two productions were done using 1200 g of dried scales to conduct research with Group A (acetic acid) and Group B (propionic acid). Same extraction procedure was followed for collagen extraction up to the end of demineralization stage. Acetic acid and propionic acid solutions were used in hydrolization stage. Used extraction steps and gelatin production wererealized by using the method of Dincer et al., (2015).

At the hydrolization step, scales were soaked in 0.05 M acetic acid (Group A) and 0. 05 M propionic acid (Group B) solutions for 3 h. Then filtering was realized and 1 / 3 (w / v) water was filled in to the tray kept in an oven which was set at 60 °C (overnight). Next morning solution was carried to plastic trays and dried at room temperature by using air conditioner

(which was set on 18 °C with the flow temperature 10 ± 2 °C). The dried thin films were grounded using a powder mill.

Proximate composition and yield value

AOAC, (2000) methods were used to determine the moisture (934. 01) ash content (942. 01) crude protein (954. 01) and crude fat contents (991. 36) of seabream scales and gelatin. Carbohydrate content was determined by using Merrill and Watt (1993) method by subtracting technique..The yield of the gelatin production was calculated by using the formula; dry weight gelatin/dry weight fish scale x100.

Foam formation capacity and foam stability

Foam formation capacity and foam stability were measured using a partially modified method of Sathe et al., (1982). 5 g gelatin samples were placed in 50 ml distilled water and left to swell. The sample solution dissolved at 60°C and foam was prepared by homogenizing at 10.000 rpm for 5 min (Yellow line model homogenizer, Germany). The homogenized solution was poured into 250 ml mess flask. The foam formation ability was calculated as the volume ratio of foam liquid and foam stability calculated as the ratio of the initial volume of foam to the volume of foam after 30 min.

Colour measurements

Colour measurements were taken using method of Dincer et al., (2016). 6.67% (w/v) gel blocks were used to determine the colour values. This method was modified from the method of Scubring (2003). Before measuring each lot, the colorimeter was calibrated against a white standard (LZM 229). Samples were weighed into the bloom bottles and dissolved in distilled water to a final concentration of 6.67 % (w/v). Dissolved gelatin content was transferred to a plastic container box and then placed in refrigerator for 16 hours at 5°C. The gel blocks obtained had same smooth surface and thickness. Preliminary measurements were taken from the surface of calibration kits to record the blind. Then gel blocks were put into the calibration kits for measurements. Due to its transparent nature, measurements were taken on standard calibration kits (Tile white and Tile black). And after calculations, reference blind values were subtracted from the taken value from gel blocks.

Used calibration kit were LZM 256- Tile white (x=14. 8, Y=21. 2, Z=13. 9) and Tile Black (x=14. 5, Y=20. 8, Z=15. 0). Using this technique, constancy was performed in measurement. In the CIE Lab system, L* denotes lightness on a 0 to 100 scale from black to white; a* denotes (+) red or (-) green; and b* denotes (+) yellow or (-) blue.

Determination of gel strength

Standart method of GMIA, (2013) was used to determine the gel strength values of produced gelatins. Dried gelatin samples were put into Bloom flasks (6.67% (w / v) and dissolved in distilled water (100ml) with using hot plate at 55 °C. Then kept in to refrigerator for 16 hours at 5 °C to perform the gells. The gel strength measurement was realized via using a TAXT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, UK) with a

load cell of 25 kg (with using GL 4 / P 05S probe). The maximum force (in grams) was recorded when the probe penetrated 4 mm into the surface of the gelatin.

Determination of viscosity and gelling temperature

Viscosity measurement was done (6.67% w / v) at 55°C gel solution via using a viscometer (Brookfield DV + II Pro model, Middleboro, USA) with using HA - 4 spindle in 60 rpm (25 °C, 100 ml solution). In addition, helipad stand equipment was used to get the rheological values in different heights of the solution solution due to the method of Zhou and Regenstein, (2004).

Gelling point (temperature) was also determined with using the same equipment and the same spindle but that time data was recorded in each minute (the test continued until the spindle stopped) while the spindle was running at 60 rpm. First data was taken from 50 °C gel solution and continuously software was recorded the value in each minute when the solution temperature was decreasing. In order to accelerate the cooling step and to reach 4 °C temperature, the samples flask was placed in an ice-filled chamber and sample was first cooled down to room temperature and than cooling continued until the spindle stopped. Used original method was from the study of Zhou and Regenstein, (2004) but modified to determine the gelation temperature by Dincer et al., (2016). The gelling temperature value was detected when spindle forced with maximum viscosity and the rotation of the spindle stopped.

Texture profile analysis

The measurement was made on 6.67% (w / v) gel form. 6.67 grams of gelatin was dissolved in 100 water. The prepared solution was poured in a rectangular plastic container to perform a rectangular and uniform gel formation at 5 ° C for 16 hours. Gel block was cut in to 2cm x2cm square pieces with using a blade. Samples were compressed twice at a cross speed of 0.80 mm / sec with using 65% compression rate. 5 cm diameter cylindric probe was used to perform the TPA measurement. The mechanical parametres of textural profile was evaluated by using the modified method of Yang et al., (2007).

Statistical analyses

SPSS programme (SPSS 15. 0 for Windows, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) was used. The difference of means between groups were determined by using an Independent Sample T-Test technique. And level of significance was set for $p < 0.05$ in the software.

RESULTS AND DISCUSSION

Yield and the proximate composition

Scales of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) proximate composition data were determined as follows; 0.10% crude fat, 41.56% moisture, 29.12% ash, 0.84% carbohydrate, and 27.14% crude protein in the scale structure. Determined values of the produced scale gelatin were (in dried form) determined as follows; in Group A 3.17% moisture, 0.006% ash, 96.81% crude protein and in Group B 6.69% moisture, 0.006% ash, 93.30% protein, and no crude fat and carbohydrate were determined in both groups (Table 1). The yield value of gelatin was found 31.10% (Group A-373.20 g), and 31. 19 % (Group B-374.28 g) respectively. As Montero and Gomez-Guillen (2000) mentioned in their study, yield value and the quality of gelatin generally depend on the extraction method of collagen. Essentially, acid treatment is mainly used and preferred for fish and fish skin; in the extraction method the collagen was first acidified for a certain period of time and then heat treatment was used to solubilize the collagen structure. Both acidity part and the heat treatment part require the monitoring process to obtain better quality of gelatin. In the current study, acidified period was fixed at 3 hours before being heated at 60°C. The difference in chemical composition between the gelatin groups could be perceived as resulting from different organic acids used in the process. In general, the reduction of yield may cause losses of collagen extracted by leaching throughout the washing stages, or full hydrolysis of collagen may be realized (Jamilah and Harvinder, 2002). In the current study, though high yield values were obtained, they still conform to the previous studies.

Muyong et al., (2004) recovered gelatin from skin of Nile perch in their study. These researchers also compared the differences of skin and gelatin chemical composition values in the mentioned study. Skin proximate composition values for protein and crude fat contents were given 78.1% and 5.6%, respectively. On the other hand, when the extraction temperature was set at 50°C, the protein, water and fat contents in the extracted gelatin from the Nile perch were determined as follows; 88.0%, 10.5% and 0.10%, respectively. In a comparison with Muyong et al., (2004) and the current study it can be said that obtained gelatin from sea bream scales have higher protein and lower water contents.

Table 1. Chemical composition values of obtained fish scale gelatins

Chemical composition (%)	Protein	Moisture	Ash	Fat
Group A	96.81±1.05 ^a	3.17±0.74 ^a	0.0060±0.31 ^a	0.00±0.00 ^a
Group B	93.30±1.01 ^b	6.69±0.24 ^b	0.0063±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

Data are expressed as mean ± stdev, (n=3)

Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$)

Group A; Sea bream scale gelatin obtained by acetic acid, Group B; Sea bream scale gelatin obtained by propionic acid.

Foam formation ability and foam stability

Foaming formation ability is one of the important properties of gelatin. Especially for commonly used foods and food industry. Foam formation abilities of Group A and Group B gelatins are shown in Table 2. Data were given as ratio (the ratio of foam volume/liquid volume). Foam formation ability of Group A was determined as 2.8 while the value of Group B was 3.0. No statistical difference was determined between the two groups ($p > 0.05$). This implies that using different organic acids did not have effect on foam formation ability of the two groups. Similar high results were also found in the study of Cho et al., (2004). These researchers studied the gelatin obtained from shark cartilage and compared the functional properties of obtained fish gelatin with porcine gelatin. According to their results, foam ability of shark cartilage gelatin was 2.6. In the same study, analytical grade gelatin (GA) and food additives grade (GF) of porcine gelatins were also investigated.

Determined results of foam abilities were as follows; for GA 2.8 and 2.9 for GF. When these results were compared with the findings of current study, it was found that fish scale gelatins foaming ability were found to be higher than shark cartilage gelatin (GS) and somehow of similar values with that of porcine gelatin.

Foam stability of Group A and Group B gelatins are also given in Table 2. As shown, statistical differences ($p < 0.05$) were observed between foam stability of Group A (1.6) and Group B (2.1). Foam stability may directly effect the aggregation of proteins (generally reduce) which the interactions between protein content and needed water for foam formation (Kinsella, 1977). The increment observed could also be assumed to result from the same reason or the acid used propionic acid. Foam stability values found in both groups of our study were higher than the determined GA, GS, GF foam stability values of Cho et al., (2004).

Table 2. Foam ability and foam stability values of obtained fish scale gelatins

Samples	Foaming ability	Foam stability
Group A	2.8 ± 0.21^a	1.6 ± 0.19^a
Group B	3.0 ± 0.22^a	2.1 ± 0.16^b

Data are expressed as mean $\pm$ stdev, (n=3). Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). Group A; Sea bream scale gelatin obtained by acetic acid, Group B; Sea bream scale gelatin obtained by propionic acid.

Viscosity and gelling temperature

Viscosity values of Group A was determined as 20 Cp, lower than 33Cp value of Group B in room temperature. The gelling temperatures of the samples are given in Figure 1 and Figure 2. The plots of delta (viscosity –temperature) compared with temperature ($^{\circ}\text{C}$) can be seen in these figures also. Gelling temperature of Group A and Group B were closed to each other and from these values, Group A was found to be more suitable for foods in refrigerator conditions. The samples studied had a relatively sharp increase in delta value as the temperature decreases and rapid phase change was observed for both samples when viscosity became zero. Lower gelling temperature (8.9°C) was measured in Group A compared 11.9°C in Group B. Determined gelling temperatures were found to be lower (in Group A) and higher (in Group B) when compared with the study of Kasankala et al., (2007). Those researchers reported 10.5°C gelling temperature for porcine skin gelatin gels in their study. These results showed that sea bream scale gelatin produced by using acetic acid is more suitable for industry with its 8.9°C gelling point and might be more useful for particular food applications that require gelling temperatures like other gelatins. All these results have some similarities with the study of Boran et al., (2010).

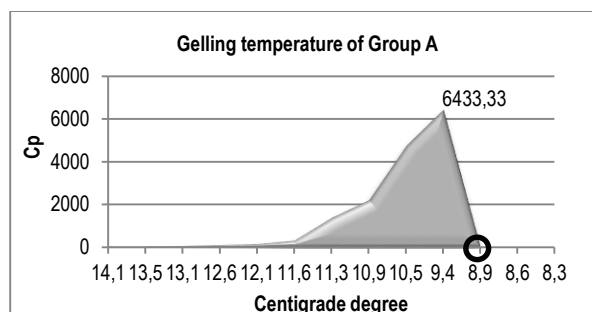


Figure 1. Gelling temperature value of Group A gelatin

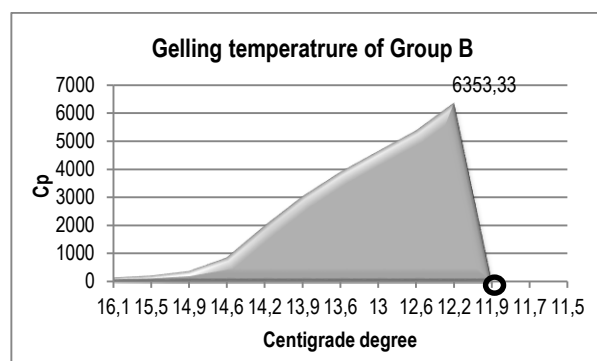


Figure 2. Gelling temperature value of Group B gelatin

Gel strength and mechanical properties

Fish originated gelatin is typically known to have a lower gel strength than mammalian gelatin. Gel strength (bloom value) is the most important functional properties that is directly related with the quality (Gilsen and Ross-Murphy 2000). While the values found in the study of Cho et al. (2004) agreed with this statement, on the other hand in the study of Dincer et al., (2015) the gel strength of sea bass scale gelatin (305 g) was found to be higher than the findings of Cho et al., (2004) contradicts this statement. The part and species of the used fish were considered to be the sources of this difference. We could say that the statement of Gilsen and Ross-Murphy, (2000) may only be accepted for the gelatin obtained from cold-water species and especially fish skin gelatins. Gel strength is a function of complex interactions determined by the ratio of α -chain and the amount of β - component and structure of gelatin is more stable when the imino acids (Hydroxy proline+ proline) content is higher (Gommez-Gullien et al., 2002). In another study, researchers investigate the imino acid contents of the fish scales and these imino acids were found higher in fish scales than in fish skin (Dincer et al., 2015; Cho et al., 2004). Gel strength of Group A and Group B are shown in Table 3. In both groups gel strengths were found to be higher than 300g. According to Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA)'s standards (GMIA, 2012), commercial gelatin gel strength should have gel strenght value between 100 and 300 g to used in the industrial sector. So in the current study obtained gelatins Bloom values were determined more than 300 g which can be considered in the range of "high-bloom gelatin" for the industry. In previous studies Bloom value range

of aquatic gelatins varies between 0 and 270 g (Karim and Bhat, 2009). Moreover, Bloom values for bovine or porcine gelatin, which have gel strength values of 200–240 g. And also in some studies gelatins of warm-water fish species have been reported to exhibit relatively high Bloom values, close to that of pork gelatin. Such high gel strength values can be seen only from the skins of warm-water fish such as tilapia (Zhou et al., 2006). Bloom values ranging from 128 to 273 g have been reported for tilapia gelatin (Zhou et al., 2006; Jamilah and Harvinder, 2002). In the current study, the Bloom value of gelatin was also found to be high (in Group A; 312.06 ± 8.47 g and in Group B; 317.36 ± 9.18), signifying that high quality gelatin was recovered in both groups. Textural profile values of the gels are also important in gelatin quality. In the current study determined texture profile analyses (TPA) results were higher than the results of the study done by Wangtueai and Noomhorm, (2009). In that study, researchers studied with lizard fish scales. TPA results of the extracted gelatins from lizard fish scales were as follows: hardness of 644 ± 21.2 , chewiness of 616 ± 64.07 , and springiness of 1.01 ± 0.07 . Researchers also compared their results with bovine gelatins but determined values of bovine gelatin were also lower than sea bream scale gelatin values. Similiar results in comparisons were also seen in the study of Rahman and Al-Mahrouqi, (2009). In their study these researchers compared grouper skin gelatin and bovine-porcine mixed gelatin but in all groups of their study, determined results were lower than the values of current study. These comparisons show that, in the current study, high-quality fish scale gelatin was produced with a better textural profile. Also very similiar results were found in the study of Dincer et al., (2015) in sea bass scales. TPA results can be seen in Table 3.

Table 3. Gel strength and mechanical properties (TPA) of the gelatin groups

Gelatin Groups	Gel strenght (g)	Texture profile analyses					
		Hardness(g)	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Chewiness (g)	Resilience
Group A	312.06 ± 8.47^a	3914.55 ± 341.95^a	-23.83 ± 9.50^a	0.98 ± 0.02^a	0.83 ± 0.02^a	3018.51 ± 620.71^a	0.63 ± 0.04^a
Group B	317.36 ± 9.18^a	3779.57 ± 508.48^a	-31.31 ± 12.62^a	0.97 ± 0.02^a	0.80 ± 0.01^b	3047.98 ± 422.73^a	0.65 ± 0.02^a

Data are expressed as mean $\pm$ stdev, (n=10)

Different superscript letters in the same column indicate significant differences ($P < 0.05$)

Group A; Sea bream scale gelatin obtained by acetic acid, Group B; Sea bream scale gelatin obtained by propionic acid.

Commercial gelatin is not colourless in solution but has colours varying from a very pale yellow to dark amber (Cole and Roberts, 1996). There can be no doubt that the colour attribute of gelatine has practical significance in that some 60% of world production is consumed by the confectionery industry (Yang et al., 2009). Furthermore, in the minds of most people the lack of colour is associated with purity, hence, pale colour is normally more desirable than darker colour. Manufacturers (Hoffmann, 1985) recognise the importance of gelatine colour. As mentioned in material section two different reference kits were used as a base in color measurements (B&W) because of the transparency of the gels. Figure 3 denotes the results of White tile values and determined L^* , a^* , b^* values were respectively;

13.72 ± 0.44 , -8.62 ± 0.26 , 2.37 ± 0.22 in Group A and 12.40 ± 1.36 , -9.19 ± 0.96 , 2.13 ± 0.52 in Group B. Figure 4 denotes the results of Black tile values. From the obtained results gelatins L^* , a^* and b^* values were determined as follows; 13.35 ± 0.57 , -8.79 ± 0.27 , 1.54 ± 0.31 in Group A and 12.57 ± 0.98 , -8.53 ± 0.36 , 1.52 ± 0.16 in Group B. No statistical differences were determined between groups ($P < 0.05$). The difference in color among gelatins may occur due to the presence of pigment inherent in the material and depends on the raw material (Jongjareonrak et al., 2010). But observed results show that the different organic acids used did not affect the colour of the gelatin. In both groups colourless, transparent gelatin was obtained.

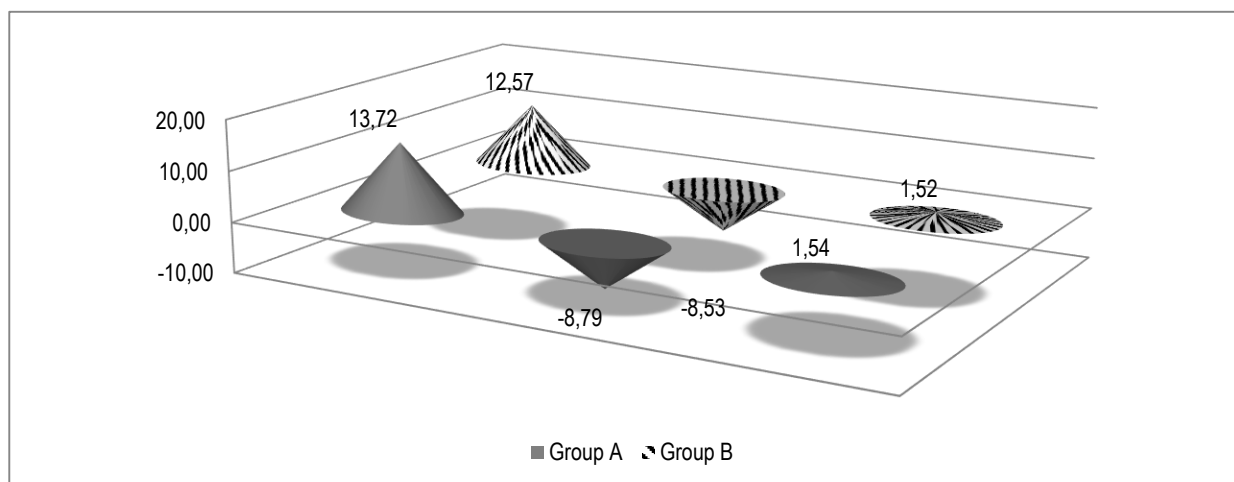


Figure 3. Colour measurement results over Tile White (x=14.8, Y=21.2, Z=13.9)

Data were given as L, a* and b* from left to right

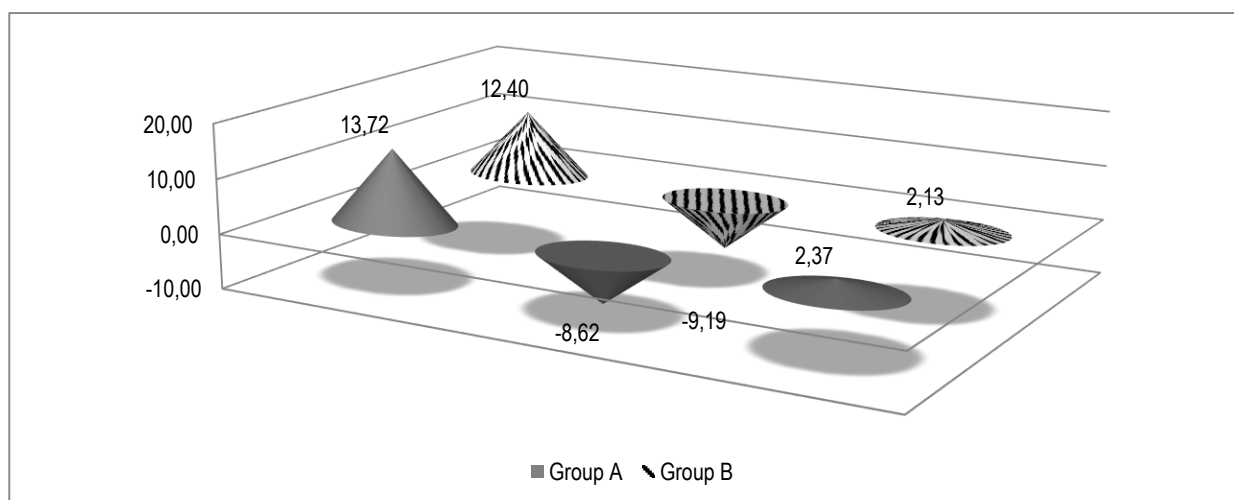


Figure 4. Colour measurement results over Tile Black (x=14.5, Y=20.8, Z=15.0)

Data were given as L, a* and b* from left to right

CONCLUSION

From the results obtained, it is clear that fish scales have the potential to be an alternative source of collagen to mammalian collagen. Both acetic acid and propionic acid can be used in gelatin recovery. The main problem encountered in this stage was the production costs in laboratory conditions especially, the cost of EDTA and isobutyl alcohol that took much of the production cost. In future studies, alternative chemicals should be tried for demineralisation and fat removing steps (like citric acid and less expensive alcohols). We could

conclude that fish scale could be an alternative source of collagen for food, cosmetic and medical fields.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported and funded by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Project No. 112O952 and supported by Ege University Scientific Research Projects Coordination Unit (Project No. 2012-SÜF-021). Used data are taken from the Msc Thesis project of the author Hulya (Sargin) Kalkan.

REFERENCES

- AOAC. (2000). Official Methods of Analysis 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Arlington, USA.2200P
- Arnesen, J.A. & Gildberg, A. (2002). Preparation and characterisation of gelatine from the skin of harp seal (*Phoca groenlandica*). *Bioresource Technology*, 82, 191–194. DOI: 10.1016/S0960-8524(01)00164-X

- Boran, G. Mulvaney, M.S. & Regenstein, J.M. (2010). Rheological properties of gelatin from silver carp skin compared to commercially available gelatins from different sources. *Journal of Food Sciences*, 75(8), 565-571. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01543.x

- Cho, S.M., Kwak, K.S., Park, D.C., Gu, Y.S., Ji, C.I., Jang, D.H., Lee, Y.B. & Kim, S.B. (2004). Processing optimization and functional properties of gelatin from shark (*Isurus oxyrinchus*) cartilage. *Food Hydrocolloid*, 18, 573-579. DOI:10.1016/j.foodhyd.2003.10.001
- Cole, C. G. B. & Roberts, J.J. (1996). Changes in the molecular composition of gelatine due to the manufacturing process and animal age, as shown by electrophoresis. *Society of Leather Technologists and Chemists*, 80, 136-141.
- Dincer, T., Akagündüz, Ö.Y. & Sargin, H. (2013). Gelatin production by using sea bass (*Dicentrarchus labrax*) scales and determination of some functional properties of the prepared gelatin. *Tubitak Project No 112O952 Final Report*. 112 Pages.
- Dincer, M.T, Ağçay Ö.A., Sargin H. & Bayram, H. (2015). Functional properties of gelatin recovered from scales of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 39, 102-109. DOI: 10.3906/vet-1406-68
- Diğer, M.T. Erdem, O.A., Kalkan, H. & Üçok, M.Ç. (2016). Comparison of recovered carp scales (*Cyprinus carpio*) gelatin and commercial calf and pork skin gelatins. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 33(4), 335-341.
- Gilsenan, P.M. & Ross-Murphy, S.B. (2000). Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. *Food Hydrocolloids*, 12, 191-195. DOI: 10.1016/S0268-005X(99)00050-8
- Gelatin Manufacturers Institute of America, (2012). Gelatin Handbook. Woburn, MA, USA: GMIA; 2012.
- Gelatine Manufacturers of Europe, (2013). All About Gelatine. Brussels, Belgium.
- Gomez-Guillien, M.C. & Pillar, M. (2001). Extraction of Gelatin from Megrim (*Lepidorhombus bosci*) skins with several organic acids. *Journal of Food Science*, 66(2), 213 – 216. DOI: 10.1016/S0268-005X(01)00035-2
- Gomez-Guillien C., Turnay, J., Fernandez-Diaz, M.D., Lizarbe, M.A. & Montero, P. (2002). Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study. *Food Hydrocolloids*, 16, 25-34. DOI:10.1016/S0268-005X(01)00035-2
- Grossman, S., Bergman, M. (1992). Process for the production of gelatin from fish skins. U. S. patent 5,093, 474.
- Gudmundsson, M. & Hafsteinsson, H. (1997). Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food Science*, 62(1), 37-39.
- Hoffmann, P., 1985. Deutsche-Milchwirtschaft. 35, 269.
- Jamilah, B., Harvinder, K.G. (2002). Properties of gelatins from skins of fish - black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and red tilapia (*Oreochromis nilotica*). *Food Chemistry*, 77, 81-84. DOI:10.1016/S0308-8146(01)00328-4
- Jongjareonrak, A., Rawdkuen, S., Chaijan, M., Benjakul, S., Osako, K. & Tanaka, M. (2010). Chemical compositions and characterisation of skin gelatin from farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*). *LWT Food Science and Technology*, 43: 161-165. DOI: 10.1016/j.lwt.2009.06.012
- Karim, A.A. & Bhat, R. (2009). Review fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins. *Food Hydrocolloids*. 23, 563-576. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2008.07.002
- Kasankala, L.M., Xue Y., Weilong Y., Hong S.D. & He, Q. (2007). Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fish skin by response surface methodology. *Bioresources Technology*, 98, 3338-3343. DOI: 10.1016/j.biortech.2006.03.019
- Kim, J.S. & Cho, S.Y. (1996). Screening for raw material of 1 modified gelatin in marine animal skins caught in coastal offshore water in Korea. *Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 39, 134- 139.
- Kimura, S., Miyauchi, Y. & Uchida, N. (1991). Scale and bone type I collagens of carp (*Cyprinus carpio*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 99B, 473-476. DOI: 10.1016/0305-0491(91)90073-M
- Kinsella, J. E. (1977). Functional properties of protein: possible relationships between structure and function in foams. *Journal Food Chemistry*, 7, 273-288.
- Leuenberger, B.H. (1991). Investigation of viscosity and gelation properties of different mammalian and fish gelatins. *Food Hydrocolloids*, 5, 353-361.
- Merrill, A.L. & Watt, B.K. (1993). Energy value of foods, basis and derivation (P. 2). Agriculture research service. United States Department of Agriculture. Agriculture handbook, 74.
- Montero P. & Gomez-Guillen M.C. (2000). Extracting Conditions for Megrim (*Lepidorhombus bosci*) Skin Collagen Affect Functional Properties of the Resulting Gelatin *Journal of Food Science*, 65(3), 434-438.
- Muyong, J.H., Cole, C.G.B. & Duodu, K.G. (2004). Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopic study of acid soluble collagen and gelatin from skins and bones of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chemistry*, 86, 325-332. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.09.038
- Nagai, T., Izumi, M. & Ishii, M. (2004). Fish scale collagen. Preparation and partial characterization. *International Journal of Food Science and Technology*. 39, 239-244. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2004.00777.x
- Nomura, Y., Sakai, H., Ishii, Y. & Shirai, K. (1996). Preparation and some properties of type I collagen from fish scales. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 60, 2092-2094. DOI: 10.1271/bbb.60.2092
- Norland, R.E. (1990). Fish gelatin. In: Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability. Voight, M.N., Botta, J.K.(Ed) Technical Publication Lancaster. pp.325-333.
- Osborne, R., Voigt, M.N. & Hall, D.E. (1990). Utilization of lumpfish (*Cyclopterus lumpus*) carcasses for the production of gelatin. In: Advances in fisheries technology and biotechnology for increased profitability. Voight, M. N., Botta, J. K.(Ed). Technical Publication, Lancaster. pp. 143-153.
- Rahman, M. S., Al-Saidi, G. S. & Guizani, M. (2008). Thermal characterisation of gelatin extracted from yellowfin tuna skin and commercial mammalian gelatin. *Food Chemistry*, 108, 472-481. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.079
- Sankar, S., Sekar, S., Mohan, R., Rani, S., Sundaraseelan, J. & Sastry, T.P. (2008). Preparation and partial characterization of collagen sheet from fish (*Lates calcarifer*) scales. *International Journal of Biological Macromolecules*, 42, 6-9. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2007.08.003
- Sathe, S.K., Deshpande, S.S. & Salunkhe, D.K. (1982). Functional properties of lupin seed (*Supinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *Journal of Food Science*, 7, 191-197.
- Stainsby, G. (1987). Gelatin gels. In: Pearson AM, Dutson TR, Bailey AJ, (Ed). Advances in meat research. Vol. 4. Collagen as a food. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. pp 209-222.
- Schubring, R. (2003). Colour measurement for the determination of the freshness of fish. In: J.B. Luten, J. Oehlenschläger and G. Olafsdottir, (Ed), Quality of fish from catch to consumer: Labelling, monitoring and traceability (pp 251-263) The Netherlands: Wageningen Academic Publishers
- Wangtueai, S. & Nookhorm, A. (2009). Processing optimization and characterization of gelatin from lizardfish (*Saurida spp.*) scales. *LWT Food Science and Technology*, 42, 825-834. DOI:10.1016/j.lwt.2008.11.014
- Yang, H., Wang, Y., Jiang, M., Oh, J.H., Herring, J. & Zhou, P. (2007). Step optimization of the extraction and subsequent physical properties of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin gelatin. *Journal of Food Science*, 72, 188 – 195. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00319.x
- Yang, J.L., Liang, W.S., Chow, C.J. & Siebert, K.J. (2009). Process for production of tilapia retorted skin gelatin hydrolysates with optimized antioxidative properties. *Process Biochemistry*, 44(10), 1152-1157. DOI:10.1016/j.procbio.2009.06.013
- Zhou, P. & Regenstein, J.M. (2004). Optimization of extraction conditions for pollock skin gelatin. *Journal of Food Science*, 69(5),393-397. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.00065.x
- Zhou, P. Mulvaney, S.J., & Regenstein, J.M. (2006). Properties of Alaska Pollock skin gelatin: A comparison with Tilapia and pork skin gelatins. *Journal of Food Science*, 71, 313-321. DOI:10.1111/j.1365-2621.2004.tb10704.x

RESEARCH ARTICLE

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Gillnet selectivity for non target fish species caught by red mullet gillnets north Aegean Sea

Kuzey Ege Denizi'nde barbun uzatma ağlarında yakalanan hedef dışı türlerin seçiciliği

Engin Kocabaş¹  • Alkan Öztekin²  • İsmail Burak Daban^{2*}  • Adnan Ayaz² 

¹ Republic of Turkey Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Bandırma Sheep Breeding Research Institute, Fisheries Department, Balıkesir - Turkey

² Çanakkale Onsekiz Mart University, Marine Sciences and Technology Faculty, Fisheries and Fish Processing Department, Çanakkale – Turkey

* Corresponding author: burakdaban@comu.edu.tr

Received date: 05.04.2018

Accepted date: 03.06.2018

How to cite this paper:

Kocabaş, E., Öztekin, A., Daban, İ.B. & Ayaz, A. (2018). Gillnet selectivity for non target fish species caught by red mullet gillnets north Aegean Sea. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 319-326. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.12

Abstract: The aim of this study is to determine the effects of red mullet gillnets that commonly used in Turkish waters on sustainability of non target fish species. For these purpose, surveys were realized with 18 - 20 - 22 mm nominal bar length red mullet gillnets between December 2008 and May 2010 along the north Aegean Sea coasts (5-30 m). SELECT method was used with five different model (Normal location, normal scale, log-normal, gamma and bi-modal) for evaluating selectivity parameters of non target fish species. Selectivity models were determined as bi-modal for *Serranus scriba* and *Symphodus tinca*, log normal for *Scorpaena porcus* and *Spicara maena* and gamma for *Pagellus acarne*. Optimum catch lengths and spread values and selectivity curves were given for 5 species. Results showed that use of a larger mesh size over the 22 mm mesh is important for ensuring stock sustainability of the non target fish species.

Keywords: Gillnet, selectivity, optimum catch length, non target fish species,

Öz: Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan barbun uzatma ağlarının hedef dışı balık türlerinin sürdürülebilirliğine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kuzey Ege Denizi kıyılarında (5-30 m.) Aralık 2008 – Mayıs 2010 tarihleri arasında 18 – 20 – 22 mm göz genişliğine sahip barbun uzatma ağları ile denemeler gerçekleştirilmiştir. Hedef dışı türlerin seçicilik parametrelerinin tespitinde 5 farklı model ile (normal location, normal scale, gamma, log-normal ve bi-modal) SELECT tahmin metodu kullanılmıştır. Yakalanan çizgili hani ve çirçir için bi-modal, iskorpit ve izmarit için log-normal, yabani mercan için ise gamma en uygun seçicilik modeli olarak belirlenmiştir. 5 tür için optimum yakalama boyları ve yayılım değerleri ile seçicilik eğrileri verilmiştir. Çalışma sonucunda barbun avcılığında kullanılan uzatma ağlarında ağ göz genişliğinin 22 mm'nin üzerine çıkarılmasının ilgili türlerin stok sürdürülebilirliği bakımından önemli olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Uzatma ağı, seçicilik, optimum yakalama boyu, hedef dışı balık türleri,

INTRODUCTION

Gillnets are one of the most widely used fishing gear over the world due to their low costs and easy to use (Hamley, 1975; Reis and Pawson, 1992; Hovgard and Lassen, 2000). Because of the pronounced size selectivity by comparison with the other fishing gears (Guland, 1983), gillnets are extremely important with regard to sustainable fisheries. In order to develop suitable management strategy in fisheries, the selectivity properties of whole fishing gears should be known by management authority (Millar, 1992; Millar and Holst, 1997). Although methods of the estimation of selectivity has been used for a long times, estimation of the gillnet selectivity studies were increased with the development of the SELECT method since 1990 (Millar, 1992; Millar and Holst, 1997). Selectivity studies of gillnets are especially stick to target species. Gillnets are effective fishing

gears in the multi species fishing fields. Besides, proven of single species management approach with the gillnets have not been discussed enough yet.

Gillnets are commonly used fishing gears in the Mediterranean Sea (Martin et al., 1999; Papaconstantinou and Farrugio, 2000; Sbrana et al., 2007; Karakulak and Erk, 2008; Ayaz et al., 2010b) that known as multi species fishing field. Discard rate was calculated as 15% by Kelleher (2005) around Mediterranean and Black Sea, whereas 58% (Ayaz et al., 2010a), 56% (Aydın et al., 2008) and 77.4% – 81.4% (Aydın et al. 2013) in red mullet gill nets Turkish coasts of the Aegean Sea.

It may not be right to implement a management plan

considering only the target species because of the high non-target rate of multispecies fishing fields. Therefore the right approach with the viewpoint of ecological sustainability might be consider of the selectivity for each species that have high catch rates from the gillnets. The first information deal with selectivity of the *Symphodus tinca* and *Scorpaena porcus* in this study, contribute this consideration.

In this context, the aim of this study is to determine the effects of gillnets on the stocks of fish species of red mullet gill nets with the viewpoint of ecosystem based fisheries management.

MATERIALS AND METHOD

Survey was conducted between December 2008 and May 2010 along the commercial fisheries coasts of Çanakkale, North Aegean Sea. Substratum type of habitats consist of sandy beaches, rocky shores and seagrass beds. Samples were collected by gillnets from 7 stations and 65 operations between 5-30 m depts (Fig. 4). Gillnets were made of multiflament nylon with a twine diameter 210d/2. Three different gillnets each with a 40 mesh height were used, the nominal bar length of which were 18, 20 and 22 mm with hanging ratio 0.50 (Fig. 1, 2 and 3).

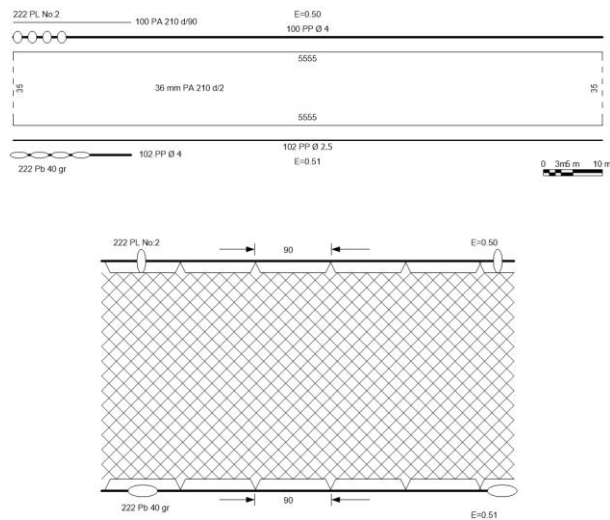


Figure 1. Technical plan of the 18 mm nominal bar length red mullet gill net

Due to the target species of red mullet gillnets were only mullet species (*Mullus spp.*), apart from these all species were evaluated as non target fish species. Nets were used as passive and were set parallel to coast at the bottom as S-shaped. Operations were realized 3 hours before dawn and dusk. The soaking time was approximately 3 hours per nets.

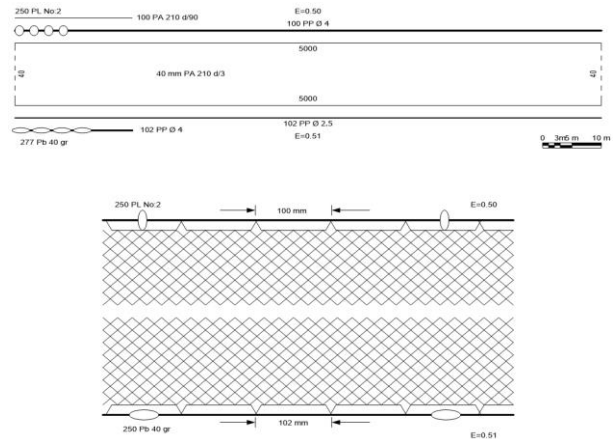


Figure 2. Technical plan of the 20 mm nominal bar length red mullet gill net

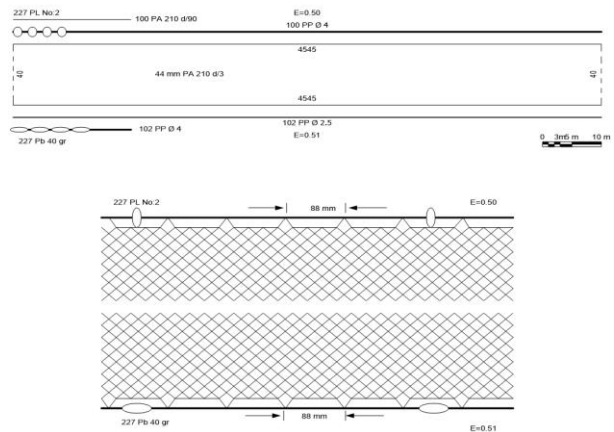


Figure 3. Technical plan of the 22 mm nominal bar length red mullet gillnets

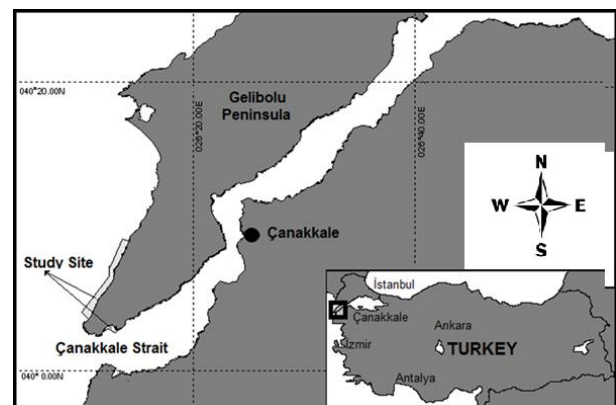


Figure 4. Study area and and general view of the Northern Aegean coasts of Turkey

The total length was measured with millimetric measurement board and weighed to the nearest 1 g with digital scales. Length frequency class values calculated from the individuals that sampled varied nominal bar lengths. In the calculation of selectivity parameters, SELECT (Share Each Lengthclass Catch Total) method was used (Millar, 1992; Millar and Fryer, 1999; Millar and Holst, 1997). In this method, be assumed that the number of length / fish caught in gillnet j , have one n_{ij} Poisson distribution and is then distributed as;

$$n_{ij} \approx n_{ij} \approx \text{Pois} (p_j \lambda_i r_j(l))$$

where; abundance of length / fish was caught in gillnet λ_i , is the relative fishing intensity of gillnet j , p_j , is the selectivity curve of gillnet j , $r_j(l)$

log-likelihood distribution of n_{ij} as;

$$\sum_l \sum_j \{n_{ij} \log[p_j \lambda_i r_j(l)] - p_j \lambda_i r_j(l)\}$$

Statistical analyses were conducted with PASGEAR II version 2.5 (Kolding and Skålevik, 2011). The SELECT method was used to evaluate selectivity parameters as five different model (Normal location, normal scale, log-normal, gamma and bi-modal). The most suitable model was selected by taking into consideration of minimum deviation value.

Normal Location :

$$\exp\left(-\frac{(L - k.m_j)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Normal Scale ;

$$\exp\left(-\frac{(L - k_1.m_j)^2}{2k_2^2.m_j^2}\right)$$

Log-Normal ; &

$$\frac{1}{L} \exp\left[\mu + \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right) - \frac{\sigma^2}{2} - \frac{\left(\log(L) - \mu - \log\left(\frac{m_j}{m_1}\right)\right)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Gamma ;

$$\left(\frac{L}{(\alpha - 1).k.m_j}\right)^{\alpha - 1} \exp\left(\alpha - 1 - \frac{L}{k.m_j}\right)$$

Bi-modal ;

$$\exp\left(-\frac{(L - k_1.m_j)^2}{2k_2^2.m_j^2}\right) + c.\exp\left(-\frac{(L - k_3.m_j)^2}{2k_4^2.m_j^2}\right)$$

RESULTS

A total of 1452 non target fish species individual representing 5 species were sampled from the red mullet gill nets with 18 – 20 – 22 mm nominal bar lengths. Species were consist of *Serranus scriba*, *Symphodus tinca*, *Spicara maena*, *Scorpaena porcus* and *Pagellus acarne* with 403, 207, 576, 107 and 159 individual, respectively. *S. scriba* individuals were ranged between 11.3 and 29.7 cm in length, 22 and 441 g in weighth. *S. tinca* were ranged between 9.5 and 18.8 cm in length, 17 and 122 g in weight. *S. maena* were ranged between 9.8 and 19.5 cm in length, 10 and 93 g in weight. *S. porcus* were ranged between 10.1 and 28 cm in length, 19 and 471 g in weight. Lastly, *P. acarne* were ranged between 12.8 and 18.5 cm in length, 22 and 80 g in weight (Table 1).

Frequency values of non target fish species were calculated due to the length groups. Peak length values of non target fish species differ according to nominal bar length. *P. acarne*, *S. porcus*, *S. maena* and *S. tinca* were peaked in length with 20 mm nominal bar length at 15, 12, 14 and 13 cm in length, respectively. Beside, *S. scriba* peaked in length with 18 mm nominal bar length at 13 cm in length. In all species, the length of the individuals were increased as the nominal bar length increased (Fig. 5).

The most suitable selectivity models were calculated according to minimum deviation values for each species. Within the species, bi modal was selected for *S. scriba* and *S. tinca*, log normal was selected for *S. porcus* and *S. maena* and gamma model was selected for *P. acarne*. (Table 2).

Optimum lengths and spread values (Table 3) and selectivity curves (Fig. 6) were calculated for *S. scriba*, *S. tinca*, *S. maena*, *S. porcus* and *P. acarne* as 18, 20 and 22 mm nominal bar length respectively.

Table 1. Catch number, length and weight values of the Non target fish species caught by 18,20 and 22 mm red mullet gill nets

Species	Nominal Bar Length (mm)	Number (n)	Length Value			Weight Value		
			Minimum Length (cm)	Maximum Length (cm)	Mean Length and Standard error (cm)	Minimum Weight (g)	Maximum Weight (g)	Mean Weight and Standard error (g)
<i>Serranus scriba</i>	18	201	12.3	22.4	14.70 ± 1.53	22	167	44.32 ± 17.79
	20	128	13.8	25.3	17.14 ± 1.89	34	218	73.45 ± 28.95
	22	74	11.3	29.7	17.49 ± 2.65	23	411	79.82 ± 48.23
	Total	403	11.3	29.7	16.44 ± 2.02	22	167	65.86 ± 31.66
<i>Symphodus tinca</i>	18	78	9.5	18.7	12.17 ± 1.47	18	106	29.31 ± 12.62
	20	78	10	18.8	13.91 ± 1.43	17	122	40.14 ± 14.17
	22	51	13	17.4	14.70 ± 1.03	34	421	47.61 ± 10.37
	Total	207	9.5	17.4	13.6 ± 1.31	17	106	39.02 ± 12.39
<i>Spicara maena</i>	18	188	9.8	19	14.38 ± 1.21	10	68	37.72 ± 8.59
	20	225	10.1	19.5	15.41 ± 1.25	12	93	48.55 ± 12.68
	22	165	13	19.5	16.07 ± 1.18	31	84	54.99 ± 11.05
	Total	576	9.8	19	15.29 ± 1.21	10	68	47.09 ± 10.77
<i>Scorpaena porcus</i>	18	19	10.1	25.5	14.65 ± 3.85	20	273	66.95 ± 59.85
	20	42	11	21.3	14.09 ± 2.63	19	177	55.88 ± 35.88
	22	46	10.8	28	15.73 ± 3.77	19	471	84.61 ± 82.65
	Total	107	10.1	21.3	14.82 ± 3.42	19	177	69.15 ± 59.46
<i>Pagellus acarne</i>	18	40	12.8	18.5	14.08 ± 0.95	22	79	33.98 ± 8.73
	20	72	13.7	17.3	15.62 ± 0.71	33	68	46.63 ± 6.16
	22	47	13.3	18.2	16.00 ± 1.10	35	80	51.94 ± 9.65
	Total	159	12.8	17.3	15.23 ± 0.92	22	68	44.18 ± 8.18

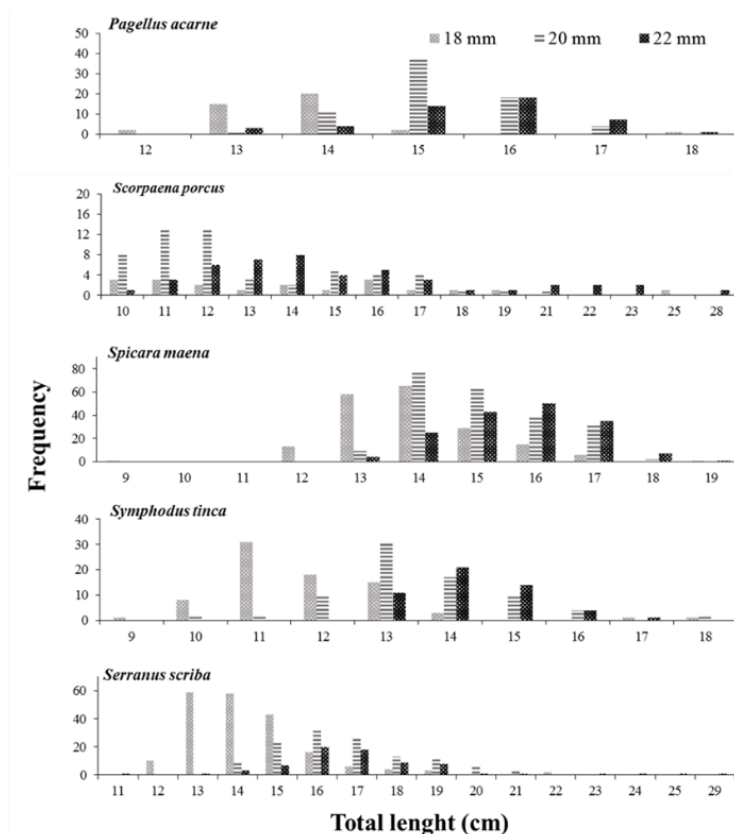
**Figure 5.** Length – frequency distribution of caught non target fish species

Table 2. Selectivity parameter values of non target fish species

	Model	Parameter	Model Deviance	P Value	Degree of freedom (d.f.)
<i>Serranus scriba</i>	Normal location	$(k; \sigma)=(4.610; 2.088)$	96.829	0.000000	33
	Normal scale	$(k_1; k_2)=(4.666; 0.508)$	100.413	0.000000	33
	Lognormal	$(\mu_1; \sigma)=(2.816; 0.113)$	83.861	0.000003	33
	Gamma	$(k; \alpha)=(0.057; 81.553)$	88.066	0.000001	33
	Bimodal	$(k_1; k_2; k_3; k_4; w)=(4.340; 0.292; 5.226; 0.703; 0.499)$	56.589	0.002335	30
<i>Symphodus tinca</i>	Normal location	$(k; \sigma)=(3.695; 1.455)$	41.086	0.005472	21
	Normal scale	$(k_1; k_2)=(3.737; 0.373)$	47.831	0.000725	21
	Lognormal	$(\mu_1; \sigma)=(2.595; 0.097)$	34.823	0.029527	21
	Gamma	$(k; \alpha)=(0.036; 104.778)$	38.546	0.011113	21
	Bimodal	$(k_1; k_2; k_3; k_4; w)=(3.683; 0.291; 5.128; 0.162; 0.273)$	11.898	0.852453	18
<i>Spicara maena</i>	Normal location	$(k; \sigma)=(4.078; 1.755)$	28.337	0.203309	23
	Normal scale	$(k_1; k_2)=(4.124; 0.441)$	29.888	0.152640	23
	Lognormal	$(\mu_1; \sigma)=(2.699; 0.107)$	24.240	0.390617	23
	Gamma	$(k; \alpha)=(0.047; 88.279)$	25.535	0.323316	23
	Bimodal	No Fit	---	---	---
<i>Scorpaena porcus</i>	Normal location	No Fit	---	---	---
	Normal scale	No Fit	---	---	---
	Lognormal	$(\mu_1; \sigma)=(2.356; 0.300)$	17.395	0.983273	32
	Gamma	$(k; \alpha)=(0.411; 6.65)$	17.765	0.980160	32
	Bimodal	No Fit	---	---	---
<i>Pagellus acarne</i>	Normal location	$(k; \sigma)=(4.043; 1.258)$	41.308	0.000159	14
	Normal scale	$(k_1; k_2)=(4.074; 0.310)$	38.288	0.000469	14
	Lognormal	$(\mu_1; \sigma)=(2.685; 0.077)$	38.402	0.000451	14
	Gamma	$(k; \alpha)=(0.024; 171.982)$	38.132	0.000496	14
	Bimodal	No Fit	---	---	---

Table 3. Optimum length and spread values of the caught non target fish species

Species	Model	Mesh size	Opt. length (cm)	Spread (cm)
<i>Serranus scriba</i>	Bimodal	18 mm	15.62	1.05
		20 mm	17.36	1.17
		22 mm	19.10	1.28
<i>Symphodus tinca</i>	Bimodal	18 mm	13.26	1.05
		20 mm	14.73	1.17
		22 mm	16.21	1.28
<i>Spicara maena</i>	Lognormal	18 mm	14.70	1.60
		20 mm	16.33	1.78
		22 mm	17.96	1.96
<i>Scorpaena porcus</i>	Lognormal	18 mm	9.64	3.39
		20 mm	10.71	3.76
		22 mm	11.78	4.14
<i>Pagellus acarne</i>	Gamma	18 mm	12.31	0.94
		20 mm	13.68	1.05
		22 mm	15.05	1.15

Table 4. Comparison of the selectivity studies deal with the same species

Species	Method	Area	Mesh size (mm)	Optimum length (cm)	Spread (cm)	Reference
<i>Serranus scriba</i>	HOLT	Central Aegean Sea (Marmara Sea)	18	14.74		Kınacıgil et al. (2000)
			20	16.38		
			22	18.02		
<i>Serranus scriba</i>	SELECT bi-modal	Çanakkale shores (Marmara Sea)	18	15.62	1.05	In this study
			20	17.36	1.17	
			22	19.10	1.28	
<i>Symphodus tinca</i>	SELECT bi-modal	Çanakkale shores (Marmara Sea)	18	13.26	1.05	In this study
			20	14.73	1.17	
			22	16.21	1.28	
	SELECT bi-modal	Gökçeada (North Aegean Sea)	18	15.10	1.07	Karakulak and Erk, (2008)
			20	16.78	1.19	
			22	18.46	1.30	
<i>Spicara maena</i>	SELECT lognormal	Cyclades Island (Aegean Sea)	22	18.54	1.91	Stergiou and Erzini, (2002)
			24	20.23	2.08	
			26	21.92	2.25	
<i>Spicara maena</i>	HOLT	İzmir Bay (Aegean Sea)	28	23.60	2.43	Metin et al. (1998)
			18	15.00		
			20	16.67		
<i>Scorpaena porcus</i>	SELECT lognormal	Çanakkale shores (Marmara Sea)	22	18.33		In this study
			18	14.70	1.60	
			20	16.33	1.78	
<i>Scorpaena porcus</i>	SELECT lognormal	Çanakkale kıyıları (Marmara Sea)	22	17.96	1.96	In this study
			18	9.64	3.39	
			20	10.71	3.76	
<i>Pagellus acarne</i>	SELECT/ bi-modal	Gökçeada (Kuzey Ege Denizi)	22	11.78	4.14	Karakulak and Erk, (2008)
			18	13.71	0.57	
			20	15.23	0.63	
<i>Pagellus acarne</i>	Direct Estimation Method	İzmir Bay, Urla (Aegean Sea)	22	16.76	0.69	İlkyaz, (2005)
			18	13.7		
			20	12.31	0.94	
<i>Pagellus acarne</i>	SELECT/ bi-modal	Çanakkale shores (Marmara Sea)	20	13.68	1.05	In this study
			22	15.05	1.15	
			18	12.31	0.94	

Table 5. The length at first maturity of fish species caught in this study

Species	Area	The Length at First Maturity (cm)	Reference
<i>Serranus scriba</i>	Lanzarote Island (Middle East Adriatic)	17.3	Tuset et al. (2005)
	Trigor Bay (Middle East Adriatic)	9.3	Zorica et al. (2006)
<i>Symphodus tinca</i>	Sfax shores (Tunisia)	Males 13.1; Females 13.4	Ghorbel et al. (2002)
<i>Spicara maena</i>	İzmir Bay (Aegean Sea)	Males 13.1; Females 11.5	Kınacıgil et al. (2008)
<i>Scorpaena porcus</i>	Sinop shores (Black Sea)	Males 16.7; Female 17.5	Bilgin and Çelik (2009)
	Sinop shores (Black Sea)	20 (3rd and 4th ages)	Koca. (2002)
<i>Pagellus acarne</i>	Saroz Bay (North Aegean Sea)	Males 15.3; Females 18.1	İsmen et al. (2010)
	İzmir Bay (Aegean Sea)	Males 13.9; Females 14.5	Kınacıgil et al. (2008)
	Mediterranean Aegean Sea	Males 13; Females 18 11	Whitehead et al. (1986) JICA (1993)

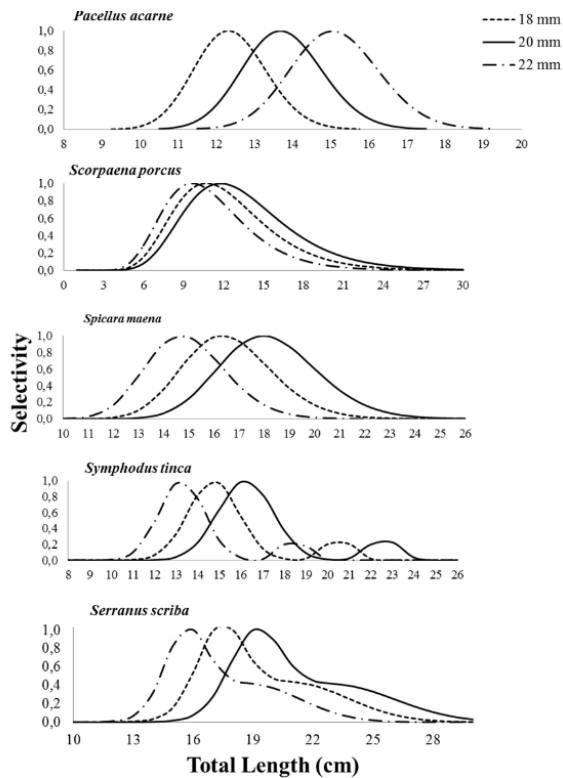


Figure 6. Selectivity curves of the caught non target fish species according to mesh sizes

CONCLUSION

The selectivity results of the species varied between studies, due to using varied methods and models for analyzing selectivity pattern. The selectivity values may vary depending on the fish morphometrics (length, body shape etc.), geographical differences and gillnet properties (nominal bar length, net material, hanging ratio etc.).

It has been observed that the selectivity parameters of the species showed differences when compared to previous studies. Kinacıgil et al. (2000) have found a smaller optimum length at each mesh for *S. scriba* even though used gillnets with the same nominal bar length. It is thought that this difference is caused by using different model and sample size (Table 4).

First maturity length is important for evaluating selectivity. Due to the sustainability of the stocks, offsprings get at least one chance to spawn. The first maturity length of *S. scriba* was determined as 17.3 cm (Tuset et al., 2005) in Lanzarote Island (Table 5). Whereas optimum catch length in this study was determined as 19.1 cm at 22 mm nominal bar length. The use of a smaller nominal bar length than 22 mm is thought to be unsuitable for sustainability of stocks.

Ghorbel et al. (2002) indicated that first maturity length of *S. tinca* was 13.1 cm for males and 13.4 cm for females around Sfax shores of Morocco (Table 5). In our study shows that optimum catch length of the 18, 20 and 22 mm nominal bar

length of *S. tinca* were 13.3, 14.7 and 16.2 cm, respectively. So, 18 and 20 mm mesh size could endanger regenerating of the stocks.

First maturity length of *S. maena* was detected as 13.1 cm for males and 11.5 cm for females (Kinacıgil et al., 2008) (Table 5). The optimum catch length and spread value in minimum mesh size in our study were calculated as 14.7 and 1.6 cm, respectively. The results appear to be similar to those of other studies where selectivity of *S. maena* is calculated (Metin et al., 1998; Karakulak and Erk, 2008) (Table 4). Conversely, in the work carried out by Stergio and Erzini (2002), a higher optimum catch length was detected. These differences can be explained by the geographical differences and varied environmental parameters. Consequently, it is thought that only 18 mm of nominal bar length can cause of threat on the stocks with a slight possibility.

Bilgin and Çelik (2009) confirmed that first maturity length of *S. porcus* was 16.5 cm for males and 17.5 cm for females (Table 5). Whereas optimum catch lengths were calculated as 9.6, 10.7 and 11.8 cm from 18, 20 and 22 mm nominal bar length, respectively. There is a significantly difference between first maturity length and optimum catch length. It can be thought that this difference is not significant due to having lots of spines around the gills. It is clear that any nominal bar length or gillnet will have an adverse effect on the stocks of *S. porcus*.

İşmen et al. (2010) were calculated the first maturity length of *P. acarne* in Saros Bay as 15.3 cm for males and 18.1 cm for females (Table 5). In this study, optimum catch length of *P. acarne* were found 12.3, 13.7 and 15.1 cm from 18, 20 and 22 mm nominal bar lengths, respectively. These results are similar to those of other studies (Karakulak and Erk, 2008; İkyaz, 2005) (Table 4). Both the fact that all of the optimum catch length values are smaller than the first maturity length and the similar results in three different studies indicate that the stocks of *P. acarne* are affected in a dangerous manner by the red mullet gillnet fisheries.

In conclusion, it is evident that commercial red mullet gillnets has highly hazardous effects on non target fish species. Both using higher than 22 mm nominal bar length and 0.5 hanging ratio may serve as protective measures. Undoubtedly that the selectivity results for each species contribute to fisheries management. In terms of ecosystem-based fisheries management, studies that examine the potential adverse effects of each fishing tool on all living organisms should be increased. These findings enhance our understanding of the importance of selectivity of the non target fish species.

ACKNOWLEDGMENTS

This study supported by Tübitak 106Y021 numbered Project. Results of this study contains a part of Msc thesis of Engin Kocabaş. Thanks are extended to Cahit Ceviz and Osman Odabaşı.

REFERENCES

- Ayaz, A., İşmen, A., Özekinci, U., Altınağaç, U., Özen, Ö., Yiğın, C.Ç., Cengiz, Ö., Ayyıldız, H. & Öztekin, A. (2010a). Studies on Determining By-catch Ratio and Bottom Gill Net Selectivity in north Aegean Sea. Project Report. TÜBİTAK 106Y021. (in Turkish).
- Ayaz, A., Ünal, V., Acarlı, D. & Altınağaç, U. (2010b). Fishing Gear Losses in the Gökova Special Environmental Protection Area (SEPA), eastern Mediterranean, Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 26, 416-419. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2009.01386.x
- Aydın, İ., Gökçe, G. & Metin, C. (2008). The Effects of Netting Twine on Discard Rates of Commercial Red Mullet Gillnets in İzmir Bay. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8, 373-376.
- Aydın, İ., Gökçe, G. & Metin, C. (2013). Using Guarding Net to Reduce Regularly Discarded Invertebrates in Trammel Net Fisheries Operating on Seagrass Meadows (*Posidonia oceanica*) in İzmir Bay (Eastern Aegean Sea). *Mediterranean Marine Science*, 14(2), 282-291.
- Bilgin, S. & Çelik, E.S. (2009). Age, Growth and Reproduction of the Black Scorpionfish, *Scorpaena porcus* (Pisces, Scorpaenidae), on the Black Sea coast of Turkey. *Journal of Applied Ichthyology*, 25, 55-60. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2008.01157.x
- Ghorbel, A.O., Bradai, M.N. & Bouain, A. (2002). Spawning Period and Sexual Maturity of *Symphodus (Crenilabrus) tinca* (Labridae) in Sfax Coasts (Tunisia). *Cybiurn*, 26(2), 89-92 (in French).
- Guland, J.A. (1983). Fish Stock Assessment. A Manual of Basic Methods. 225p.
- Hamley, J.M. (1975). Review of Gillnet Selectivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(11), 1943-1969. DOI: 10.1139/f75-233
- Holt, S.J. (1963). A Method for Determining Gear Selectivity and Its Application. Convention for the Northwest Atlantic Fisheries Special Publication, 5: 106-115.
- Hovgaard, H. & Lassen, H. (2000). Manual on Estimation of Selectivity for Gillnet and Longline Gears in Abundance Surveys. FAO Fisheries Technical Paper No:397, Rome, FAO, p. 84.
- İlkyaz, A.T. (2005). Determining Selectivity Parameters of Gillnets with Direct Estimation Method. PhD Thesis: İzmir: Ege University. 131p. (in Turkish).
- İşmen, A., Özekinci, U., Özen, Ö., Ayaz, A., Altınağaç, U., Yiğın, C.Ç., Ayyıldız, H., Cengiz, Ö., Arslan, M., Ormanlı, H.B., Çakır, F. & Öz, M.İ. (2010). Determining Bio-ecology and Population Dynamics of Demersal Fishes in Saros Bay. Project Report. TÜBİTAK 106Y035. (in Turkish).
- JICA. (1993). Report of Demersal Fisheries Resources Survey in the Republic of Turkey.
- Karakulak, F.S. & Erk, H. (2008). Gillnet and Trammel net Selectivity in the northern Aegean Sea, Turkey. *Scientia Marina*, 72: 527-540. DOI: 10.3989/scimar.2008.72n3527
- Kelleher, K. (2005). Discards in the World's Marine Fisheries. An update. FAO Fisheries Technical Paper. Roma. ISBN: 92-5-105289-1.
- Kınacıgil, H.T., İlkyaz, A.T., Ayaz, A., Akyol, O. & Altınağaç, U. (2000). Research on Effects of Gillnets on Fish Populations in Central Aegean Sea. Project Report, TÜBİTAK 198Y023. (in Turkish).
- Kınacıgil, T.H., İlkyaz, T.A., Metin, G., Ulaş, A., Soykan, O., Akyol, O. & Gurbet, R. (2008). Determining the first reproduction length, age and growth parameters of Aegean Sea demersal fish for the regulation of fisheries management, (in Turkish). The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBİTAK) 103Y132, Final Report, İzmir, 327 pp.
- Koca, H.U. (2002). A Study on the Determination of Some Parameters of the Scorpion Fish (*Scorpaena porcus* Linne, 1758) Caught by Bottom Nets in the Area of Sinop in Terms of Fishery Biology. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26: 65-69. (in Turkish).
- Kolding, J. & Skålevik, Å. (2011). PasGear 2. A Database Package for Experimental or Artisanal Fishery Data. Version 2.5.
- Martin, P., Sartor, P. & Garcia-Rodriguez, M. (1999). Exploitation patterns of the European hake *Merluccius merluccius*, red mullet *Mullus barbatus* and striped red mullet *Mullus surmuletus* in the western Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology*, 15: 24-28. DOI: 10.1046/j.1439-0426.1999.00125.x
- Metin, C., Lök, A. & İlkyaz, T.A. (1998). The Selectivity of Gillnet in Different Mesh Size for *Diplodus annularis* (Linn., 1758) and *Spicara flexuosa* (Rafinesque, 1810). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15, 293-303. (in Turkish).
- Millar, R.B. (1992). Estimating the Size-Selectivity of Fishing Gear by Conditioning on the Total Catch. *Journal of the American Statistical Association*, 87(420): 962-968. DOI: 10.1080/01621459.1992.10476250
- Millar, R.B. & Fryer, R.J. (1999). Estimating the Size-selection Curves of Towed Gears, Traps, Nets and Hooks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9: 89-116. DOI: 10.1023/A:1008838220001
- Millar, R.B. & Holst, R. (1997). Estimation of Gillnet and Hook Selectivity Using Log-linear Models. *ICES Journal of Marine Science*, 54, 471-477. DOI: 10.1006/jmsc.1996.0196
- Papaconstantinou, C. & Farrugio, H. (2000). Fisheries in the Mediterranean. *Mediterranean Marine Science*, 1(1), 5-18. DOI: 10.12681/mms.2
- Reis, E.G. & Pawson, M.G. (1992). Determination of Gill-net Selectivity for Bass (*Dicentrarchus labrax* L) Using Commercial Catch Data. *Fisheries Research*, 13, 173-187. DOI: 10.1016/0165-7836(92)90025-O
- Sbrana, M., Belcari, P., De Ranieri, S., Sartor, P. & Viva, C. (2007). Comparison of the Catches of European hake (*Merluccius merluccius*, L. 1758) Taken with Experimental Gillnets of Different Mesh Sizes in the northern Tyrrhenian Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina*, 71, 47-56. DOI: 10.3989/scimar.2007.71n147
- Stergiou, K.I. & Erzini, K. (2002). Comparative Fixed Gear Studies in the Cyclades (Aegean Sea): Size Selectivity of Small-hook Longlines and Monofilament Gill nets. *Fisheries Research*, 58, 25-40. DOI: 10.1016/S0165-7836(01)00363-0
- Tuset, V.M., García-Díaz, M.M., González, J.A., Lorente, M.J. & Lozanoc, I.J. (2005). Reproduction and Growth of the Painted Comber *Serranus scriba* (Serranidae) of the Marine Reserve of Lanzarote Island (Central-Eastern Atlantic), Estuarine. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 335-346. DOI: 10.1016/j.ecss.2005.02.026
- Whitehead, P.J.P., Bauchot, M., Hureau, J.C., Nielsen, J. & Tortonese, E. (1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean, Volume I, II and III, UNESCO, Paris, Paris.
- Zorica, B., Sinovčić, G., Pallaoro, A. & Čikeš, Keč V. (2006). Reproductive Biology and Length-Weight Relationship of Painted Comber, *Serranus scriba* (Linnaeus, 1758), in the Trogir Bay Area (Middle-eastern Adriatic). *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 260-263. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2006.00632.x

KISA ARAŞTIRMA

SHORT COMMUNICATION

Sürmene kıyılarında (Trabzon, Karadeniz) mezgıt (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) avcılığında kullanılan derin su serpme ağının av verimi

The catching efficiency of deep cast net used for catching whiting (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) in Sürmene coast, Trabzon (Black Sea)

Mustafa Emanet¹  • Adnan Ayaz^{2*} 

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 17020 Çanakkale, Türkiye

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Fakültesi, 17020 Çanakkale, Türkiye

* Corresponding author: adnanayaz@comu.edu.tr

Received date: 02.04.2018

Accepted date: 25.05.2018

How to cite this paper:

Emanet, M. & Ayaz, A. (2018). The catching efficiency of deep cast net used for catching whiting (*Merlangius merlangus* Linnaeus, 1758) in Sürmene coast, Trabzon (Black Sea). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 327-333. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.13

Öz: Bu çalışmada, Trabzon ili Sürmene kıyılarında yaz ve sonbahar mevsiminde küçük balıkçılar tarafından mezgıt (*Merlangius merlangus*) avcılığında yaygın olarak kullanılan derin su serpme ağının (çarmıklı serpme) kullanım yoğunluğunu ve av verimini incelemek amaçlanmıştır, dört farklı balıkçı barınağında bu avcılık ile uğraşan 26 balıkçı teknesi ile 2016 ve 2017 sezonunda anketler yapılmıştır. Buna ek olarak, derin su serpme ağının yaygın olarak kullanıldığı bu bölgede 12 ay boyunca aylık örneklemeler gerçekleştirilerek bu ağın bölgedeki av verimi de belirlenmiştir. Balıkçıların beyanlarına göre, 2016 ve 2017 yıllarında 50 günün üzerinde av yaptıkları, her denize çıktıklarında bu av için 6 litre'nin üzerinde yakıt tükettikleri ve operasyon başına ortalama 1,2±0,1 kg/operasyon balık yakaladıkları belirlenmiştir. Denemelerde ise av verimi balıkçıların belirttiği av sezonunda 1,9±0,2 kg/operasyon hesaplanmıştır. Tüm yıl için bu değer 1,1±0,1 kg/operasyon olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonucunda, bu av aracının tüm Karadeniz sahilinde kullanım durumunun araştırılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Derin su serpme ağı, Sürmene, av verimi,

Abstract: In this study, it was aimed to investigate the usage intensity and catching efficiency of deep water cast net for catching whiting (*Merlangius merlangus*) which is commonly used by small scale fishermen in summer and autumn seasons on the coast of Sürmene town of Trabzon city, questionnaires were performed with 26 fishermen who used this gear in 2016 and 2017 fishing season of this gear. In addition, monthly sampling was carried out to determine the catching efficiency of this gear for 12 months in this region where deep water cast net is widely used. According to the statements made by the fishermen in the surveys, it was determined that fishermen are overboard in more than 50 days, consume more than 6 liters of fuel per fishing operation when they go to the sea and catch at least 1.2±0.1 kg fish per operation. In the experiment, 1.9±0.2 kg was calculated during the fishing season specified by fishermen. As a result of the study, it is clear that this fishing methods need to be investigated for the whole Black Sea coast.

Keywords: Deep water cast net, Sürmene, catching efficiency,

GİRİŞ

Serpme ağları genel olarak, balığın üzerine atılan veya bırakılan ağlardır (Anonim, 2008). Bu ağlar su ürünleri mevzuatında balığın üsten atılan ağ ile kapatılması ve ağ içinde kalmasını sağlayan istihsal vasıtası olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 1995). Genel tanımı ise su içerisinde paraşüt gibi açılarak atıldığı alandaki mevcut balığın üzerine kapatılarak çevrelediği alan içerisindeki balıkları avlayan av aracı olarak yapılmaktadır. Serpme, ağların sınıflandırmasında kapama ağları sınıfı içerisinde yer almaktadır. Serpme ağlarının yapısı, avlanacak balık türüne ve kullanıldığı su ortamına göre farklılık gösterir. Serpme ağlar büzmeli, sade, cepli (dere serpmesi),

çarmıklı (derin su serpme ağı), merkezi ipli ve merkezi ipsiz serpme ağları olmak üzere altı gruba ayrılır (Anonim, 2008).

Dünyada, derin su serpme ağları ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamakla birlikte, Gabriel vd. (2008), dünyada balık yakalama yöntemleri (Von Brandt's Fish Catching Methods of the World) adında yazdığı kitapta bu avcılığa değinmiştir.

Türkiye'de serpme ağları, daha çok iç sular ve kıyısız alanlarda kullanılmakta olup, özellikle amatör avcılar tarafından derelerde, kayalık dere ağızlarında, sığ deniz ve göl kıyılarında ve kumluk sığ sularda avcılık yapmak amacıyla

arasında olduğu belirlenmiştir. Teknelerde genelde çalışan kişi sayısının 1 olduğu belirlenmiştir (sadece 2 teknede 2 kişi çalışmaktadır). Bu teknelerin anketlerde verdikleri ortalama günlük yakıt tüketimleri 2016 yılında $5,3 \pm 0,3$ litre, 2017 yılında $5,3 \pm 0,3$ litre olarak belirlenmiştir. Ortalama denize çıktıkları gün sayısı 2016 yılında $58 \pm 4,5$ gün, 2017 yılında ise bu sayının $52,8 \pm 4,7$ gün olduğu anket sonuçlarından elde edilmiştir.

Balıkçıların sezon içinde operasyon başına ortalama av verimleri beyanlara göre belirlenmiştir. Bu değer operasyon başına 2016 yılında $1,03 \pm 0,1$ kg, 2017 yılında ise $1,12 \pm 0,1$ kg olarak balıkçılar tarafından beyan edilmiştir.

Tablo 1'de bölgede derin su serpmeye ağı avcılığı yapan teknelerin özellikleri ve çalışan kişi sayıları verilmiştir. 7 m ve üzeri boya sahip teknelerde beygir güçleri oldukça fazla değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

Tablo 1. Teknelerin özellikleri ve çalışan personel sayıları
Table 1. Features of the boats and number of crew working on boats

Tekne No	Boy (m)	Balık bulucu	Donanım (Ağ makarası)	HP	Çalışan Kişi Sayısı
1	5,5	var	var	10	1
2	6	yok	yok	13	1
3	6,1	var	var	13	1
4	5,5	var	var	35	2
5	5	var	yok	13	1
6	7,5	var	var	75	2
7	5	yok	yok	9	1
8	6	var	yok	13	1
9	7	yok	var	13	2
10	8	var	var	100	1
11	6,73	var	var	13	1
12	4,95	yok	yok	9	1
13	5,55	yok	var	13	1
14	7,8	var	var	75	1
15	6	var	var	13	1
16	8,6	var	var	75	1
17	5	yok	var	13	1
18	6,5	var	var	9	2
19	9	var	var	26	1
20	5	var	yok	10	1
21	7,3	var	var	13	1
22	7,1	yok	var	22	2
23	5	yok	var	10	1
24	10	var	var	100	2
25	8	var	var	85	2
26	5	yok	var	17	1

2016 ve 2017 yıllarında 50 günün üzerinde av yaptıkları, her denize çıktıklarında bu av için 6 litre yakıt miktarının üzerinde yakıt tükettikleri ve operasyon başına minimum $1,2 \pm 0,1$ kg balık yakaladıklarını beyan etmişlerdir.

Balıkçılar serpmeye avcılığı sezonunda sabah 6:00 ve 9:00 saat aralığında, akşam 15:00 – 19:00 saat aralığında denizde bu av operasyonlarını gerçekleştirdiklerini görüşmelerde belirtmişlerdir. Ayrıca 1 operasyonun 20 dakika zaman aldığını söylemişlerdir. Bu durumda, denize çıktıkları günde 15 -20 operasyon gerçekleştirebilmekte oldukları ortaya çıkmıştır. Bu durumda her balıkçı anket beyanlarına göre minimum yaklaşık 20 kg balık avladığı belirlenmiştir. Sezonda denize çıktıkları gün sayısı da hesaba katıldığında her tekne ortalama 1 ton mezgit balığı avladığını beyan etmiştir.

Anketlerde balıkçılara avcılık ile ilgili problemleri de sorulmuştur. Bu problemlerin başında, akıntıdan dolayı takımın dibe inerken çalışmaması gelmiştir. Bunun yanında dip yapısının ağı zarar vermesi, balık miktarında azalma ve balığın düşük fiyat yapması da problemler arasında sayılmıştır. Şekil 5'te avcılık problemlerinin % dağılımları verilmektedir.



Şekil 5. Avcılık problemleri
Figure 5. The problems of fishing

Çalışmada derin su serpmesi ile her ay 10 örnekleme olmak üzere 1 yıl içinde toplamda 120 adet av operasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu operasyonlarda, toplam 129,7 kg balık yakalanmıştır. Tablo 2'de aylara göre avcılık operasyonlarından elde edilen balık miktarları verilmiştir.

Tablo 2 incelendiğinde, bu avcılığın sezonunun Yaz mevsimi ile Sonbahar mevsimi olduğu görülmektedir. Kış ve İlkbahar mevsiminde av veriminin düşük olduğu görülmektedir. Operasyonlar sonucunda elde edilen balıkların ortalama boy ve ağırlıkları incelendiğinde aylara göre önemli bir değişkenlik göstermediği görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 2. Aylara göre avcılık operasyonlarından elde edilen balık miktarları (kg)
Table 2. The amount of fish caught in fishing operations according to the months (kg)

Çekim No	AYLAR											
	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
1	1	3	2,9	5	2	0,5	0,7	0,5	0,2	0,3	0,1	2
2	1	5	1	5,9	1	2	1	0,25	0,1	0,2	0,2	0,1
3	0,8	2	6	5	3	1	0,5	1	0,5	0,3	1	0,1
4	0,5	2,75	3,9	4	1	1,5	0,75	0,7	0,3	1	0,2	0,9
5	0,2	3	2	2,5	2	0,5	0,25	0,4	0,4	0,1	0,2	1
6	2	0,25	0,5	0,1	0,5	1	0,1	0,2	0,5	0,1	0,1	0,6
7	1	1	0,1	1,5	2	1	0,25	0,8	0,25	0,2	0,3	0,1
8	0,5	1	0,1	2,5	1	0,5	0,75	0,25	0,1	0,2	0,2	1
9	2	1	1,5	2	1	0,2	0,6	0,4	0,25	0,1	0,1	1,2
10	2	1	1	1,5	0,5	1	0,1	0,5	0,4	0,5	0,1	1
Toplam	11	20	19	30	14	9,2	5	5	3	3	2,5	8
Ortalama	1,1±0,2	2±0,5	1,9±0,6	3±0,6	1,4±0,3	0,92±0,2	0,5±0,1	0,5±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1	0,25±0,1	0,8±0,2

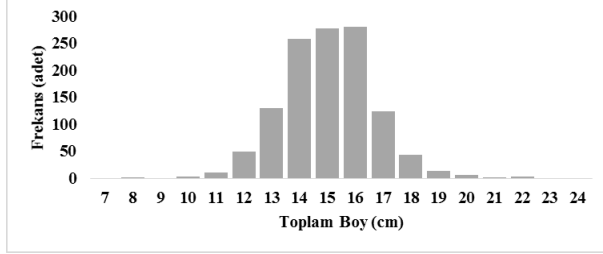
Tablo 3. Denemelerde aylara göre yakalanan mezgit balıklarının minimum, maksimum, ortalama boy ve ağırlık değerleri
Table 3. The minimum, maximum, average length and weight values of whiting caught according to the month in the experiments

Aylar	N (adet)	Minimum Boy (cm)	Maksimum Boy (cm)	Ortalama Boy (cm)	Minimum Ağırlık (g)	Maksimum Ağırlık (g)	Ortalama Ağırlık (g)
Haziran	100	11,5	18	14,6±0,1	10,6	30,4	21,5±0,4
Temmuz	100	10	22	15,8±0,2	11,3	53,2	23,8±0,8
Ağustos	100	11,1	20,5	14,9±0,1	9,27	49,63	25,1±0,7
Eylül	100	7,9	20,1	14,9±0,1	3,56	55,32	26,2±0,9
Ekim	100	9,5	18,9	13,8±0,2	7,9	41	18,4±0,7
Kasım	100	10,5	17,6	14,0±0,1	8,1	36,6	18,6±0,5
Aralık	100	10,6	18,2	14,0±0,1	9,1	39,5	18,5±0,5
Ocak	100	11,2	18	14,6±0,1	1,3	41,2	21,9±0,5
Şubat	100	11,3	19,2	14,8±0,1	9,9	47,6	22,2±0,7
Mart	100	10,9	18,1	15,0±0,1	9,4	40,1	25,3±0,6
Nisan	100	12,1	19,5	14,8±0,1	14,1	53,1	22,5±0,6
Mayıs	100	9,9	21,2	13,8±0,1	7,1	48,6	19,7±0,6
Genel	1202	7,9	22	14,5±0,04	3,56	55,32	21,9±0,2

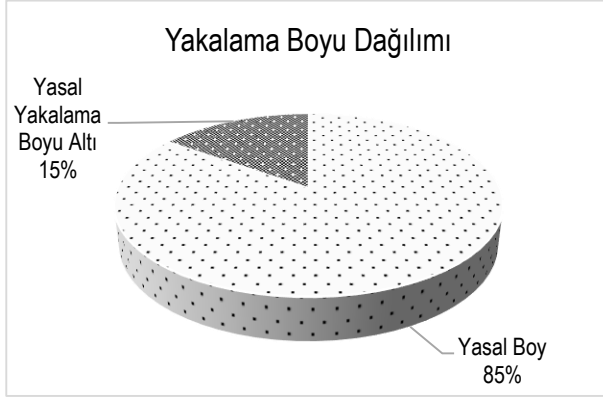
Denemelerde 10 operasyon sonucunda elde edilen balıklardan rastgele örnekleme yapılarak 100 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerin boy ve ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler sonucu elde edilen balıkların genel boy dağılımları Şekil 6'da verilmiştir. Çalışmada yakalanan balıkların yasal ve yasal olmayan boy dağılımları da değerlendirilmelere alınmıştır.

Her ay rastgele alınan ölçümler birleştirilmiş ve elde edilen ölçümler içinden yasal boyda olmayan balıkların sayısı ayıklanarak, bu oran belirlenmiştir (Şekil 7). Bu oranlara göre serpm ağının mezgit balığı için yasal boyda balıkları yakalama oranı % 85 olarak belirlenmiştir.

Denemeler sonucunda, serpmeye ağı ile hedef dışı av olarak, 6 adet barbun (*Mullus barbatus*) balığı yakalanmıştır. Sayı az olduğu için bu balıklar değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 6. Bir yıllık örneklemeden elde edilen balıkların boy dağılımları
Figure 6. Size distributions of fish obtained from a year sampling



Şekil 7. Serpme avcılığında elde edilen balıkların yasal boy dağılımları
Figure 7. Legal size distributions of the fishes caught by cast net

Çalışmada Haziran – Ekim ayları arasında yapılan serpmeye örneklemelerinde sezon için ortalama $1,9 \pm 0,2$ kg/operasyon balık yakalanmıştır. Bu av için günlük mazot sarfiyatına da dikkat edilmiştir. Operasyonlarda 13 HP motor gücünde tekne, motor durdurulmaksızın kullanılmış ve günlük olarak yaklaşık ortalama 5 litre mazot sarfiyatı yapılmıştır.

Deniz çalışmalarında serpmeye ağı ile her ay 10 operasyon olmak üzere toplamda 120 adet örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bu örneklemeler sonucunda ortalama yıl boyunca av verimi $1,1 \pm 0,1$ kg/operasyon olarak belirlenmiştir.

TARTIŞMA

Bu avcılığın Ordu ilinden itibaren Rize ili kıyıları dahil olmak üzere yapıldığı bilindiğine göre, Doğu Karadeniz Bölgesi için önemli bir av aracı olduğu görülmüştür. Av aracının maliyetinin düşük olması, az yakıt sarfiyatı gerektirmesi, düşük insan gücüne ihtiyaç duyulması ve kullanımının diğer av araçlarına göre de kolay olmasından dolayı bölge balıkçısına oldukça fazla avantaj sağladığı görülmüştür.

Boyları 7 m' den küçük olan teknelerde günlük yakıt sarfiyatı 5,5 litre civarında iken 7 m' den büyük teknelerde günlük yakıt sarfiyatı 8 litre civarında olduğu belirlenmiştir. Bu

teknelerin av verimleri de sırası ile operasyon başına ortalama av verimleri 1,1 ve 1,5 kg/operasyon olarak beyan edilmiştir. Günlük av miktarları bu teknelerin küçük boylar için minimum 18 kg, büyük boylar için 26 kg olduğu hesaplanmıştır. Ortalama av verimleri de iki sezon için 1,25 kg/operasyon olarak belirlenmiştir.

Paralel yürüyen deniz çalışmalarında ise 1,9 kg/operasyon av verimi elde edilmiştir. Bu çalışma ile balıkçıların beyan ettikleri av verimi arasında ortalama operasyon başına 0,65 kg av verimi farkı bulunmaktadır. Bu farklılığın balıkçıların av verimi için araştırmacılara karşı temkinli cevap vermelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmada, kullanılan tekne, 13 HP motor gücünde ve operasyon boyunca motor durdurulmaksızın kullanılmıştır. Buna rağmen motorun yakıt sarfiyatı 5 litre civarında olmuştur. Balıkçıların çoğu operasyonlarda gerekmedikçe motoru kapalı tuttuğu gözlenmiştir. Anketlerde balıkçıların yakıt sarfiyatlarını fazla, av verimlerini düşük gösterdikleri ortaya çıkmıştır.

Denemelerde Haziran ve Ekim ayları dahil operasyon başına av veriminin 1 kg ve üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Diğer aylarda ise av verimi oldukça fazla aşağıya düşmüştür. Yapılan araştırmalarda, mezgıt balığının genellikle 30 – 100 m derinlikteki sahil sularında bulundukları, ilkbaharda 15 – 30 m derinliklere geldikleri, sonbaharda ise 80 – 100 m derinlikteki sulara geldikleri belirtilmiştir (Aydın vd., 2008; Slstenenko, 1956; Fischer vd., 1987). Bu durum av veriminin neden ilkbahar ve sonbaharda düşük ve yüksek olduğunu açıklamaktadır. 30 m derinlikten daha sığ sularda bu av aracı yeteri kadar ağızını açmadığından dolayı av verimi az olmamakta, derin sularda da yeteri kadar balık bulunmamaktadır. Sonbahar mevsiminde ise balık derin sulara göç ettiği için dolayı av miktarı yükselmektedir. Muhtemelen, kış sezonunda ise balıklar bir miktar daha derine göç ediyor olmalarından, ya da havaların fırtınalı gitmesine bağlı olarak akıntının fazla olmasından takımın iyi çalışmaması av verimini düşürüyor olması muhtemel bir durumdur.

Bilgin vd. (2012), dişiler için ilk üreme boyunu 14,6 cm, erkekler için ise 19,9 cm olarak hesaplamışlardır. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı "4/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğde" mezgıt balığı için minimum avlama boyunu 13 cm olarak vermiştir. Çalışma süresince avlanan mezgıt balıklarının ortalama boyunun yasal avcılık boyundan yukarıda, ancak bu balığın ilk üreme boylarından ise düşük olduğu görülmektedir. Bu durum Doğu Karadeniz mezgıt stoklarının ne denli tehlikede olduğunu da ortaya koymuştur.

Denemelerde tebliğdeki minimum avlanma boyu dikkate alınarak, yasal boyun altında avcılık boyu, toplam av miktarı içinde % 15 olarak gerçekleşmiştir. Kalaycı ve Yeşilçiçek (2014), Doğu Karadeniz'de, 16, 18, 20 ve 22 mm göz genişliğinde uzatma ağları ile yaptıkları çalışmada, yakaladıkları mezgıt balıklarının % 13,27 sinin yasal yakalama boyunun altında olduğunu belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar

bu uzatma ağlarının yakaladığı hedef ve hedef dışı av oranları ile benzerlik göstermektedir.

Öztaş ve Balık (2012), Doğu Karadeniz'de Ordu ve Giresun kıyıları arasında 3 bölgede, 16, 17 ve 18 mm göz genişliğine sahip uzatma ağları ile yaptıkları çalışmada, yıllık ortalama av verimini 16,7 - 20 ve 25, 9 g/m olarak hesaplamışlardır. 1 posta ağ olarak bu değerleri değerlendirdiğimizde, bu av veriminin ağ başına 1,6 kg/posta ile 2,59 kg/posta arasında değiştiğini bulmuşlardır. Yaptığımız çalışmada av sezonunda ortalamanın 1,9 kg/operasyon, yıllık ise 1,1 kg/operasyon olarak gerçekleşmiştir. 1 günlük serpmeye ile av sonucunda (20 operasyon gerçekleştirildiği varsayılırsa) toplam av, sezon için 38 kg/gün, tüm yıl için ise ortalama 22 kg/gün olarak hesaplanacaktır. Bu av miktarı da uzatma ağları ile 10 posta ağın yapacağı av verimine karşılık geldiği belirlenmiştir.

Çiloğlu vd. (2002), trol ile Doğu Karadeniz'de yaptıkları çalışmada, mezgıt balığının yıl boyunca 30 m derinlikte $0,0025 \pm 0,00083$, 60 m derinlikte $0,0042 \pm 0,00072$, 80 m derinlikte $0,0087 \pm 0,0038$ ve tüm derinlikler için ise $0,0051 \pm 0,0018$ kg/m² olarak belirlemişlerdir.

KAYNAKÇA

- Anonymous (1995). Water Products regulation (In Turkish). Official Newspaper Date: 10.03.1995, Issue: 22223. Retrieved from <http://www.resmigazete.gov.tr>
- Anonymous (2008). Castnet fishing (In Turkish). Strengthening the vocational education and training system project (MEGEP). Retrieved from <http://www.megep.meb.gov.tr/Default.aspx?page=moduller>.
- Anonymous (2016) Notification numbered 4/2 about regulation for amateur purpose fisheries. Retrieved from https://www.tarim.gov.tr/BSGM/Duyuru/65/4_2-Numarali-Amator-Amacli-Su-Urunleri-Avciliginin-Duzenlenmesi-Hakinda-Tebliğ (15.08.2016)
- Aydın, İ., Eroğlu, O., & Küçük, E. (2008). Demersal fishes of the Black Sea (In Turkish). *SUMAE Yunus Araştırma Bülteni*, 8(2), 4-8.
- Bilgin, S., Bal, H. & Taşçı, B. (2012). Length Based Growth Estimates and Reproduction Biology of Whiting, *Merlangius merlangus euxinus* (Nordman, 1840) in the Southeast Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 12, 871-881. DOI: 10.4194/1303-2712-v12_4_15
- Çiloğlu, E., Şahin, C., Gözler, A.M.,- & Verap, B. (2002). Vertical Distribution and ratio of Whiting fish (*Merlangius merlangus euxinus* Nordmann, 1840) in the total catch on the Eastern Black Sea Coasts. (In Turkish). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 19(3-4), 303 – 309.

Yaptığımız çalışmada ise maksimum 43,69 m²'lik bir alanı tarayan serpmenin yıl boyu operasyon ortalaması 2017 yılı için $1,1 \pm 0,1$ kg ($0,0252$ kg/m²) olarak belirlenmiştir. Bu durumda, çalışmanın yapıldığı 2002 yılı olduğu da düşünüldüğünde balık miktarının ortamda daha fazla olması da muhtemel bir durumdur. Trol av veriminin bu av aracından çok düşük miktarda metrekaşe başına av yapması, mezgıt balığının trol ağından kaçmasından kaynaklanmış olabilir.

Anketlerde bu avcılığın Giresun İle Rize illeri arasında yapıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Araştırmanın sonucu olarak, bu av aracının tüm Karadeniz sahilinde kullanım durumunun araştırılması, mezgıt avcılığı için seçicilik çalışmalarının yapılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, mezgıt için bu av aracının iyi bir örnekleme aracı olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Anketlere katılarak çalışmaya destek veren Balıklı, Yeniay, Çamburnu ve Zarha balıkçı barınaklarındaki bulunan tekne reislerine katkılarından dolayı teşekkürü borç biliriz. Bu makale Mustafa Emanet'in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

- Fischer, W., Bauchot, M.-L. & Schneider, M. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et Invertébrés. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. Rome, FAO, Vo1.1:760 p.
- Gabriel, O., Lange, K., Dahm, E. & Wendt, T. (Eds.) 2008. Von Brandt's Fish catching methods of the world. Blackwell, Oxford, UK, 536 pp.
- Kalaycı, F. & Yeşilççek, T. (2014). Effects of Depth, Season and Mesh Size on the Catch and Discards of Whiting (*Merlangius merlangus euxinus*) Gillnet Fishery in the Southern Black Sea, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14, 449-456. DOI: 10.4194/1303-2712-v14_2_15
- Öztaş, M. & Balık, İ. (2012). Comparison of CPUEs For Catching Whiting (*Merlangius merlangus* (Linnaeus, 1758)) Caught by Gillnets From Three Different Areas in the Southeast Black Sea (OrduGiresun) (In Turkish). *Journal of FisheriesSciences. com* 6(4), 287-296.
- Slastenenko, E. (1956). Black Sea Basin Fishes. (In Turkish) Translated by Altan, H.E. from Russian to Turkish, E.B.K. Umum Müdürlüğü, İstanbul, 711 s.

DERLEME

REVIEW

Balıklarda viral ensefalopati ve retinopati

Viral encephalopathy and retinopathy in fishes

A.Erdem Dönmez^{1*} • Doruk Yılmaz¹

¹ Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yenişehir Kampüsü, 33160, Mersin, Türkiye

* Corresponding author: edonmez@mersin.edu.tr

Received date: 09.03.2018

Accepted date: 30.04.2018

How to cite this paper:

Dönmez, A.E. & Yılmaz, D. (2018). Viral encephalopathy and retinopathy in fishes. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 335-342.
DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.14

Öz: Viral hastalıklar, hem su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı hem de doğal sucul ortamlarda biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından her zaman önemli sınırlayıcı faktörlerden birisi olmuştur. Virüslerin balıklarda bazı hastalıklara neden olduğu uzunca bir süredir düşünülmekle birlikte, hücre kültürlerinin kullanılmaya başlanmasına kadar kesin tanıları gerçekleştirilememiştir. Viral nervöz nekroz olarak da adlandırılan balık viral ensefalopati ve retinopati (VER) ise dünyanın pek çok yerinde özellikle deniz kültür balıkçılığı için önemli viral kökenli hastalıklardan birisi olarak kabul edilmektedir. Nodavirüslere dahil olan virüs, larva ve juvenil bireylerde daha etkili olmakla birlikte yetişkin formlarda da hastalık oluşturabilmektedir. Yetiştiricilik sektöründe özellikle son yıllarda önemli kayıplara yol açmış ve küresel ısınma tehdidi nedeniyle de gittikçe daha önem kazanacağı tahmin edilen bir enfeksiyon halini almıştır. Bu derlemede; balıkların önemli viral hastalıklardan biri olarak değerlendirilen bu enfeksiyona ilişkin bilgiler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Nodavirüs, viral ensefalopati retinopati, deniz balıkları, enfeksiyon,

Abstract: Viral diseases have always been one of the limiting factors in the sustainability of biodiversity, both in the aquaculture and in the natural aquatic environment. Although viruses are thought to be to cause some diseases in fish for a long time, exact diagnosis has not been achieved until the use of cell cultures has begun. The viral encephalopathy and retinopathy (VER) also known as viral nervous necrosis is considered one of the most important viral diseases in the world, especially for marine aquaculture. The virus belonging nodaviruses is more effective on larvae and juvenile individuals and can also cause infection in adult forms. In the aquaculture sector, especially in recent years has led to significant loss and also expected to become increasingly important due to the threat of global warming. In this review, information about this infection which is considered to be one of the major viral diseases of fish has been presented.

Keywords: Nodavirus, viral encephalopathy and rethinopathy, marine fishes, infection,

GİRİŞ

Doğal stokların azalması ve balık tüketim talebinin artması ile beraber, son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliği hızlı bir büyüme eğilimi göstermiş ve 2015 yılında dünya genelinde yaklaşık 77 milyon ton civarında bir verim elde edilmesi sağlanmıştır (Zhou, 2017). Yetiştiricilik sektörü, günümüzde gıda üretim endüstrisinin en hızlı gelişen sektörlerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Bu sektör içerisinde, piyasa talebi ve ekonomik değer bakımından önemli bir yere sahip olan deniz balıkları yetiştiriciliği de belirgin düzeyde artış göstermektedir. Fakat bu hızlı gelişim ve yoğun üretim tarzı, yetiştirilen balık türlerinde farklı etkenlere bağlı bulaşıcı hastalıkların da artışına neden olmaktadır. Viral hastalıklar hem su ürünleri yetiştiriciliğinin yapıldığı hem de doğal ortamlardaki biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği açısından her zaman önemli düzeydeki sınırlayıcı faktörlerden birisi olmuştur. Günümüzde balıkların farklı coğrafi bölgelerde yaşayan farklı cinslerinden DNA ve RNA taşıyan pek çok virüs izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (OIE), yayılma riskleri nedeniyle

izole edilen bazı virüslerin ve oluşturdıkları hastalıkların bildirimini zorunlu tutmaktadır. Bu hastalıklar; epizootik hematopoetik nekroz (ranavirus), enfeksiyöz hematopoetik nekroz (novirhabdovirus), enfeksiyöz salmon anemisi (isavirus), koi herpesvirüs hastalığı (cyprinivirus), kırmızı fangri iridovirüs hastalığı (iridovirus), sazan bahar viremi (vesiculovirus) ve viral hemorajik sepsis (novirhabdovirus)'dir (Walker ve Winton, 2010; Kibenge vd., 2012). Viral nervöz nekroz olarak da adlandırılan balık viral ensefalopati ve retinopatisi (VER) de dünyanın pek çok yerinde özellikle deniz balıkları yetiştiriciliği açısından önemli viral hastalıklardan birisi olarak kabul edilmektedir. Nodavirüslere dahil olan virüs, balık larva ve juvenillerinde daha etkili olmakla birlikte ergin balıklarda da hastalık oluşturabilmektedir. Etken nöropatojenik bir karakter göstermekte ve en önemli lezyonlarını hücresel vakuolasyon ve sinir dejenerasyonu aracılığıyla merkezi sinir sisteminde ve retinada gerçekleştirmektedir (Totland vd., 1999; Johansen vd., 2004).

Bu derlemede; balıkların önemli viral hastalıklardan biri olarak kabul edilen viral ensefalopati ve retinopati hakkındaki bilgiler verilmiştir.

BALIK VİRÜSLERİ

Virüsler yalnızca canlı hücreler içerisinde çoğalabilen çok küçük enfeksiyöz ajanlar olmakla birlikte basit yapıları ve çoğalma şekilleri ile bakterilerden farklılık göstermektedir (Smail ve Munro, 2012). Yaklaşık büyüklükleri 20-400 nm arasında olup nükleik asit yapısında bir çekirdek ve etrafını saran protein bir kılıf (kapsid) ile en dışta varlığı değişkenlik gösteren lipoprotein içerikli bir zarftan oluşmaktadır. Kapsid kısmı, elektron mikroskopunda virüs yüzeyinde sivri ya da yuvarlak çıkıntılar şeklinde farkedilebilmektedir. Kabaca; küresel, kübik (ikosaedral), filamentöz, mermi, tuğla ya da kompleks formlarda gözlemlenebilirler. Nükleik asit, ya tek / çift iplikçikli DNA ya da RNA'dır (Bergman ve Fichtner, 2008). Virüslerin tanımlanmasında; DNA ya da RNA içermesi (tek ya da çift iplikçikli), kapsid simetrisi, zarfın bulunup bulunmaması, ortalama büyüklük, nükleik asidin moleküler ağırlığı, genomdaki guanin sitozin oranı, viral protein sayıları, moleküler ağırlıkları ve antijenik özellikleri ile ilaç, sıcak, soğuk ve tuzluluk dirençliliği gibi bazı morfolojik ve biyokimyasal özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır (Möller ve Anders, 1986). Virüslerin neden olduğu hastalıkların patojenitesi, görülen ölüm oranları ve ekonomik boyutu virüs türlerine göre de değişkenlikler göstermektedir (Workenhe vd., 2010). Su ortamı, daha dengeli bir ortam olmakla birlikte ortamdaki akıntılar virüslerin taşınımı bakımından aerosollerden daha zayıf bir etkinlik göstermektedir. Çok az sayıda balık virüsü vektör olarak arthropodları kullanmaktadır. Ayrıca su ortamında doğal rezervuar sayısı da daha azdır ve balıklar poikiloterm canlılar olduklarından sıcaklık açısından virüsün replikasyon hızı ile konak immun yanıtı da farklı düzeylerde etkilenmektedir. Balıklarda üreme sıvılarında da bol miktarda virüs bulunmakla birlikte doğrudan ebeveynlerden yavruya dikey bulaşma oranı daha düşüktür. DNA içeren herpesvirüsler ve iridovirüsler ile RNA içeren rabdovirüsler, birnavirüsler ve nodavirüslerin bu yolla bulaştıklarına dair kayıtlar bulunmaktadır. Balıklarda dikey bulaşma daha çok virüslerin yumurta yüzeyinde (transovum) ve yumurta içinde (transovaryal) yerleşmesi şeklinde gerçekleşmektedir (Brock ve Bullis, 2001; Walker ve Winton, 2010).

1980'lerden itibaren balıklarda virüs izolasyonu amacıyla hücre kültürlerinin kullanılmaya başlanması, modern balık virolojisinin gelişimine önemli katkılar sağlamıştır. Son yıllarda balık yetiştiriciliğinin hem tatlı hem de tuzlu sularda, üretim miktarlarının yanı sıra tür çeşitliliği bakımından da artmasıyla birlikte balıkçılık sektörü küresel ölçekte gelişim göstermeye başlamıştır. Söz konusu artış suda yaşayan virüs türlerinin balıklara bulaşması için yeni olanakların oluşmasını sağlamıştır (Crane ve Hyatt, 2011). Gerek tatlı sularda gerekse tuzlu sularda yaşayan balık türlerinde hastalık oluşturan en önemli virüs aileleri; Rhabdoviridae, Birnaviridae ve Herpesviridae aileleridir. Bunun yanı sıra Reoviridae, Coronaviridae, Picornaviridae, Adenoviridae, Papillomaviridae,

Paramyxoviridae, Retroviridae ve Iridoviridae'ye dahil virüslerin de önemli enfeksiyonlara neden oldukları tespit edilmiştir (Hetrick, 1989). 2016 yılında Kiberge ve Godoy, yetiştiriciliği yapılan balık türlerinde tanımlanan virüs gruplarını ve oluşan hastalıkları derlemişlerdir (Tablo 1).

Tablo 1. Yetiştiriciliği yapılan balıklarda tanımlanan virüs grupları ve oluşan hastalıklar (Kibenge ve Godoy, 2016)

Table 1. Virus groups and their diseases identified in fish farmed (Kiberge and Godoy, 2016)

	Virüs Grubu	Karakteristik Hastalık
1	Adenovirüsler	-
2	Alloherpesvirüsler	Koi herpesvirüs hastalığı (KHVD)
3	Birnavirüsler	Enfeksiyöz pankreatik nekroz (IPN)
4	Kalısivirüsler	-
5	Sirkovirüsler	-
6	Koronavirüsler	-
7	Hepevirüsler	-
8	Iridovirüsler/Irido benzeri virüsler	Lenfositis Viral eritrositik nekroz (ENV) Epizootik Hematopoetik Nekroz (EHN)
9	Nodavirüsler/Noda benzeri virüsler	Viral ensefalopati ve retinopati (VER)
10	Ortomiksovirüsler/Ortomikso benzeri virüsler	Enfeksiyöz salmon anemisi (ISA)
11	Papilloma/Polyomavirüsler	-
12	Paramiksovirüsler/Paramikso benzeri virüsler	Viral epitelyal nekroz
13	Pikomavirüsler	-
14	Poksvirüsler	Sazan ödem virüsü (CEVD)
15	Rabdovirüsler	Viral hemorajik sepsis (VHS) Sazan Bahar Viremisi (SVC)
16	Reovirüsler	-
17	Retrovirüsler/Retro benzeri virüsler	Viral eritrositik enfeksiyon (VEI)
18	Togavirüsler/Toga benzeri virüsler	Pankreas hastalığı (SPDV) (SDV)
19	Totivirüsler	Kardiomiopati sendromu (CMS)

Balıklarda viral hastalıklar gerek doğal ortamlarda gerekse kültür koşullarında epizootiler şeklinde görülebilmektedir. Bu durum önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. ABD'de enfeksiyöz salmon anemisi (ISA) ve sazan bahar viremisi (SVC)'nin yol açtığı kayıpların ekonomik boyutunun 20 milyon dolar civarında olduğu belirtilmiştir. Şili'de ise 2005-2010 yılları arasında enfeksiyöz salmon anemisi nedeniyle Atlantik salmону üretim miktarlarında 300.000 tonluk bir düşüş yaşandığı kaydedilmiştir (Salgado Miranda vd., 2013)

NODAVİRÜSLER - VİRAL ENSEFALOPATİ VE RETİNOPATİ (VER)

Nodavirüs üyeleri, kabuklu sucul canlıları ve balıkları enfekte edebilen alfa ve betanodavirüsler olmak üzere iki cinse sahiptirler (Cherif vd., 2009). Alfanodavirüsler; Nodamura Virus (NoV), Blackbeetle Virus (BBV), Flock House Virus (FHV), Boolarra Virus (BoV) izolatları olarak çoğunlukla böceklerden izole edilmişken, betanodavirüsler tatlı su ve deniz balıklarının çoğunlukla larva ve juvenil formlarından izole edilmişlerdir (Maltese ve Bovo, 2007). Dünyada Afrika kıtası dışında kalan

diğer tüm bölgelerden izolasyonları gerçekleştirilmiştir. Araştırmalar 40'tan fazla balık türünde nodavirüslerin etkili olduğunu belirlemiştir. Söz konusu türler arasında en fazla etkilenen türlerin yassı balık türleri ile Avrupa deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*) olduğu tespit edilmiştir (Bovo ve Florio, 2008; Hegde vd., 2003).

Bu virüsler, 25-34 nm çapında, küçük, zarfsız bir virion ile genomları 2 parçalı ve tek sarmallı bir RNA zincirinden meydana gelmektedir. Bazı araştırmacılar etkeni yaklaşık 5 nm'lik açık renkli bir katmanla çevrili 13-21 nm'lik elektron yoğun bir çekirdek yapı olarak tanımlamışlardır (Munday, 2003; Nishizawa vd., 2009). İki parçalı RNA'dan, RNA1 (3.1 kb) RNA polimeraz'a bağlı olduğu kabul edilen RNA'yı kodlarken, RNA2 (1.4 kb) öncü kapsid proteinini kodlamaktadır (Ucko vd., 2004; Chia vd., 2010). Farklı araştırmacılar, RNA2 segmentindeki T4 kapsid proteininin değişken bölgesinin nükleotid dizilerinin filogenetik analizi sonrasında virüsün farklı izolatlarını tanımlamışlardır. Bu izolatların sayılarını; Gagne vd., 2004 yedi adet, Vendramin vd., 2013 beş adet, Toffan vd., 2017 ise dört adet olarak belirtmişlerdir (Tablo 2). Nodavirüs izolatlarının coğrafi dağılımlarında, sıcaklığın konakçı türüne göre daha belirleyici bir faktör olduğu ileri sürülmektedir. Aslen deniz balıklarının patojen etkeni olarak kabul edilmekle birlikte *Oreochromis niloticus*, *Anguilla anguilla*, *Poecilia reticulata* ve *Parasilurus asotus* bazı tatlı su balıklarından da izole edilmişlerdir (Korsnes vd., 2005; Bigarre vd., 2009).

Tablo 2. Betanodavirüs izolatları
Table 2. Betanodavirus isolates

İzolat İsmi	Kaynak
1 Striped Jack Nervous Necrosis Virus (SJNNV)	Gagne vd., 2004; Vendramin vd., 2013; Toffan vd., 2017
2 Tiger Puffer Nervous Necrosis Virus (TPNNV)	Gagne vd., 2004; Vendramin vd., 2013; Toffan vd., 2017
3 Barfin Flounder Nervous Necrosis Virus (BFNNV)	Gagne vd., 2004; Vendramin vd., 2013; Toffan vd., 2017
4 Redspotted Grouper Nervous Necrosis Virus (RGNNV)	Gagne vd., 2004; Vendramin vd., 2013; Toffan vd., 2017
5 <i>Lates calcarifer</i> Encephalitis Virus (LcEV)	Gagne vd., 2004
6 <i>Dicentrarchus labrax</i> Encephalitis Virus (DIEV)	Gagne vd., 2004
7 Japanese Flounder Nervous Necrosis Virus (JFNNV)	Gagne vd., 2004
8 Turbot Nervous Necrosis Virus (TNNV)	Vendramin vd., 2013

Betanodavirüsler için optimum sıcaklık aralıkları, virüs izolatına ve balık türüne bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir. Optimum sıcaklıklar; SJNNV için 20-25 °C, BFNNV için 15-20 °C, TPNNV için 20 °C, RGNNV için ise 25-30 °C olarak tespit edilmiştir (Yanong, 2010). Nodavirüs enfeksiyonları; viral nervöz nekroz, ensefalomiyelit, ensefalopati ve retinopati gibi farklı isimlerle

tanımlanabilmektedir. Enfeksiyon ilk olarak Avustralya'da *Lates calcarifer* türü balıklarda bildirilmekle birlikte sonrasında *Oplegnathus fasciatus*, *Scophthalmus maximus*, *Dicentrarchus labrax*, *Epinephalus akara*, *Pseudocaranx dentex* *Liza ramada*, *Merlangius merlangus*, *Mugil cephalus*, *Mullus barbatus*, *Sparus aurata* gibi türlerde, Avrupa, Kuzey Amerika ve Asya kıtalarında da tespit edilmiştir (Skiris vd., 2001; Giacomello vd., 2013; Banerjee vd., 2014).

Ülkemizde de ilk betanodavirüs izolasyonunun 2011 yılında Mersin ilinde yetiştirilen levreklerden gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Özyer vd., 2014). Bazı araştırmacılar *Sciaena umbra* ve *Salmo salar*'larda etkenin hiçbir klinik belirti oluşturmadığını bildirmektedirler (Crane ve Hyatt, 2011; Shetty vd., 2012). Viral nervöz nekroz ismiyle de bilinen viral ensefalopati ve retinopati (VER), çoğunlukla deniz balıkları yetiştiriciliği koşullarında, özellikle de sıcak sularda salgınlara yol açabilen önemli viral hastalıklardan birisi olarak kabul edilmektedir. Yetiştiricilik sektöründe özellikle son yıllarda önemli kayıplara yol açmış ve küresel ısınma tehdidi nedeniyle de zararlarının gittikçe daha kritik düzeylere ulaşacağı tahmin edilen bir enfeksiyon halini almıştır (Doan vd., 2017). Glazebrook ve Campbell (1987), tarafından beyin lezyonlarıyla ilişkili ilk betanodavirus kaynaklı enfeksiyon, *Lates calcarifer* türünde belirlenmekle birlikte hastalığa ilişkin ilk detaylı tanımlama 1988 yılında Martinik'de yetiştirilen *Dicentrarchus labrax* larvaları ve yavrularında ortaya çıkan kitlesel ölümler sonrasında gerçekleştirilmiştir (Maltese ve Bovo, 2007). Hastalık etkeni virüs, ilk olarak ortaya çıktığı dönemlerde pikorna benzeri virüsler grubuna dahil edilmiş, ancak virion büyüklüğü ve genom karakteri açısından *Pseudocaranx dentex* nervöz nekroz virüsü (SJNNV) ile aynı özellikte olduğu tespit edildiğinden Nodavirüslerin bir üyesi olarak sınıflandırılmıştır (Costa ve Thompson, 2016). Hastalıkla ilgili tatlı su türlerinde daha az sayıda kayıt ve klinik bulgularına dair de daha az bilgi bulunmakla birlikte, tuzluluk virüs açısından sınırlayıcı bir faktör olarak değerlendirilmemekte ve ekonomik öneme sahip tatlı su türlerinin de hastalıktan etkilendiği belirtilmektedir (Bovo vd., 2011). Enfeksiyonda nöropatojenik bir tablo oluşturduğundan ilk olarak "levrek viral ensefaliti" ismini almıştır. Daha sonraları viral nervöz nekroz, balık viral ensefaliti ve viral ensefalit ve retinit isimleri ile de anılmaya başlayan hastalık son olarak Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü tarafından hastalığa eşlik eden histopatolojik bulgulara da dayandırılarak viral ensefalopati ve retinopati olarak adlandırılmıştır (Costa ve Thompson, 2016).

KLİNİK BULGULAR VE BULAŞMA

Betanodavirüsler, balıklarda hem akut hem de latent enfeksiyonlara neden olabilmektedirler. Latent enfeksiyonlar, biyolojik ve çevresel stres faktörleri ile ya da virüsün dikey veya yatay iletimini kolaylaştırabilmek amacıyla akut faza da dönüşebilir (Binesh, 2013). Klinik bulgular; balık türü, biyolojik gelişim evresi, hastalığın aşaması ve sıcaklığa bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir. Genel olarak larva aşamasında hastalık hiperakut bir seyir izlemekte, iştahsızlık gelişimi ve sonrasında ölümler ortaya çıkmaktadır. Juvenil bireylerde özellikle yüksek su sıcaklıklarda anormal yüzme

davranışları ile karakterize akut bir seyir tespit edilmiştir (Souto vd., 2015). Nodavirüslerin başlıca hedef organları beyin, omurilik ve retina olmak üzere merkezi sinir sistemidir. Buna ek olarak virüs stres koşulları altında, gonadlar ve sindirim kanalı gibi organlara da ulaşip çoğalabilmektedir. İştahsızlık, pigmentasyon değişiklikleri, anormal yüzme şeklinde ortaya çıkan nörolojik belirtiler ile özellikle larva ve juvenillerde %100'lere ulaşan mortalite oranları gözlenmektedir. Yüzme bozuklukları, normal statik ve dinamik dengeyi sağlanamaması, hız ve yüzme yönünün ayarlanamaması, hava kesesinin şişirilmesinin kontrol edilememesi ve bazı türlerde spinal deformite gibi belirtiler de görülebilmektedir (Oh vd., 2002; Roongkamnertwongsa vd., 2005; Zorriehzahra vd., 2016; Doan vd., 2017). İç organlar incelendiğinde karaciğerde renkte açılmalar, sindirim kanalının boş olması ve bağırsakların kahverengi bir sıvı ile dolu olması dikkat çekmektedir (Terlizzi vd., 2012).

Histopatolojik bulgulara, immunohistokimyasal pozitif bulgular ile beyin ve retinada nekroz ve vakuolasyonlar gözlenmektedir (Patel vd., 2007; Binesh vd, 2013; Zorriehzahra vd., 2016). Söz konusu vakuolasyonların bazı durumlarda omurilikte de gözlemlendiği belirtilmektedir (Binesh vd., 2013). Elektron mikroskopik bakıda hücre sitoplazmasına yerleşmiş virüs kümelerinin varlığı da saptanabilmektedir (Johansen vd., 2004; Bitchava vd., 2007; Maeno vd., 2007; Nazari vd., 2014). *Epinephelus septemfasciatus* türünde vakuolasyon ve nekrozların daha çok beyin olfaktorik loblarındaki sinir hücrelerinde ortaya çıktığı belirtilmiştir. Bu durumu takiben mikrogliya ve makrofaj hücre infiltrasyonlarının oluştuğu da belirtilmektedir. Beyincik bölgesinde ise purkinje ve golgi hücrelerinin enfekte olduğu tespit edilmiştir. Preoptik bölge, talamus, omurilik soğanı ve omurilikte ise megalohücreler ve küçük sinir hücrelerinin çekirdeklerinin daha fazla hasar gördükleri saptanmıştır (Tanaka vd., 2004).

Su, önemli bir abiyotik vektör olarak kabul edildiğinden betanodavirüsler, doğrudan su aracılığıyla, yetiştiricilik ortamlarında ise çalışan personel, ağlar, botlar ve diğer ekipmanlar vasıtasıyla kolayca yayılabilir. Enfeksiyon açık denizlerde bir bölgeden diğerine, gelgitler, akıntılar, farklı işletmeleri ziyaret eden tekneler ve göç eden balıklar sayesinde taşınabilmektedir. Virüs asidik ortamlara ve 37 °C'ye direnç gösterebildiğinden su kuşları da potansiyel vektörler olarak kabul edilmektedir. Ayrıca virüsün Nereidae ailesine ait farklı kum kurtlarından ve enfekte çiftliklerin yakınından yakalanan Nereis cinsi kurtlardan da izolasyonları gerçekleştirilmiştir (OIE, 2017). Balıklarda hem horizontal hem de vertikal yolla bulaşmanın varlığı tespit edilmiştir. Doğada yaşayan birçok türün bu virüsün taşıyıcısı olduğu ve kültür balıklarının bu türler aracılığıyla hastalığa yakalandıkları öne sürülmektedir (Yamashita vd., 2005; Gomez, vd., 2008). *Pseudocaranx dentex*, *Dicentrarchus labrax*, *Lates calcarifer*, *Verasper moseri*, *Hippoglossus hippoglossus* ve *Epinephelus septemfasciatus* türlerinin anaçlarından yavrulara dikey bulaşım tespit edilmiştir. Horizontal bulaşma ise deneysel olarak hasta larvaların sağlıklı bireylerle doğrudan teması

neticesinde ve enfekte doku homojenatları ile izole edilen virüsün suya karıştırılması yolları ile sağlanmıştır (Castric vd., 2001). Ayrıca horizontal bulaşmanın çoğunlukla morfolojik açıdan daha gelişmiş larvalardan, enfekte olmayan daha genç yavru ve larva formlarına aktarılma şeklinde gerçekleştiği ve virüsle kontamine çevrelerin bu bulaşmayı kolaylaştırdığı belirtilmektedir (Azad vd., 2006). Laboratuvar çalışmaları betanodavirüslerin, kontamine olmuş canlı yemler (*Artemia*, *Tigriopus japonicus* ve *Acetesint medius* gibi kabuklular) ile çiğ balıklar ve yumuşakçalarla beslenme sonrasında da bulaşabildiğini göstermektedir (Yanong, 2010).

TANI, TEDAVİ VE KONTROL

Son yıllarda betanodavirüslerin tanısı amacıyla; ışık mikroskobu, duyarlı hücre kültürleri, indirekt antikor floresan testi (IFAT), immunohistokimya ve ELISA gibi bazı farklı yöntemler kullanılır hale gelmiştir. Günümüzde ise gerçek zamanlı polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR) ve yuvalanmış polimeraz zincir reaksiyonu (Nested PCR) analizleri yalnız başlarına ya da hücre kültürleri ile birlikte kullanılarak daha etkin bir tanı yöntemi olarak kabul görmektedir. VER enfeksiyonu açısından bahsi geçen PCR protokolleri, enfeksiyonun tanımlanmasında geliştirilmiş hassasiyetlere sahiptir. Bununla birlikte, amplifikasyon sonrasında olası bulaşmalar nedeniyle hatalı pozitif reaksiyon olasılıkları daha yüksek olan ve daha fazla zaman alan prosedürlerden agar jel elektroforez ve etidyum bromid boyama gibi yöntemler de hâlâ kullanılmaktadır (Dalla Valle vd., 2005). Işık mikroskobu bulguları arasında, beyinde, omurilikte ve/veya retinadaki vakuollerin görünümü önemli bir bulgudur. Elektron mikroskopunda virüs, vakuolleşmiş hücrelerle ve dizi veya kümeler halinde intrasitoplazmik parakristalin yapılarla birlikte gözlemlenebilir. Doğrulayıcı tanı için histopatolojik, immunohistokimyasal boyama ve hücre kültürlerinde izolasyon aşamalarından sonra PCR yöntemi uygulanmalıdır. RT-PCR, klinik olarak etkilenen balıklarda en hızlı ve etkin tanı yöntemidir. Nested PCR ise özellikle latent enfekte balıklarda tanı için faydalıdır. *Ophicephalus striatus* türü balıkların beyin dokularından elde edilen SSN-1 ve E-11, hani balıkları (*Epinephelinae* spp.)'nın yüzgeç dokularından elde edilen GF-1 ve kalkan balığı (*Scophthalmus maximus*)'nın kuyruk yüzgeci dokularından elde edilen TV-1 ve TF hücre kültürlerinin betanodavirüsler için uygun hücre kültürleri olduğu saptanmıştır (Nakai vd., 2009). Enfekte *Gadus morhua* ve *Epinephelus coioides* türlerinde, beyin dokusu homojenatlarının SSN-1 hücre kültürlerine inokulasyonunda 7 gün içinde sitopatolojik etkilerin (CPE) geliştiği tespit edilmiştir (Johnson vd., 2002; Roongkamnertwongsa vd., 2005). CPE gelişiminin başlangıcında hücre kültürlerinin bazı alanlarında yuvarlak, granüler, refraktif hücrelerin oluştuğu, sonrasında bu görünümün üst katmandaki tüm hücrelere yayıldığı ve en sonunda da hücre tabakalarının tamamen dejenerasyon olarak hücrelerin ortam içerisinde yüzer duruma geldiği tespit edilmiştir (Parameswaran vd., 2008). Nodavirüslerle karşı gelişen antikorlar, ELISA yöntemi kullanılarak *Pseudocaranx dentex*,

Dicentrarchus labrax, *Verasper moseri* ve *Lates calcarifer* türlerinin erişkin bireylerinin serumlarından izole edilmiştir (Poisa Beiro vd., 2008).

VER virüsü farklı çevresel koşullara karşı çok dirençlidir ve deniz suyunda uzun süre yaşamda kalabilir. Yatay yolla bulaşmasını önlemek için, sodyum hipoklorit, benzalkonyum klorür, iyot, asit peroksijen ve ozon gibi virüsü inaktive edebildiği tespit edilmiş dezenfektanların kullanımı etkilidir (Nakai vd., 2009). Isıl işlem, ultraviyole ışını ve ozon uygulamasının, SBNNV izolatını etkili bir şekilde inaktive ettiği belirlenmiş fakat formalin, etanol, metanol, eter ve kloroformun ise virüsün inaktivasyonunda daha az etkili olduğu saptanmıştır (Costa ve Thompson, 2016). Japonya Deniz Tarım Demeği (JASFA), 1990 yılında *Pseudocaranx dentex* larvalarında VER ile ilgili araştırmasında ve virüs taşıyan damızlıkların eliminasyonunu sağladıktan sonra döllenmiş yumurtaları ve yetiştirme suyunu dezenfekte ederek hastalığın kontrolünü gerçekleştirmeyi başarmıştır. Ayrıca anti-RNA viral aktivitesine sahip bir guanozin analogu olan ribavirin (1-P-D-ribofuranozil-1,2,4-triazol-3-karboksamit, 1)'in betanodavirüs enfeksiyonu için etkinliği araştırıldığında RGNNV RdRp ile etkileşime girerek viral enfeksiyonu in vitro olarak inhibe ettiği tespit edilmiştir. Enfeksiyonun erken aşamalarında bitkisel bir polifenol olan oligonol'un, virüse bağlı gelişen CPE, virüs üretmesi ve viral protein ekspresyonunu azalttığı tespit edilmiş ve betanodavirüs replikasyonunu inhibe ettiği gösterilmiştir. Antimikrobiyal peptidlerin (AMP) de konakçının bağışıklık tepkisini modüle edebilme yetenekleri, betanodavirüs bulaşmış balıkların tedavisinde alternatif bir yol olarak düşünülmelerini sağlamıştır. *Tilapia* hepsidin 1-5 (TH1-5) ve epinedikin-1 (Epi-1) isimli iki farklı AMP tipinin bazı balık türlerine uygulanması sonrasında, TH1-5'in enfeksiyon sırasında viral yükü azaltmaya yardımcı olduğu belirlenirken, Epi-1 uygulamasının enfeksiyon sırasında ve sonrasında virüsleri ortadan kaldırdığı tespit edilmiştir (Moriyama vd., 2008; Ichinose vd., 2013; Costa ve Thompson, 2016). Ayrıca endozomal asidifikasyon inhibitörleri ve gimnemagenol (*Gymnema sylvestre* bitkisi özütü) ile bir triterpen glikozid olan saponin'in betanodavirüs enfeksiyonunu inhibe edebildiğini belirten çalışmalar bulunmaktadır (Ichinose vd., 2013).

Aşılama birçok virüs enfeksiyonunda umut verici sonuçlar sağlamakla birlikte VER enfeksiyonunda öncelikle larva ve yavru balıklar etkilendiğinden ve bu balıkların boyutları ile bağışıklık sistemleri yeterince gelişmemiş olduğundan, oluşan korunmanın yeterli olmadığı belirtilmektedir. Buna rağmen aşı ve aşılama çalışmaları sürdürülmektedir. *Escherichia coli* bakterisine rekombinant viral kapsid proteininin eklendiği, bakulovirüs ekspresyon vektör sistemine virüs benzeri partiküllerin eklendiği veya inaktive virüs içeren uygulamaların hastalığın kontrolünde etkili olabileceği belirtilmektedir. Avirulent sucul birnavirüs primer enfeksiyonlarının da ikincil olarak gelişen betanodavirüs enfeksiyonlarında koruyucu olabildiğinin farkedilmesiyle akuabirnavirüs inaktive aşılar ile çift aşılamanın, hastalığın önlenmesinde yararlı olduğu belirtilmektedir (Nakai vd., 2009). VER'e karşı deneysel aşı

denemelerinin çoğunluğu duyarlı türler arasında ekonomik açıdan değerli kabul edilen *Epinephelus* spp.'lerde uygulanmıştır. Ayrıca araştırmalar, formalin ile inaktive aşılardan enjeksiyon yoluyla uygulanmalarının levreklerde daldırma aşılama uygulamalarına göre mücadelede daha güvenli ve etkili olabileceğini göstermektedir (Nunez Ortiz vd., 2016). Levreklerde nodavirüsün kapsid proteininden türetilmiş sentetik peptidlerin ise yeterli düzeyde koruyucu etki sağlamadığı belirlenmiş, betanodavirüs kapsid proteinlerini kodlayan yapılar ile üretilmiş DNA temelli aşılardan ise yine levrek ve kalkan gibi balıklarda zayıf da olsa bir koruma oluşturduğu tespit edilmiştir (Thiery vd., 2006).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Viral ensefalopati ve retinopati enfeksiyonu, Avrupa Birliği'nin balık hastalıkları gözetim ve kontrol mevzuatı değerlendirme listesine eklenmemiş olmakla birlikte, Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (OIE) tarafından önemli hastalıklar sınıfına dahil edilmiştir (Barja, 2004). Ülkemizde balıklardan ilk betanodavirüs örneği 2011 yılında Özyer vd., (2014) tarafından Mersin ilinde yetiştirilen levreklerden izole edilmiş ve izole edilen virüsün % 99 oranında RGNNV izolatı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bununla birlikte Uluslararası Akdeniz Yüksek Zirai Etütler Merkezi (CIHAEM), 2004 yılında Türkiye'nin de dahil edildiği ve Akdeniz'e kıyısı olan 9 ülkeye ait 27 farklı araştırma laboratuvarından temin ettikleri verileri bir araya getirerek hazırlamış oldukları raporda bu ülkelerin tamamında nodavirüslerin varlığını bildirmiştir (Barja, 2004). Ayrıca Akdeniz'de orfoz balığının popülasyon değişimlerini gözlemek amacıyla kurulmuş olan orfoz çalışma grubu (Groupe d'Etude du Merou), içlerinde Türkiye'nin de yer aldığı Akdeniz kıyısında bulunan 12 ülkede nodavirüslerin izole edildiği bilgisini vermektedir (GEM, 2015). Bunlara ek olarak Avrupa Balık Hastalıkları Ulusal Referans Laboratuvarları Birliği, 2013 - 2016 yılları arasında bu enfeksiyonun gelişimini izlemeye almış ve levrek-çipura balıkları üretimi ile ekonomisinde yol açtığı kayıplar nedeniyle özellikle deniz balıkları yetiştiriciliği açısından son yıllardaki en önemli hastalık sorunu olduğunu ifade etmektedir (Olesen ve Vendramin, 2017). Bu nedenlerle, 2016 yılı rakamlarına göre toplam yetiştiricilik üretiminin yaklaşık % 60'ını deniz balıkları üretiminin oluşturduğu ve Avrupa ülkeleri arasında yapılan değerlendirmede levrek ve çipura üretimi miktarlarında ilk üç sıra içerisinde yer alan Türkiye için bu enfeksiyon daha da önemli bir hâl almaktadır (BSGM, 2017; Vendramin, 2017).

Son yirmi yıl içerisinde viral ensefalopati ve retinopati enfeksiyonu ile ilgili 100'den fazla makale yayınlanmıştır. Bu durum betanodavirüsler ile ilgili özellikle tanı ve kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamıştır. Örneğin bir araştırmada iki farklı nodavirüs serotipinin (RGNNV ve SJNNV) aralarında gerçekleşen gen aktarımı sonrasında ortaya çıkan virüs tipinin, çipuralarda daha güçlü bir enfeksiyona neden olduğu tespit edilmiştir. Üstelik virüsün tanımlanmış serotiplerinin bu balıkların larva aşamalarında etkin olduğu bilinirken, söz konusu yeni tipin yetişkin balıklarda da enfeksiyona neden olduğu saptanmıştır (Vendramin vd.,

2014). Bununla birlikte, virüsün moleküler özellikleri, konak tür ile virüs arasındaki etkileşimler ve doğal ortamlardaki aktarım mekanizmalarının daha detaylı olarak ortaya konabilmesi için yeni çalışmalara gereksinim vardır. Bu hastalıkla mücadelede her hastalıkta olduğu gibi öncelikle koruyucu önlemlerin alınması daha yararlı olacaktır. Deniz balıkları üreticileri ve sektör çalışanlarının hastalık konusunda bilgilendirilmeleri ve özellikle balık nodavirüslerinin dikey yolla bulaşımını önlemek için spesifik patojen içermeyen damızlıkların seçilmesinin sağlanmasına yönelik çalışmalar başlıca hedef olmalıdır. Bunun yanında hastalığın daha şiddetli olarak seyrettiği larvalarda periyodik olarak virüs taramalarına yönelik çalışmaların yapılması önemlidir.

KAYNAKÇA

- Azad, I.S., Shekhar, M.S., Thirunavukkarasu, A.R. & Jithendran, K.P. (2006). Viral nerve necrosis in hatchery produced fry of Asian seabass *Lates calcarifer* sequential microscopic analysis of histopathology. *Diseases of Aquatic Organisms*, 73, 123-130. DOI: 10.3354/dao073123
- Banerjee, D., Hamod, M.A., Suresh, T. & Karunasagar, I. (2014) Isolation and characterization of a nodavirus associated with mass mortality in Asian seabass (*Lates calcarifer*) from the west coast of India. *Virus Disease*, 25(4), 425-429. DOI: 10.1007/s13337-014-0226-8
- Barja, J.L. (2004). Report about fish viral diseases. In P. Alvarez-Pellitero, J.L. Barja, B. Basurco, F. Berthe, A.E. Toranzo (Eds.), *Mediterranean Aquaculture Diagnostic Laboratories* (pp 91-102). Zaragoza: CIHEAM.
- Bergman, S.M. & Fichtner, D. (2008). Diseases caused by virus: Viral Diseases in Salmonids. In J. C. Eiras, H. Segner, T. Wahli & G.B. Kapoor (Eds.), *Fish Diseases Volume I* (pp 41-87). Enfield: Science Publishers.
- Bigarre, L., Cabon, J., Baud, M., Heimann, M., Body, A., Liefbrig, F. & Castric, J. (2009). Outbreak of betanodavirus infection in tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), in fresh water. *Journal of Fish Diseases*, 32, 667-673.
- Binesh, C.P. (2013). Genetic characterization of betanodavirus isolates from Asian Seabass *Lates calcarifer* (Bloch) in India. *Archives Virology*, 158: 1543-1546. DOI: 10.1007/s00705-012-1554-x
- Binesh, C.P., Renuka, K., Malaichami, N. & Greeshma, C. (2013). First report of viral nervous necrosis induced mass mortality in hatchery reared larvae of clownfish, *Amphiprion sebae* Bleeker. *Journal of Fish Diseases*, 36 (12): 1017-1020. DOI: 10.1111/jfd.12001
- Bitchava, K., Xylouri, E., Fragkiadaki, E., Athanassopoulou, F., Papanastassopoulou, M. & Sabatakou, O. (2007). First Incidence of Clinical Signs of Nodavirus Infection in Sea Bream, *Sparus aurata* L. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah*, 59(1), 3-9.
- Bovo, G., Gustinelli, A., Quaglio, F., Gobbo, F., Panzarin, V., Fusaro, A., Mutinelli, F., Caffara M. & Fioravanti, M.L. (2011). Viral encephalopathy and retinopathy outbreak in freshwater fish farmed in Italy. *Diseases of Aquatic Organisms*, 96, 45-54. DOI: 10.3354/dao02367
- Bovo, G. & Florio, D. (2008). Viral Diseases of Cultured Marine Fish. In J. C. Eiras, H. Segner, T. Wahli & G.B. Kapoor (Eds.), *Fish Diseases Volume I* (pp 185-202). Enfield: Science Publishers.
- Brock J.A. & Bullis R. (2001) Disease prevention and control for gametes and embryos of fish and marine shrimp. *Aquaculture*, 197, 137-159.
- BSGM. (2017). Su Ürünleri İstatistikleri. Alıntılanma adresi: www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf (18.04.2018)
- Castric, J., Thiery, R., Jeffroy, J., Kinkelin, P. & Raymond, J.C. (2001). Sea bream *Sparus aurata*, an asymptomatic contagious fish host for nodavirus. *Diseases of Aquatic Organisms*, 47, 33-38. DOI: 10.3354/dao047033
- Cherif, N., Thiery, R., Castric, J., Biacchesi, S., Bremont, M., Thabti, F., Limem, L., & Hammami, S. (2009). Viral encephalopathy and retinopathy of *Dicentrarchus labrax* and *Sparus aurata* farmed in Tunisia. *Veterinary Research Communications*, 33, 345-353. DOI: 10.1007/s11259-008-9182-3
- Chia, T.J., Wu, Y.C., Chen, J.Y. & Chi, S.C. (2010). Antimicrobial peptides (AMP) with antiviral activity against fish nodavirus. *Fish & Shellfish Immunology*, 28(3), 434-439. DOI: 10.1016/j.fsi.2009.11.020
- Costa, J.Z. & Thompson, K.D. (2016). Understanding the interaction between Betanodavirus and its host for the development of prophylactic measures for viral encephalopathy and retinopathy. *Fish & Shellfish Immunology*, 53, 35-49. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.03.033
- Crane, M. & Hyatt, A. (2011). Viruses of Fish: An Overview of Significant Pathogens. *Viruses*, 3, 2025-2046. DOI: 10.3390/v3112025
- Dalla Valle L., Toffolo, V., Lamprecht, M., Maltese, C., Bovo, G. Belvedere, P. & Colombo, L. (2005). Development of a sensitive and quantitative diagnostic assay for fish nervous necrosis virus based on two-target real-time PCR. *Veterinary Microbiology*, 110(3-4), 167-179. DOI: 10.1016/j.vetmic.2005.07.014
- Doan, Q.K, Vandeputte, M., Chatain, B., Morin, T. & Allal, F. (2017). Viral encephalopathy and retinopathy in aquaculture: a review. *Journal of Fish Diseases*, 40, 717-742. DOI: 10.1111/jfd.12541
- Giacopello, C., Foti, M., Bottari, T., Fisichella, V. & Barbera, G. (2013). Detection of viral encephalopathy and retinopathy virus (VERV) in wild marine fish species of the South Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). *Journal of Fish Diseases*, 36(9), 819-21. DOI: 10.1111/jfd.12095
- GEM, (2015). Nodavirus infections in the grouper. Alıntılanma adresi: http://www.gemlemerou.org/cms/images/stories/GEM/Accueil/Nodavirus_infection_Grouper.pdf (17.04.2018).
- Gagne, N., Johnson, S. C., Cook-Versloot, M., MacKinnon, A. M. & Olivier, G. (2004). Molecular detection and characterization of nodavirus in several marine fish species from the northeastern Atlantic. *Diseases of Aquatic Organisms*, 62, 181-189. DOI: 10.3354/dao062181
- Glazebrook, J.S. & Campbell, R.S.F. (1987). Diseases of Barramundi (*Lates calcarifer*) in Australia. J.W. Copeland, D.L. Gray (Eds.), *Management of wild and cultured sea bass/barramundi (Lates calcarifer)*, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia, pp.204-209
- Gomez, D.K., Baek, G.W., Kim, J.H., Choresca, C.H. & Park, S.C. (2008). Molecular detection of betanodaviruses from apparently healthy wild marine invertebrates. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97, 197-202. DOI: 10.1016/j.jip.2007.10.012
- Hegde, A., Teh, H.C., Lam, T.J. & Sin, Y.M. (2003). Nodavirus infection in freshwater ornamental fish, guppy, *Poecilia reticulata* comparative characterization and pathogenicity studies. *Archives Virology*, 148, 575-586. DOI: 10.1007/s00705-002-0936-x
- Hetrick, F.M. (1989). Fish viruses. In B.Austin & D.A.Austin (Eds.), *Methods for the Microbiological Examination of Fish and Shellfish* (pp 216-239). Chichester: Ellis Horwood.

- Ichinose, T., Musyoka, T.M., Watanabe, K. & Kobayashi, N. (2013). Evaluation of antiviral activity of Oligonol, an extract of *Litchi chinensis*, against betanodavirus. *Drug Discoveries & Therapeutics*, 7(6), 254-260. DOI: 10.5582/ddt.2013.v7.6.254
- Johansen, R., Grove, S., Svendsen, A.K., Modahl, I. & Dannevig, B. (2004). A sequential study of pathological findings in Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* (L.), throughout one year after an acute outbreak of viral encephalopathy and retinopathy. *Journal of Fish Diseases*, 27, 327-341. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2004.00548.x
- Johnson, S.C., Sperker, S.A., Leggiadro, C.T., Groman, D.B., Griffiths, S.G., Ritchie, R.J., Cook, M.D. & Cusack, R.R. (2002). Identification and Characterization of a Piscine Neuropathy and Nodavirus from Juvenile Atlantic Cod from the Atlantic Coast of North America. *Journal of Aquatic Animal Health*, 14(2), 124-133. DOI: 10.1577/1548-8667(2002)014
- Kibenge, F.S.B., Godoy, M.G., Fast, M., Workenhe, S. & Kibenge, M.J.T. (2012). Countermeasures against viral diseases of farmed fish. *Antiviral Research*, 95(3), 257-281. DOI: 10.1016/j.antiviral.2012.06.003
- Kibenge, F.S.B. & Godoy, M.G., (2016). *Aquaculture Virology*. London: Academic Press.
- Korsnes, K., Devold, M., Nerland, A.H. & Nylund, A. (2005). Viral encephalopathy and retinopathy (VER) in Atlantic salmon *Salmo salar* after intraperitoneal challenge with a nodavirus from Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 68, 7-15. DOI: 10.3354/dao068007
- Maeno, Y., De La Pena, L.D. & Cruz-Lacierda, E.R. (2007). Susceptibility of Fish Species Cultured in Mangrove Brackish Area to Piscine Nodavirus. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 41(1), 95-99. DOI: 10.6090/jarq.41.95.
- Maltese, C. & Bovo, G. (2007). Viral encephalopathy and retinopathy. *Ittiopatologia*, 4, 93-146.
- Moriyama, K., Suzuki, T., Negishi, K., Graci, J.D., Thompson, C.N., Cameron, C.E., & Watanabe, M. (2008). Effects of Introduction of Hydrophobic Group on Ribavirin Base on Mutation Induction and Anti-RNA Viral Activity. *Journal of Medical Chemistry*, 51, 159-166. DOI: 10.1021/jm7009952
- Möller, H. & Anders, K. (1986). *Diseases and parasites of marine fishes*. Kiel: Möller.
- Munday, B. (2003). *Viral encephalopathy and retinopathy-disease strategy manual*. East Brisbane: Fisheries Research and Development Corporation.
- Nakai, T., Mori, K., Sugaya, T., Nishioka, T., Mushiaki, K. & Yamashita, H. (2009). Current Knowledge on Viral Nervous Necrosis (VNN) and its Causative Betanodaviruses. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidegh*, 61(3), 198-207.
- Nazari, A., Hassan, M. D., Bovo, G., Zor riehazra, M. J., Azmi, T. I. & Arshad, S.S. (2014). Pathogenicity of viral nervous necrosis virus for Guppy fish, *Poecilia reticulata*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 13(1), 168-177.
- Nishizawa, T., Takami, I., Kokawa, Y. & Yoshimizu, M. (2009). Fish immunization using a synthetic double stranded RNA Poly(I:C), an interferon inducer, offers protection against RGNNV, a fish nodavirus. *Diseases of Aquatic Organisms*, 83, 115-122. DOI: 10.3354/dao02001
- Nunez Ortiz, N., Pascoli, F., Picchietti, S., Buonocore, F., Bernini, C., Toson, M., Scapigliati, G., Toffan, A. (2016). A formalin in activated immunogen against viral encephalopathy and retinopathy (VER) disease in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): immunological and protection effects. *Veterinary Research*, 47(1), 89-99. DOI: 10.1186/s13567-016-0376-3
- Oh, M.J., Jung, S.J., Kim, S.R., Rajendran, K.V., Kim, Y.J., Choi, T.J., Kim, H.R., & Kim, J.D. (2002). A fish nodavirus associated with mass mortality in hatchery-reared red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Aquaculture*, 211, 1-7. DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00877-8
- Olesen, N. J. & Vendramin, N. (2017). Overview of the disease situation and surveillance in Europe in 2016. In N.J. Olesen N.G.Andersen (Eds.), *21st Annual Workshop of the National Reference Laboratories for Fish Diseases 2017* (pp. 11-13). Lyngby, Denmark. Bildiriler Kitabı.
- OIE. (2017). Viral encephalopathy and retinopathy. Alıntılanma adresi: www.oie.int/index.php?id=2439&L=0&htmfile=chapitre_viral_encephalopathy_retinopathy.htm. (20.02.2018)
- Özyer, B.Ö., Kalaycı, G., İnçoğlu, Ş., Pekmez, K., & Küçükali, Y. (2014). The first isolation of betanodavirus from cultured seabass in Turkey. *Bornova Veteriner Bilimleri Dergisi*, 36(50), 13-17.
- Panzarin, V., Toffan, A., Abbadi, M., Buratin, A., Mancin, M., Braaen, S., Olsen, C.M., Bargelloni, L., Rimstad, E. & Cattoli, G. (2016). Molecular Basis for Antigenic Diversity of Genus Betanodavirus. *PLOS ONE*, 11(7), 1-18. DOI: 10.1371/journal.pone.0158814
- Parameswaran, V., Rajesh Kumar, S., Ishaq Ahmed, V.P. & Sahul Hameed, A.S. (2008). A fish nodavirus associated with mass mortality in hatchery-reared Asian Sea bass, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 275, 366-369. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.01.023
- Patel, S., Korsnes, K., Bergh, O., Vik Mo, F., Pedersen J. & Helge Nerland, A. (2007). Nodavirus in farmed Atlantic cod *Gadus morhua* in Norway. *Diseases of Aquatic Organisms*, 77, 169-173. DOI: 10.3354/dao01842
- Poisa Beiro, L., Dios, S., Montes, A., Aranguren, R., Figueras, A. & Novoa, B. (2008). Nodavirus increases the expression of Mx and inflammatory cytokines in fish brain. *Molecular Immunology*, 45, 218-225. DOI: 10.1016/j.molimm.2007.04.016
- Roongkamnertwongsa, S., Kanchanakhan, S., Danayadol Y. & Direkbusarakom, S. (2005). Identification of a betanodavirus isolated from viral nervous necrosis disease in red-spotted grouper (*Epinephelus coioides*) cultured in Thailand using PCR and sequence analysis. In P. Walker, R. Lester & M.G. Bondad-Reantaso (Eds.), *Diseases in Asian Aquaculture V* (pp. 207-216). Manila: Asian Fisheries Society.
- Salgado Miranda, C., Elizabeth Loza-Rubio, Edith Rojas-Anaya & Gary García-Espinosa. (2013). Viral vaccines for bony fish: past, present and future. *Expert Review of Vaccines*, 12(5): 567-578. DOI: 10.1586/erv.13.38
- Shetty, M., Maiti, B., Santhosh, K.S., Venugopal, M.N. & Karunasagar, I. (2012). Betanodavirus of Marine and Freshwater Fish: Distribution, Genomic Organization, Diagnosis and Control Measures. *Indian Journal of Virology*, 23(2), 114-123. DOI: 10.1007/s13337-012-0088-x
- Skliris, G.P., Krondiris, J.V., Sideris, D.C., Shinn, A.P., Starkey, W.G. & Richards, R.H. (2001). Phylogenetic and antigenic characterization of new fish nodavirus isolates from Europe and Asia. *Virus Research*, 75(1), 59-67. DOI: 10.1016/S0168-1702(01)00225-8
- Smail, D.A. & Munro, A.L.S. (2012). The virology of the teleosts. In R.J.Robert (Ed.), *Fish Pathology* (pp 186-292) New York: Bailliere Tindall.
- Souto, S., Merour, E., Biacchesi, S., Bremont, M., Oliveira, J.G. & Bandin, I. (2015). In vitro and in vivo characterization of molecular determinants of virulence in reassortant betanodavirus. *Journal of General Virology*, 96, 1287-1296. DOI: 10.1099/vir.0.000064
- Tanaka S., Takagi M. & Miyazaki T. (2004). Histopathological studies on viral nervous necrosis of sevenband grouper, *Epinephelus septemfasciatus* Thunburg, at the growout stage. *Journal of Fish Diseases*, 27, 385-399. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2004.00559.x
- Terlizzi, A., Tedesco, P. & Patarnello, P. (2012). Spread of Pathogens from Marine Cage Aquaculture - A Potential Threat for Wild Fish Assemblages Under Protection Regimes. *Health and Environment in Aquaculture*, 12, 403-414. DOI: 10.5772/30826.
- Thiery, R., Cozien, J., Cabon, J., Lamour, F., Baud, M. & Schneemann, A. (2006). Induction of a Protective Immune Response against Viral Nervous Necrosis in the European Sea Bass *Dicentrarchus labrax* by Using Betanodavirus Virus - Like Particles. *Journal of Virology*, 80(20), 10201-10207. DOI: 10.1128/JVI.01098-06
- Toffan, A., Pascoli, F., Pretto, T., Panzarin, V., Abbadi, M., Buratin, A., Quaratesan, R., Gijón, D. & Padrós, F. (2017). Viral nervous necrosis in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) caused by reassortant betanodavirus RGNNV/SJNNV: an emerging threat for Mediterranean aquaculture. *Scientific Reports*, 7, 1-12. DOI: 10.1038/srep46755
- Totland G. K., Grotmol, S., Morita, Y., Nishioka, T. & Nakai, T. (1999). Pathogenicity of nodavirus strains from striped jack *Pseudocaranx dentex* and Atlantic halibut *Hippoglossus hippoglossus*, studied by waterborne

- challenge of yolk-sac larvae of both teleost species. *Diseases of Aquatic Organisms*, 38, 169-175. DOI: 10.3354/dao038169
- Ucko, M., Colomi, A. & Diamant, A. (2004). Nodavirus infections in Israeli mariculture. *Journal of Fish Diseases*, 27, 459-469. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2004.00565.x
- Vendramin, N., Patamello, P., Toffan, A., Panzarin, V., Cappelozza, E., Tedesco, P., Terlizzi, A., Terregino, C. & Cattoli, G. (2013). Viral Encephalopathy and Retinopathy in groupers (*Epinephelus* spp.) in southern Italy: a threat for wild endangered species. *BMC Veterinary Research*, 9(20), 1-7. DOI: 10.1186/1746-6148-9-20
- Vendramin, N., Toffan, A., Mancin, M., Cappelozza, E., Panzarin, V., Bovo, G., Cattoli, G., Capua, I. & Terregino, C. (2014). Comparative pathogenicity study of ten different betanodavirus strains in experimentally infected European sea bass, *Dicentrarchus labrax* (L.). *Journal of Fish Diseases*, 37, 371-383. DOI: 10.1111/jfd.12117
- Vendramin, N. (2017). Update on fish disease situation in the Mediterranean basin. Alıntılama adresi: http://www.eurl-fish.eu/-/media/Sites/EURL-FISH/english/activities/annual%20meetings/21st-AW-2017/Presentations/Session-1/Niccol-Vendramin_Mediterranean.ashx?la=da (18.04.2018)
- Walker, P.J. & Winton, J.R. (2010). Emerging viral diseases of fish and shrimp. *Veterinary Research*, 41, 51. DOI: 10.1051/vetres/2010022
- Workenhe S.T., Rise M.L., Kibenge, M.J., & Kibenge F.S. (2010). The fight between the teleost fish immune response and aquatic viruses. *Molecular Immunology*, 47(16), 2525-2536. DOI: 10.1016/j.molimm.2010.06.009
- Yamashita, H., Fujita, Y., Kawakami, H. & Nakai, T. (2005). The Efficacy of Inactivated Virus Vaccine against Viral Nervous Necrosis (VNN). *Fish Pathology*, 40(1), 15-21. DOI: 10.3147/jsfp.40.15
- Yanong, R.P.E. (2010). Viral Nervous Necrosis (Betanodavirus) Infections in Fish. Alıntılama adresi: <http://edis.ifas.ufl.edu/fa180> (20.02.2018).
- Zhou, X. (2017). An Overview of Recently Published Global Aquaculture Statistics. Alıntılama adresi: <http://www.fao.org/3/a-i7171e.pdf> (17.04.2018).
- Zorriehzahra, M.E.J., Ghasemi M., Ghiasi, M., Karsidani S.H., Bovo, G., Nazari, A., Adel, M., Arizza, V. & Dhama, K. (2016). Isolation and confirmation of viral Nervous necrosis (VNN) disease in golden grey mullet (*Liza aurata*) and leaping mullet (*Liza saliens*) in the Iranian waters of the Caspian Sea. *Veterinary Microbiology*, 190, 27-37. DOI: 10.1016/j.vetmic.2016.04.023

DERLEME

REVIEW

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine bir derleme

A review on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts

Bahar Gümüş^{1*} • Mustafa Ünlüsayın² • Erkan Gümüş³

¹ Akdeniz Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, 07058, Antalya

² Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 07058, Antalya

³ Akdeniz Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 07058, Antalya

* Corresponding author: bahargumus@akdeniz.edu.tr

Received date: 07.03.2018

Accepted date: 02.05.2018

How to cite this paper:

Gümüş, B., Ünlüsayın, M. & Gümüş, E. (2018). A review on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 343-351. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.15

Öz: Bu derlemede, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Birçok araştırmacı, makroalg özütlerinin antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Çeşitli literatürlerde, yeşil, kahverengi ve kırmızı makroalg özütlerinin, maya, küf ve bakterilere karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmektedir. Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal etkisinin içeriğinde bulunan kimyasal bileşenlerden (aminoasitler, yağ asitleri, terpenoidler, florotanninler, fenolik bileşenler, steroidler, halojenli ketonlar ve alkanlar gibi) kaynaklandığı rapor edilmektedir. Bu derlemenin amacı, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özelliklerini araştırmak ve mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal aktivitelerini göstermektir.

Anahtar kelimeler: Makroalg, Özüt, Antimikrobiyal madde, Mikroorganizma,

Abstract: In this review, it was searched conducted research studies on antimicrobial properties of marine macroalgae extracts. Many researchers were studied to determine the antimicrobial activity of macroalgae extracts. In several literatures stated that have been found antimicrobial activity in the extracts of green, brown and red macroalgae against fungi, yeast and bacteria. The antimicrobial compounds derived from consist of diverse groups of chemical compounds (aminoacids, fatty acid, terpenoids, phlorotannins, phenolic compounds, steroids, halogenated ketones and alkanes etc.). The aim of this review was to investigate antimicrobial properties of marine macroalgae extracts and to indicate antimicrobial activities against microorganism.

Keywords: Macroalgae, Extract, Antimicrobial substances, Microorganism,

GİRİŞ

Makroalgler, kahverengi (Phaeophyta), kırmızı (Rhodophyta) ve yeşil (Chlorophyta) algler olmak üzere üç ana filum altında sınıflandırılmaktadır. Makroalglerin kimyasal kompozisyonu; tür, coğrafik bölge, mevsim ve suyun sıcaklığı gibi değişkenlerden etkilenecek farklılık göstermektedir (Qiao, 2010; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Makroalgler ve deniz organizmaları, karışık topluluklarda birbirleri ile rekabet ortamında yaşamakta ve bu zor çevresel koşullarda gelişimleri sırasında metabolizmalarında herhangi ciddi bir fitodinamik hasar görülmemektedir. Bunun nedeni, makroalg hücrelerinin bazı koruyucu bileşen ve mekanizmalara sahip olmasıyla açıklanmaktadır (Matsukawa vd., 1997). Hayatta kalmak için ekolojik basınca bir cevap olarak ürettikleri ikincil metabolitler olarak da adlandırılan biyoaktif bileşenlerden bazıları diğer rekabetçi mikroorganizmaların büyüme ve gelişmesini sınırlandırıcı ya da engelleyici antimikrobiyal özellik göstermektedir (Gupta vd., 2012; Perez vd., 2016). Algler, süngerler ve mercanlar gibi, deniz sesil organizmaları epifit ve

fouling organizmalara karşı savunma için ürettikleri biyoaktif bileşenleri içeren fizyolojik adaptasyon özelliklerine sahiptirler. Bu nedenle, yeşil, kahverengi ve kırmızı deniz makroalgleri; bakteri, virüs ve mantar gelişimlerini engelleyici etki göstermektedirler (Perez vd., 2016). Makroalgler, antimikrobiyal bileşenlerin, w3 yağ asitlerinin, antioksidan maddelerin ve diğer biyoaktif bileşenlerin iyi bir kaynağı olarak ilgi görmektedir (Gupta vd., 2012).

Literatürde, araştırmacılar farklı tür makroalglerden değişik ekstraksiyon yöntemleri ile özüt elde etmiş ve çeşitli antimikrobiyal aktivite yöntemleri kullanarak bu özütlerin antimikrobiyal özellikleri üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu derlemede, denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri, antimikrobiyal aktivitesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan metotlar, elde edilen özütlerin antimikrobiyal özelliklerinden sorumlu olan bileşenler ile ilgili özet bilgi verilmeye çalışılmıştır.

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri

Denizel makroalg özütlerinin antimikrobiyal özellikleri üzerine yapılan çalışmalar, kahverengi (Phaeophyceae), kırmızı (Rhodophyceae) ve yeşil (Chlorophyceae) alg sınıflarına ait farklı türler için rapor edilmiş ve bu çalışmaların bazıları Tablo 1'de verilmiştir.

Bu çalışmalarda, değişik organik çözücüler (su, metanol, etanol, aseton, butanol, etil asetat, diklorometan, kloroform, dietil eter ve hekzan) ile özütler elde edilmiş ve bu özütlerin çeşitli mikroorganizmaların gelişimlerini engelleme etkisi araştırılmıştır.

Tablo 1. Denizel makroalg özütlerinde antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi için yapılan çalışmalar
Table 1. The studies for determination of antimicrobial activity in marine macroalgae extracts

Tür	Çözgen	Test Edilen Mikroorganizma	Kaynaklar
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>laetevirens</i> , <i>Codium capitatum</i> , <i>Halimeda cuneata</i> , <i>Ulva fasciata</i> , <i>Amphiroa bowerbankii</i> , <i>Amphiroa ephedraea</i> ve <i>Dictyota humifusa</i>	Metanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i>	Stirk vd. (2007)
<i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Gracilaria folifera</i> , <i>Hypneme muciformis</i> , <i>Sargassum myricocystum</i> , <i>Sargassum tenneerimum</i> , <i>Padina tetrastomatica</i>	Metanol	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Enterobacter faecalis</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Kandhasamy ve Arunachalam (2008)
<i>Gracilaria edulis</i> , <i>Calorpha peltada</i> , <i>Hydroclathrus</i> sp.	Etanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Bacillus cereus</i>	Kolanjinathan vd. (2009)
<i>Colpomenia sinuosa</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> var. <i>implexa</i> , <i>Petalonia fasciata</i> , <i>Scytosiphon lomentaria</i>	Metanol, Diklorometan, Hekzan	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , methisilin-oksasilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> , hemorjik <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i>	Demirel vd. (2009)
<i>Ulva lactuca</i>	Diklorometan/metanol karışımı	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Serratia marcescens</i>	El-Baky vd. (2009)
<i>Laminaria cichorioides</i>	Etanol	<i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escheria coli</i>	Gerasimenko vd. (2010)
<i>Laminaria digitata</i> , <i>Laminaria saccharina</i> , <i>Himanthalia elongata</i>	%60 metanol	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gupta vd. (2010)
<i>Laminaria digitata</i> , <i>Laminaria saccharina</i> , <i>Himanthalia elongata</i> , <i>Palmaria palmata</i> , <i>Chondrus crispus</i> , <i>Enteromorpha spirulina</i>	Metanol, Etanol, Aseton	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Cox vd. (2010)
<i>Chaetomorpha aerea</i> , <i>Enteromorpha intestinalis</i> , <i>Ulva fasciata</i>	Aseton, Metanol, Etanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Seenivasan vd. (2010)
<i>Cladophora glomerata</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Ulva reticulata</i> , <i>Gracilaria corticata</i> , <i>Kappaphycus alvarezii</i> , <i>Sargassum wightii</i>	Metanol, Distile su	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Staphylococcus epidermis</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i>	Mansuya vd. (2010)
<i>Ulva fasciata</i> , <i>Codium tomentosum</i> , <i>Sargassum wightii</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> , <i>Padina tetrastomatica</i> , <i>Gracilaria corticata</i> , <i>Hypnea musciformis</i>	Su	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus sp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Micrococcus luteus</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Vibrio fischeri</i> , <i>Vibrio harveyi</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Christobel vd. (2011)
<i>Cladophora glomerata</i> , <i>Enteromorpha linza</i> , <i>Ulva rigida</i> , <i>Cystoseira barbata</i> , <i>Padina pavonica</i> , <i>Corallina officinalis</i> , <i>Ceramium ciliatum</i>	Etanol	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escheria coli</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ertürk ve Taş, 2011
<i>Ulva fasciata</i>	Butanol, Metanol, Su	<i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>Enterobacter sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida sp.</i>	Priyadarshini vd. (2011)
<i>Cystoesira myrica</i> , <i>Cystoesira trinodis</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Sargassum dentifolium</i> , <i>Sargassum hystrix</i> , <i>Actinotrichia fragilis</i> , <i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Codium fragile</i>	Metanol, Etil asetat	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Salem vd. (2011)

<i>Himanthalia elongata</i>	%60 metanol	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella abony</i>	Gupta vd. (2012)
<i>Sargassum wightii</i> , <i>Stoechospermum marginatum</i> , <i>Gracilaria folifera</i> , <i>Padina boergesenii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietil eter	<i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococci</i> sp., <i>Proteus</i> sp., <i>Streptococcus</i> sp., <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Shewanella</i> sp., <i>Vibrio fluvialis</i> , <i>Vibrio splendidus</i> , <i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Penicillium</i> sp., <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus terreus</i>	Kayalvizhi vd. (2012)
<i>Caulerpa scalpelliformis</i> , <i>Gracilaria crassa</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> , <i>Sargassum wightii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietileter, Etil asetat, Su	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp, <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ramalingam ve Amutha (2013)
<i>Ulva rigida</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>U. olivascens</i> , <i>Enteromorpha compressa</i> , <i>E. linza</i> , <i>E. intestinalis</i> , <i>Chaetomorpha linum</i> , <i>Caulerpa prolifera</i> , <i>Codium dichotomum</i> , <i>Cystoseira humilis</i> , <i>C. compressa</i> , <i>Cladostephus spongiosus</i> , <i>Gymnogongrus patens</i> , <i>Plocamium coccineum</i> , <i>Asparagopsis armata</i> , <i>Centroceras clavulatum</i> , <i>Gracilaria confervoides</i> , <i>G. bursa-pastoris</i> , <i>Hypnea musciformis</i> , <i>Alsidium corallinum</i>	Metanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>	Zbakh vd. (2012)
<i>Sargassum wightii</i> , <i>Amphiroa anceps</i> , <i>Padina tetrastromatica</i> , <i>Stoechospermum marginatum</i> , <i>Gracilaria pygmaea</i> , <i>Ulva fasciata</i>	Metanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Ghanthikumar vd. (2012)
<i>Caulerpa scalpelliformis</i> , <i>Gracilaria crassa</i> , <i>Acanthophora spicifera</i> ve <i>Sargassum wightii</i>	Aseton, Metanol, Kloroform, Dietileter, Etil asetat, Su	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella</i> sp, <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ramalingam ve Amutha (2013)
<i>Gelidiella acerosa</i> , <i>Gracilaria verrucosa</i> , <i>Hypnea musciformis</i>	Metanol, Etanol, Kloroform, Su	<i>Salmonella paratyphi</i> , <i>Enterococcus aerogenes</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella flexneri</i>	Varier vd. (2013)
<i>Ulva lactuca</i> , <i>Enteromorpha compressa</i> , <i>Padina pavonica</i> , <i>Jania rubens</i>	Metanol	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i>	Elnabris vd. (2013)
<i>Ulva lactuca</i> , <i>Cheatomorpha linoides</i> , <i>Helimeda macroloba</i>	Aseton, Etanol, Metanol, Kloroform	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Proteus mirabilis</i>	Arunachalam vd. (2014)
<i>Spatoglossum asperum</i>	Hekzan, Etil asetat, Kloroform, Metanol	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i>	Pandithurai vd. (2015)
<i>Ulva rigida</i> , <i>Gracilaria verrucosa</i>	Etanol	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Aspergillus brasiliensis</i> , <i>Candida albicans</i>	Gümüş ve Ünlüsayın (2016)
<i>Gelidium sesquipedale</i> , <i>Laminaria ochroleuca</i>	Metanol, Heksan, Diklorometan, Diklorometan/Metanol, Su	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus</i> sp., <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas</i> sp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Candida albicans</i> , <i>Candida tropicalis</i> , <i>Cryptococcus neoformans</i>	Boujaber vd. (2017)
<i>Caulerpa racemosa</i> , <i>Caulerpa sertularioides</i> , <i>Ulva lactuca</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Dictyota dichotoma</i> , <i>Gracilaria multipartita</i>	Metanol	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Salmonella enterica</i>	Veeramohan vd. (2017)
<i>Ulva intestinalis</i> (<i>E. intestinalis</i>)	Metanol, Etanol, Diklorometan, hekzan	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , Methisilin dirençli <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Vibrio alginolyticus</i> , <i>V. harveyi</i> , <i>V. parahaemolyticus</i>	Srikong vd. (2017)

Kandhasamy ve Arunachalam (2008) Hindistan'ın güneydoğu sahillerinden topladıkları yeşil makroalgere ait metanol

özütlerinin gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı in-vitro antibakteriyel özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmada, yeşil

alglerle ait üyelerin, test edilen alglerin diğer üyelerinden daha yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdikleri ve tüm metanolik makroalg özütlerinin antibakteriyel aktivitenin geniş bir spektrumunu sergiledikleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda, makroalg özütlerinin antibakteriyel bileşenlerin potansiyel bir kaynağı olarak kullanılabileceği belirtilmektedir.

Kolanjinathan vd. (2009), 3 farklı makroalgden elde ettiği etanol özütlerini toplam 6 patojen bakteriye karşı test etmişlerdir. *Gracilaria edulis*'in etanol özütlerinin *Bacillus cereus* ve *Enterobacter aerogenes* hariç tüm test mikroorganizmalarının büyümesini engellediğini belirlemişlerdir. *Gracilaria edulis*'in etanol özütleri, *Staphylococcus aureus*'a karşı 13.7 mm ile maksimum, *Enterobacter aerogenes*'e karşı 3.1 mm ile minimum zonlu oluşturmıştır. *Calorpha peltada* makroalg özütlerinin *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus faecalis* gibi bakterilere karşı etkili olduğu bulunmuştur. *Hydroclathrus* sp. özütünün test edilen 6 patojen mikroorganizmadan sadece *Pseudomonas aeruginosa*'nın gelişimini engellediği bildirilmiştir.

Demirel vd. (2009), İzmir sahillerinden toplanan kahverengi makroalglerden metanol, diklorometan ve hekzan özütlerinin buhar distilasyon ile esansiyel yağlarını elde etmişler ve bunların antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerini araştırdıkları çalışmada, diklorometan özütlerinin 1 ve 1.5 mg/disk konsantrasyonlarında diğer iki çözgünden daha iyi antioksidan ve antimikrobiyal aktivite gösterdiğini belirlemişlerdir.

El-Baky vd. (2009), *Ulva lactuca* deniz makroalg özütlerinin doğal koruyucu madde olarak kullanımını araştırmışlardır. Antibakteriyel aktiviteyi kâğıt disk difüzyon yöntemi kullanarak *Ulva lactuca* ham organik özütlerini 6 bakteriyel suşa karşı potansiyel antibakteriyel aktivite sergilediğini tespit etmişlerdir. Kâğıt diske üç farklı konsantrasyonda (1, 2 ve 4 mg/her disk için) *Ulva lactuca* özütü ilave etmişlerdir. *Ulva lactuca* özütlerinin kloramfenikol antibiyotığı ile kıyaslandığında ise ticari olarak kullanılan bu antibiyotik kadar etkili olmadığı ancak özütlerin antibakteriyel aktivitesinin kullanılan doza bağlı olarak arttığını belirtmişlerdir. Bu yüzden *Ulva lactuca* özütlerinin gıda ve eczacılık endüstrisinde doğal bir koruyucu madde olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Gerasimenko vd. (2010), *Laminaria cichorioides* kahverengi alginin etanol özütünün test edilen tüm mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Gupta vd. (2010), taze makroalglerden sağladıkları %60'lık metanol özütlerinin test edilen dört bakteriyel organizmanın tümüne karşı güçlü antimikrobiyal özellik gösterdiklerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada kullanılan mikroorganizmaların tümüne karşı engelleme etkisi en yüksek olan tür *Himanthalia elongata* olarak tespit edilmiştir. Çalışılan makroalg türlerinin metanol özütlerinin *Listeria monocytogenes*'e karşı maksimum engelleme gösterdiği belirlenmiştir. Test edilen özütlerin sodyum nitrit ve sodyum benzoat gibi sentetik koruyucularla kıyaslandığında neredeyse eşit aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Cox vd. (2010), 6 adet tüketilebilir İrlanda makroalginden farklı çözgenler kullanarak sağladıkları özütleri kurutarak antimikrobiyal aktivitesini incelemişlerdir. *Chondrus crispus* özütleri hariç, metanolik makroalg özütlerinin tümünün test edilen gıdalarda bozulmaya neden olan bakteriler ve patojen bakterileri engellediği belirlenmiştir. Kırmızı ve yeşil makroalglerin kurutulmuş metanolik özütleri kahverengi makroalg türlerinden daha düşük antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. *Himanthalia elongata* % 100 engelleme kapasitesiyle en yüksek antimikrobiyal aktiviteye sahip olan tür olmuştur. Bu çalışmada, ekstraksiyon çözgeni olarak etanol ve aseton kullanıldığında kırmızı ve yeşil makroalg özütlerinin önemli düzeyde antimikrobiyal aktivitelerinin arttığı belirtilmektedir.

Seenivasan vd. (2010), Hindistan'ın güneydoğu sahillerinden toplanan üç adet yeşil algin %80 etanol, metanol ve aseton özütlerinin test edilen gram negatif ve gram pozitif bakteri gelişimini engelleme yeteneğine sahip olduklarını saptamışlardır.

Mansuya vd. (2010), yeşil, kırmızı ve kahverengi alglerden elde ettikleri su ve metanol özütlerinin engelleme zonu sulu özütlerde 9-45 mm, metanol özütlerinde 6-40 arasında olduğu tespit edilmiştir. Maksimum aktivite (45 mm) *Ulva reticulata* su özütünün 200 mg'ı *Salmonella typhi*'ye karşı, minimum aktivite (9 mm) ise *Ulva lactuca* su özütünün 50 mg'ı *Streptococcus pyogenes*'e karşı kayıtlı edilmiştir. Buna karşın, metanol özütlerinde; maksimum aktivite (40 mm) *Escherichia coli* ve *Streptococcus pyogenes*'e karşı *Ulva reticulata*'nın metanol özütünün 200 mg'ında ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı *Cladophora glomerata* özütünün 200 mg'ında; minimum aktivite (6 mm) *Staphylococcus epidermis*'e karşı *Kappaphycus alvarezii* metanol özütünün 50 mg'ının olduğu belirlenmiştir. Alglerin tamamının ham metanol özütleri tüm test patojenlerine karşı engelleyici etki göstermiş ve *Ulva reticulata* özütünün en etkili tür olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, *Ulva reticulata*'nın su özütünün *Escherichia coli* ve *Pseudomonas aeruginosa*'ya karşı engelleyici etkisinin olmadığı bildirilmiştir.

Christobel vd. (2011), Hindistan'ın güneybatı sahillerinden toplanan 7 makroalg türünün su özütlerinin 10 patojenik bakteri suşuna ait antibakteriyel aktivitesini araştırmışlardır. Test edilen bakteri isolatlarının %70'ine karşı en yüksek aktiviteyi *Ulva fasciata*, *Gracilaria corticata*, *Sargassum wightii* ve *Padina tetrastrum*'ın gösterdiğini bildirmişlerdir. Maksimum engelleme zonu kırmızı alg türü *Gracilaria corticata*'nın *Proteus mirabilis* (17 mm) ve kahverengi bir alg türü olan *Padina tetrastrum*'ın *Staphylococcus aureus* ve *Vibrio harveyi* (15 mm)'e karşı olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak engelleme aktivitesinin Gram negatif bakterilere karşı daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Ertürk ve Taş, 2011, Türkiye'nin Vona kıyısından toplanan yeşil, kahverengi ve kırmızı olmak üzere toplam yedi deniz makroalg türünden elde ettikleri etanol özütlerini altı bakteri ve iki mantara karşı antibakteriyel ve antifungal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. Analiz edilen deniz makroalglerinin

içerisinde *Cladophora glomerata* ve *Padina pavonica*, test organizmalarının en yaygın spektrumuna karşı en güçlü aktiviteyi sergiledikleri belirlenmiştir. *Enteromorpha linza* ve *Padina pavonica*, türleri *Aspergillus niger*'e karşı en yüksek antifungal aktiviteyi gösteriyorken, *Cladophora glomerata* türünün ise *Staphylococcus aureus*'a karşı en yüksek antibakteriyel aktiviteyi gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, makroalglerden elde edilen tüm özütlerin *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus niger* ve *Salmonella typhimurium*'a karşı önemli bir antimikrobiyal aktivite gösterdikleri belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda *Cladophora glomerata* ve *Padina pavonica* makroalg türlerinin biyoaktif bileşenlere potansiyel olarak sahip olduğunu ve doğal antibiyotik olarak kullanım olanaklarının araştırılabileceğini tavsiye etmektedirler.

Priyadharshini vd. (2011), *Ulva fasciata*'nın butanol, metanol ve su özütlünün balık patojenlerine karşı antimikrobiyal aktivitelerini araştırmışlardır. *Vibrio alginolyticus*'a karşı maksimum (16 mm), *Enterobacter sp.*'ye karşı minimum (12 mm) engelleme zonu oluşturduğu tespit edilmiştir. *Ulva fasciata*'nın fungal patojenlere karşı daha zayıf aktivite gösterdiği bildirilmektedir. *Aspergillus niger* ve *Candida sp.* mantarlarına karşı antifungal aktivite göstermediği belirlenmiştir. Bu araştırma sonucunda, yetiştiricilik için sağlığı teşvik eden gıda olarak ya da eczacılık için antimikrobiyal bir ajan olarak makroalglerin kullanılabileceği belirtilmektedir.

Salem vd. (2011), Kızıl Deniz (Mısır)'den toplanan kahverengi, kırmızı ve yeşil makroalgere ait metanol ve etil asetat özütlərini gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı test etmişlerdir. Algal özütlerin gram pozitif bakteriler üzerine (19 mm'ye kadar inhibisyon zonu) gram negatif bakterilerden (14 mm'ye kadar inhibisyon zonu) daha fazla etkili olduğu rapor edilmiştir. Test edilen mikroorganizmalar üzerine etil asetat özütlünün metanolik özütlərden daha iyi sonuç verdiği ve *Caulerpa racemosa* etil asetat özütlünün en güçlü engelleyici etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Gupta vd. (2012), *Himanthalia elongata* kahverengi makroalg özütlünün gıdaların korunması için doğal bir antimikrobiyal madde olarak kullanım olanaklarını ve üç kinetik modelleme yönteminin bu amaç için uygunluğunu araştırmışlardır. Gıdaların bozulmasına neden olan ve gıda patojeni mikroorganizmaların gelişim kinetikleri üzerine *Himanthalia elongata* özütlünün farklı konsantrasyonlarının etkilerini incelemişlerdir. *Himanthalia elongata* özütlünün % 6'lık konsantrasyonunun çalışılan tüm mikroorganizmaların gelişimini engellediği tespit edilmiştir. Araştırmacılar gıda muhafazasında doğal antibakteriyel madde olarak deniz makroalg özütlünün iyi bir potansiyele sahip olduğunu bildirmektedirler. Bu özütlerin yüksek konsantrasyonlarının gıdaların organoleptik özelliklerini etkileyebileceğini, bununla birlikte bakteriyel yükün düşük olduğu durumlarda düşük konsantrasyonlarının kullanımı gıda güvenliği için yeterli olabileceğini rapor etmişlerdir.

Kayalvizhi vd. (2012)'nin yapmış oldukları çalışmada, elde edilen tüm özütlerin özellikle asetonla elde edilen kahverengi

makroalg özütlünün önemli düzeyde antimikrobiyal aktivite sergilediklerini ifade etmektedirler.

Zbakh vd. (2012), Akdeniz'in Morocco sahillerinden toplanan 20 makroalg türünün (9 yeşil alg, 3 kahverengi alg ve 8 kırmızı alg) metanol özütlünün antibakteriyel aktivitesini test etmişlerdir. Kırmızı algere ait çalışılan türlerin test edilen 3 bakteri suşunun büyümesini engellediği ve 20-24 mm arasında zon oluşturduğu belirlenmiştir. Test edilen algler arasında 17 tanesinin antibakteriyel aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. *Ulva lactuca*, *Gracilaria bursa-pastoris* ve *Chaetomorpha linum* özütlünün en yüksek antibakteriyel aktiviteye sahip oldukları belirlenmiştir. 15 özütlü (%75) *Staphylococcus aureus*'a, 7 özütlü (%35) *E. coli*'ye ve 2 özütlü (%10) *Enterococcus faecalis*'e karşı hayli aktif engelleyici etkisinin olduğu bildirilmiştir. *Ulva rigida*'nın metanol özütlünün ise test edilen tüm suşlara karşı engelleyici etki gösterdiği rapor edilmektedir. Bu çalışmanın sonuçları göstermiştir ki, kullanılan makroalg türlerinin önemli derecede antibakteriyel kapasiteye sahip olduğunu, biyoaktif bileşenlerin potansiyel bir kaynağı olarak kullanılabileceğini ve doğal antibiyotiklerin üretimi için çalışılabileceğini bildirmektedirler.

Ghanthikumar vd. (2012), 6 adet bakteriyel insan patojeni üzerine, 6 denizel makroalg özütlünün antibakteriyel etkilerini disk difüzyon yöntemine göre çalışmışlardır. Maksimum engelleme aktivitesi metanol ve toluol özütlərnde gözlemlenmesine karşın, sulu özütlərde daha az aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Test edilen tüm makroalg özütləriyle karşılaştırıldığı zaman *Amphiroa anceps* ve *Gracilaria pygmaea* türlerinin metanol özütləri maksimum engelleme zonunu oluşturduğu belirlenmiştir. Çalışmada sağlanan sonuçlara göre; bu makroalg özütlünün, test edilen mikroorganizmaların neden olduğu hastalıkların tedavisinde kullanılabileceği araştırmacılar tarafından tavsiye edilmektedir.

Ramalingam ve Amutha (2013), 4 adet denizel makroalg özütlünün antimikrobiyal aktivitelerini test etmişler ve yaygın olarak kullanılan antibiyotiklere alternatif olarak kullanımını araştırmışlardır. Kloroform özütləri hariç, tüm makroalg özütləri 8 mm'nin altında bir engelleme zonu oluşturmuştur. Çalışma sonucunda en yüksek *Acanthophora spicifera*, en düşük *Sargassum wightii* türüne ait özütlerin antibakteriyel aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Varier vd. (2013), kırmızı alglerin ham özütlərini gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesini belirlemişlerdir. *Gracilaria verrucosa*'nın kloroform özütlərünün *Salmonella paratyphi*'ye karşı en yüksek inhibisyon zonunu (21 mm) oluşturduğu rapor edilirken su özütlərünün hiçbirinin antibakteriyel aktivite göstermediği belirlenmiştir. Makroalglerin tümünün, seçilen bu patojen bakterilere karşı potansiyel bir antibakteriyel ajan olarak kullanılabileceği bildirilmektedir.

Elnabris vd. (2013), çalışmada kullandıkları makroalglerin metanol özütlərini gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitelerini değerlendirmişlerdir. *Ulva lactuca* makroalg türünün *E. coli* hariç test edilen bütün mikroorganizmaların büyümesini engellediği belirlenmiştir. Aynı

zamanda çalışmada kullanılan yeşil makroalg sınıfına ait türlerin, kahverengi ve kırmızı makroalg türlerinden daha yüksek bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu belirtilmektedir.

Arunachalam vd. (2014), yeşil algler sınıfına ait 3 adet makroalgın antimikrobiyal aktivitesini test ettikleri çalışmada, *Ulva lactuca*'nın metanol özütünün *Proteus mirabilis*'e karşı maksimum aktivite (7 mm) gösterdiği belirlenmiştir.

Pandithurai vd. (2015), *Spatoglossum asperum* makroalgının çeşitli çözgenlere karşı antimikrobiyal aktivitesini araştırdıkları araştırma sonucunda, kloroform ve metanol özütlerinin *Staphylococcus aureus*'a karşı maksimum engelleme gösterdiği ve genel olarak test edilen mikroorganizmalara karşı metanol özütlerinin daha etkili sonuç gösterdiği belirlenmiştir.

Gümüş ve Ünlüsayın (2016)'da denizel makroalg türlerinden farklı ekstraksiyon sıcaklıklarında etanol özütleri elde etmiş 6 bakteri ve 2 mantar türüne karşı antimikrobiyal aktivitelerini araştırdıkları çalışmada; test edilen tüm özütlerin *Aspergillus brasiliensis* hariç tüm bakteri ve mantarlara karşı antimikrobiyal etki gösterdiklerini tespit etmişlerdir.

Boujaber vd. (2017)'nin yapmış oldukları çalışmanın sonucunda, *Gelidium sesquipedale* ve *Laminaria ochroleuca* makroalglerinin her ikisinin de lipid fraksiyonlarının ve sadece *Gelidium sesquipedale* makroalginin protein fraksiyonunun antimikrobiyal aktivite sergilediği belirlenmiştir.

Veeramohan vd. (2017), Hindistanın batı sahillerinden toplanan makroalg türlerinin metanol özütlerinin antimikrobiyal aktivitesini araştırdıkları çalışmada, test edilen bakterilerin tümüne karşı en yüksek aktiviteye *Padina gymnospora* ve *Dictyota dichotoma* makroalg türlerinin sahip olduğu belirtilmektedir.

Srikong vd. (2017), Tayland'ın güney sahillerinde yaygın olarak dağılım gösteren *Enteromorpha intestinalis*'den farklı çözgenlerle hazırlanan özütlerin antibakteriyel aktivitesini araştırdıkları çalışmada sadece hekzan özütlerinin gram pozitif bakteriler üzerine antibakteriyel aktiviteye sahip olduğunu, gram negatif bakterilere karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olmadığını belirlemişlerdir.

Denizel makroalglerde antimikrobiyal aktiviteden sorumlu bileşenler

Deniz makroalgleri savunmaları için kimyasal olarak antibakteriyel, antialgal, antimakrofouling ve antifungal özelliklere sahip olduğu bilinen biyoaktif metabolitlerin geniş bir çeşitliliğini üretmektedirler (Paul ve Puglisi, 2004; Bhadury ve Wright, 2004). Çevresel etmenler altında patojen bir saldırı gerçekleştiği zaman bu metabolitler, organizmaların kendilerini tekrar yenileyebilmelerine olanak sağlamaktadır (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012). Makroalglerde bulunan tallusun farklı bölümleri (Vlachos vd., 1999) ya da tekrar üretim aşamasını içeren (Robles-Centeno vd., 1996) yaşamsal parametreler, coğrafik bölge ve mevsim gibi abiyotik faktörler, makroalglerde bulunan ikincil metabolitlerin düzeyini

etkileyebilmektedirler (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Antimikrobiyal metabolitlerin, ılıman ya da tropikal denizel makroalglerin tüm sınıflarında (yeşil [Ulvales ve Codiales], kahverengi [Dictyotales, Laminariales ve Fucales] ve kırmızı [Gigartinales ve Ceramiales]) bulunduğu bildirilmektedir (Pesando, 1990). Makroalg türlerine göre farklılık gösteren ikincil metabolitler antimikrobiyal aktiviteden sorumlu olan moleküller olarak tanımlanmaktadır (Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Denizel makroalglerin kimyasal kompozisyonu ve antimikrobiyal aktivitesi; tür farklılığına, tallusun bulunduğu bölgeye, fizyolojik duruma, çevresel koşullara (iklim, bölge, tuzluluk, sıcaklık), kirliliğe, büyüme koşullarına, hasat zamanı ve epifitik organizmalara göre farklılıklar gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda rapor edilmektedir.

Farklı çalışmalarda, mevsimlere göre alglerde bulunan antimikrobiyal etkinin ve kimyasal kompozisyonun etkilendiği belirtilmektedir. Araştırmacılar, alglerin maksimum antibakteriyel etkiyi ilkbahar döneminde sergilediklerini ve bunun muhtemelen bu dönemde baskın olan bazı aktif bileşenlerden kaynaklandığını belirtmektedirler (Perez vd., 2016; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Stirk vd. (2007), Güney Afrika'nın doğu sahillerinde Roky Körfezi'nden toplanan yedi makroalg türünün metanol özütlerinin mevsimsel değişimlere göre antifungal ve antibakteriyel aktivitelerinin değişip değişmediğinin araştırdıkları çalışmanın sonucunda, mevsimsel değişimler sırasında antifungal aktiviteleri bakımından farklılık bulunmadığını ancak antibakteriyel aktiviteleri arasında farklılıklar bulunduğunu tespit etmişlerdir. Yaz döneminde toplanan makroalglerde antibakteriyel aktivite gözlenmez iken; Temmuz, Eylül ve Kasım'da toplananlarda antibakteriyel aktivite gözlenmiştir. Tüm yıl boyunca antibakteriyel aktivite ve en yüksek antifungal aktivite gösteren makroalg *Dictyota humifusa*'nın olduğu tespit edilmiştir.

Makroalglerden elde edilen özütlerde bulunan biyoaktif bileşenleri sağlamak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemler sonucu elde edilen biyoaktif bileşenlerin verimi; kullanılan ekstraksiyon yöntemi ve çözgene göre farklılıklar göstermektedir. Denizel makroalglerden antibakteriyel maddeleri elde etmek için çeşitli ekstraksiyon koşulları (dondurarak kurutma, soxhlet ekstraksiyonu, organik çözücülerin, enzimlerin ya da bakteriyel fermentasyon kullanımı gibi) verilmektedir. Bununla birlikte; farklı ekstraksiyon sıcaklıkları, zaman, pH aralığı, konsantrasyonlar ve çözücü polaritesi gibi parametrelerin tümünün son ürünün antibakteriyel tesirini etkilediği yapılan çalışmalar sonucunda belirtilmektedir (Sastri ve Rao, 1994; Seenivasan vd., 2010; Salem vd., 2011; Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Bununla birlikte; taze denizel makroalglerde bulunan uçucu antimikrobiyal bileşenlerin (hidrojen peroksit, terpenoid, brom eter bileşenleri ve uçucu yağ asitleri) yüksek sıcaklıklarda uygulanan kurutma yöntemine bağlı olarak miktarlarında

önemli derecede azalan bir değişim olduğu bildirilmektedir (Perez vd., 2016).

Makroalgelerde bulunan ve antimikrobiyal etkiye sahip olan bu bileşenlerden bazıları; polifenoller, flavonoidler ve polisakkaritler olup, kahverengi, kırmızı ve yeşil alglerde bulunduğu belirlenmiştir (Zaragoza vd., 2008; Cox vd., 2010). Kateşinler, flavonoller ve flavonol glikosidler kırmızı ve kahverengi alglerin metanol ekstraksiyonlarından tanımlanmış ve antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip oldukları tespit edilmiştir. Alglerde bulunan pek çok fonksiyonel kimyasal grubun (florotanninler, yağ asitleri, peptidler, terpenler, polisakkaritler, poliasetilenler, steroller, indol alkaloidler, aromatik organik asitler, hidrokinonlar, alkol, aldehytler, ketonlar ve halojenli furanlar gibi) bakteriyel engelleyiciler olarak görev yaptıkları bildirilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Nagayama vd. (2002)'de kahverengi alglerden elde ettikleri fenolik bir bileşen olan florotanninlerin güçlü bir bakterisit etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Alg hücreleriyle fisodlar olarak adlandırılan fukosan granüllerinde oluşan, tallusun kuru kütlelerinin %1-15'ini içeren florotaninlerin antibakteriyel aktivitesinin; hücre tahribatına sebep olan hücre membranları ve enzimler gibi bakteriyel proteinlere bağlanma yeteneklerine sahip olmaları ve oksidatif fosforilasyonu engellemesi gibi özelliklerinden kaynaklandığı rapor edilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Florotaninlerin yanı sıra alglerde bulunan, yağ asitleri, polisakkaritler, proteinler ve peptidler, terpenler, laktonlar gibi kimyasalların da antimikrobiyal etkiden sorumlu oldukları bildirilmektedir (Shannon ve Abu-Ghannam, 2016). Horie vd. (2008)'de *Sargassum sagamianum* kahverengi alginden antibakteriyel özelliklere sahip olan sargaquinoik asit türevlerini izole etmişlerdir.

Robles-Centeno vd. (1996), doğal veya kültür ortamlarında yetiştirilen kırmızı alglerde biyoaktif bileşenlerin büyük bir çeşitliliğini üreten karmaşık bir kimyasal savunma olduğu vurgulanmaktadır. Kırmızı alglerin bir kısmı halojenli terpenoidleri üretmektedirler (Vairappan vd. 2001; Xu vd. 2004; Vairappan vd. 2004). Yeşil algler arasında *Ulva*'lar ve *Acrosiphoniales*'ler akrilik asit ve *Caulerpa*'larca zengindir ve çok miktarda biyoaktif diterpenoidleri üretmektedirler (Pesando 1990). Kahverengi algere ait olan *Fucales* ve *Dictyotales*'ler arasında, akrilik asit, karmaşık diterpenoid türevleri, florotanin ve fenolik yağları içeren antimikrobiyal bileşenler bulunmuştur (Sastri ve Rao, 1994; Van Heemst vd., 1996; Abourriche vd., 1999; Hellio vd., 2001; Zinedine vd., 2004; Bourgougnon ve Stiger-Pouvreau, 2012).

Sphaerococcus coronopifolius'dan izole edilen bromoditerpenin (bromospehaerone) *S. aureus* bakterisine karşı, kırmızı alglerden (*Laurencia majuscula* ve *Laurencia marinensis*) izole edilen halojenli terpenler (Iembeyne A ve Iembeyne B), deniz alglerinden izole edilen Almazole D (antibakteriyel oxazole dipeptid)'nin bakterilere karşı güçlü bir antibakteriyel bileşen olduğu rapor edilmektedir (Smit, 2004; Venugopal, 2009).

Makroalgelerin antimikrobiyal aktivitesi klorofil türevleri, akrilik asit, terpenler, fenolik maddeler, halojenli alifatik bileşenler ve sülfür içeren heterosiklik bileşenlerden kaynaklanmaktadır. Bu bileşenlerin yanında antimikrobiyal aktivite bazı aminoasitler, florotanninler, steroidler, halojenli ketonlar ve alkanlar, siklik polisülfidler ve yağ asitlerinden de kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, hala cevaplanması gereken pek çok soru bulunmaktadır ve bu yüzden literatürde sürekli olarak yeni çalışmaların olduğu görülmektedir (Espeche vd., 1984; Watson ve Cruz-Rivera, 2003; Cox vd., 2010; Srivastava vd., 2010; Salem vd., 2011; Radhika vd., 2012; Gupta vd., 2012; de Almeida Mendes, 2012; Perez vd., 2016; Srikong vd., 2017; Veeramohan vd., 2017).

Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesinde kullanılan metotlar

Araştırmacılar, algal özütlerin ya da onların metabolitlerinin antimikrobiyal aktivitesini farklı metotlar ile belirlemişlerdir. Çoğunlukla in-vitro bazen de in-vivo analiz yöntemlerini, birbirlerinden farklı alg özütleri ve mikroorganizmalar için kullanmışlardır (Perez vd., 2016). Genellikle disk ya da kuyucuk difüzyon agar, büyüme inhibisyon ve minimum engelleme konsantrasyon yöntemi gibi farklı analiz yöntemlerini kullanarak antimikrobiyal aktiviteyi belirlemişlerdir.

Disk difüzyon agar yöntemi, antibakteriyel ve antifungal aktiviteyi değerlendirmek için araştırmacılar tarafından en yaygın olarak kullanılan metotlardan biridir. Bu metot, steril kağıt disklerin kullanımına dayanan ve kağıt diskler üzerine farklı konsantrasyonlarda enjekte edilen makroalg özütlerinin, bakteri, maya-küfe karşı etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Agar üzerine belirli bakteriyel ya da fungal kültürler (10^5 - 10^8 kob/ml oranında mikroorganizma süspansiyonu) eklenerek yapılmaktadır (Demirel vd., 2009; El-Baky vd., 2009; Ertürk ve Taş, 2011; Ghanthikumar vd., 2012; Varier vd., 2013; Elnabris vd., 2013; Arunachalam vd., 2014; Perez vd., 2016; Gümüş ve Ünlüsayın, 2016; Veeramohan vd., 2017). Diğer bir yöntem ise; Seenivasan vd. (2010) ve Mansuya vd. (2010)'nın araştırmalarında kullandıkları kuyucuk difüzyon agar yöntemidir. Bu yöntemde, agarlar içerisinde açılan kuyucuklar içerisine makroalg özütlerini koyarak etrafında oluşturdukları zona bağlı olarak antimikrobiyal aktivite tespit edilmektedir. Büyüme inhibisyon analizi ise spektral bir ölçüm olup, belirli bir zaman içerisinde kuyucuklu petripler içerisinde bulunan alg özütlerinin varlığında antimikrobiyal gelişmenin izlendiği bir yöntemdir. Araştırmacılar farklı ışık yoğunluğu (490 nm ve 600 nm gibi)'nda farklı alg özütlerinin farklı konsantrasyonlarında farklı sürelerde takiplerini yapmışlar ve bu yöntemle göre alg özütlerinin antibakteriyel ve antifungal aktivitesini belirlemişlerdir (Garcia-Bueno vd., 2014; Pinteus vd., 2015). Başka bir yöntem olan minimum engelleme konsantrasyon analizi; bakteriyel veya fungal büyümenin engellendiği ham ya da saflaştırılmış makroalg özütlerinin en düşük konsantrasyonunun belirlendiği bir yöntemdir (Stirk vd., 2007; El-Baky vd., 2009; Ertürk ve Taş, 2011; Veeramohan vd., 2017; Srikong vd., 2017).

SONUÇ

Araştırmacılar kırmızı, kahverengi ve yeşil makroalg özütlerinin çeşitli mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal özellik gösterdiğini ve makroalg özütlerinde bulunan bu antimikrobiyal aktivitenin, ikincil metabolitler olarak da bilinen biyoaktif bileşiklerin varlığından kaynaklandığını bildirilmektedirler. Makroalgler bünyelerinde biyoaktif bileşenleri bulundurmasından dolayı uzun zamanlardan beri tıp, eczacılık, kozmetik ve diğer endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Abourriche, A., Charrouf, M., Berrada, M., Bennamara, A., Chaib, N. & Francisco, C. (1999). Antimicrobial activities and cytotoxicity of the brown algae *Cystoseira tamariscifolia*. *Fitoterapia*, 70, 611-614. DOI: 10.1016/S0367-326X(99)00088-X
- Arunachalam, P., Uthandakalai, R. & Rajsmail, R. 2014. Evaluation of antibacterial activity of some selected green seaweed extracts from Muttam coastal areas, Kanyakumari, Tamil Nadu, India. *Journal of Coastal Life Medicine*, 2(2), 112-115. DOI: 10.12980/JCLM.2.2014C1116
- Bhadury, P. & Wright, P.C. (2004). Exploitation of marine algae: biogenic compounds for potential antifouling applications. *Planta*, 219, 561-578. DOI: 10.1007/s00425-004-1307-5
- Boujaber, N., Oumaskour, K., Assobhei, O. & Etahiri, S. (2017). Antimicrobial activity of different fractions obtained from *Gelidium sesquipedale* and *Laminaria ochroleuca*. *Journal of Bio Innovation*, 6(3), 362-368 (Elektronik).
- Bourgougnon, N. & Stiger-Pouvreau, V. (2012). Chemodiversity and bioactivity within red and brown macroalgae along the French coasts, metropole and overseas departements and territories. 58-105 pp. In: Kim, S-K. (Eds.), *Handbook of Marine Macroalgae*. JohnWiley & Sons, Ltd., 567 p.
- Cox, S., Abu-Ghannam, N. & Gupta, S. (2010). An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. *International Food Research Journal*, 17(1), 205-220. DOI: 10.21427/D7HC92
- Christobel, G.J., Lipton, A.P., Aishwarya, M.S., Sarika, A.R. & Udayakumar, A. (2011). Antibacterial activity of aqueous extract from selected macroalgae of southwest coast of India. *Seaweed Research and Utilization*, 33 (1-2): 67-75.
- De Almeida Mendes, M.S. (2012). Functional activity of seaweed extracts from north Portuguese coast. Universidade Católica Portuguesa, Escola Superior de Biotecnologia, Mikrobiyoloji Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2012, Porto/ Portekiz, 49 s.
- Demirel, Z., Yılmaz-Koz, F.F., Karabay-Yavaşoğlu, U.N., Özdemir, G. & Sukatar, A. (2009). Antimicrobial and antioxidant activity of brown algae from the Aegean Sea. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(6), 619-628. DOI: 10.2298/JSC0906619D
- El-Baky, H.H.A., El-Baz, F.K. & El-Baroty, G.S. (2009). Natural preservative ingredient from marine alga *Ulva lactuca* L. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(9), 1688-1695. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.01926.x
- Elnabris, K.J., Elmanama, A.A. & Chihadeh, W.N. (2013). Antibacterial activity of four marine seaweeds collected from the coast of Gaza Strip, Palestine. *Mesopotamian Journal Marine Science*, 28(1), 81-92.
- Ertürk, Ö. & Taş, B. (2011). Antibacterial and Antifungal Effects of Some Marine Algae. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17, 121-124.
- Espeche, M.E., Fraile, E.R. & Mayer, A.M.S. (1984). Screening of Argentine marine algae for antimicrobial activity. *Development in Hydrobiology*, 116/117, 525-528. DOI: 10.1007/978-94-009-6560-7_107
- Garcia-Bueno, N., Decottignies, P., Turpin, V., Dumay, J., Paillard, C., Stiger-Pouvreau, V., Kervarec, N., Pouchus, Y.F., Marin-Atucha, A.A. & Fleurence, J. (2014). Seasonal antibacterial activity of two red seaweeds, *Palmaria palmata* and *Grateloupia turuturu* on European abalone pathogen *Vibrio harveyi*. *Aquatic Living Resources*, 27:83-89. DOI: 10.1051/alr/2014009
- Gerasimenko, N.I., Chaykina, E.L., Busarova, N.G. & Anisimov, M.M. (2010). Antimicrobial and hemolytic activity of low-molecular metabolites of brown seaweed *Laminaria cichorioides* (Miyabe). *Applied Biochemistry and Microbiology*, 46(4), 426-430. DOI: 10.1134/S0003683810040113
- Ghanthikumar, S., Vanila, D., Masillamani, A. & Kanthasamy, R. (2012). Antibacterial activity of some seaweeds. *Applied Biology and Biotechnology*, 1(1), 1-5.
- Gupta, S., Cox, S., Rajauria, G., Jaiswal, A.K. & Abu-Ghannam, N. (2012). Growth inhibition of common food spoilage and pathogenic microorganisms in the presence of brown seaweed extracts. *Food and Bioprocess Technology*, 5(5), 1907-1916. DOI: 10.1007/s11947-010-0502-6
- Gupta, S., Rajauria, G. & Abu-Ghannam, N. (2010). Study of the microbial diversity and antimicrobial properties of Irish edible brown seaweeds. *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 482-489. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2009.02149.x
- Gümüş, B. & Ünlüsayın, M. (2016). Tüketilebilir iki makroalg ekstraktının antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi*, 33(4), 389-395. DOI: 10.12714/eejfas.2016.33.4.13
- Hellio, C., Thomas-Guyon, H., Culioli, G., Piovetti, L., Bourgougnon, N. & Le Gal, Y. (2001). Marine antifoulants from *Bifurcaria bifurcata* (Phaeophyceae, Cystoseiraceae) and other brown macroalgae. *Biofouling*, 17, 189-201. DOI: 10.1080/08927010109378478
- Horie, S., Tsutsumi, S., Takada, Y. & Kimura, J. (2008). Antibacterial quinone metabolites from the brown alga, *Sargassum sagamianum*. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 81(9), 1125-1130. DOI: 10.1246/bcsj.81.1125
- Kandhasamy, M. & Arunachalam, K.D. (2008). Evaluation of *in vitro* antibacterial property of seaweeds of southeast coast of India. *African Journal of Biotechnology*, 7(12), 1958-1961. DOI: 10.5897/AJB08.120
- Kayalvizhi, K., Subramanian, V., Anantharaman, P. & Kathiresan, K. (2012). Antimicrobial activity of seaweeds from the Gulf of Mannar. *International Journal of Pharmaceutical Applications*, 3(2), 306-314.
- Kolanjinathan, K., Ganesh, P. & Govindarajan, M. (2009). Antibacterial activity of ethanol extracts of seaweeds against fish bacterial pathogens. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 13(3), 173-177.
- Mansuya, P., Aruna, P., Sridhar, S., Kumar J.S. & Babu, S. (2010). Antibacterial activity and qualitative phytochemical analysis of selected seaweeds from Gulf of Mannar region. *Journal of Experimental Sciences*, 1(8), 23-26.
- Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y., Takeuchi, T., Chihara, M., Yamamoto, Y., Niki, E. & Karube, I. (1997). A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 9, 29. DOI: 10.1023/A:1007935218120
- Nagayama, K., Iwamura, Y., Shibata, T., Hirayama, I. & Nakamura, T. (2002). Bactericidal activity of phlorotannins from the brown alga *Ecklonia kurome*.

- Journal of Antimicrobiology Chemother*, 50(6), 889-893.
DOI: 10.1093/jac/dkf222
- Pandithurai, M., Murugesan, S. & Sivamurugan, V. (2015). Antibacterial activity of various solvent extracts of marine brown alga *Spatoglossum asperum*. *International Journal of Pharmacological Research*, 5(6), 133-138.
DOI: 10.7439/ijpr
- Paul, V.J. & Puglisi, M.P. (2004). Chemical mediation of interactions among marine organisms. *Natural Product Reports*, 21, 189-209.
DOI:10.1039/B302334F
- Perez, M.J., Falque, E. & Dominguez, H. (2016). Antimicrobial Action of Compounds from Marine Seaweed. *Marine Drugs*, 14(3), 52.
DOI: 10.3390/md14030052
- Pesando, D. (1990). Antibacterial and antifungal activities of marine algae. In: Introduction to Applied Phycology (I. Akatsuka, ed.). SPB Academic Publishing bv, TheHague. pp. 3-27.
- Pinteus, S., Alves, C., Monteiro, H., Araújo, E., Horta, A. & Pedrosa, R. (2015). *Asparagopsis armata* and *Sphaerococcus coronopifolius* as a natural source of antimicrobial compounds. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 31, 445-451. DOI: 10.1007/s11274-015-1797-2
- Priyadharshini, S., Bragadeeswaran, S., Prabhu, K. & Sophia Ran, S. (2011). Antimicrobial and hemolytic activity of seaweed extracts *Ulva fasciata* (Delile 1813) from Mandapam, Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(Supl 1), 38-39.
DOI: 10.1016/S2221-1691(11)60118-4.
- Qiao, J. 2010. Antibacterial effect of extracts from two Icelandic algae (*Ascophyllum nodosum* ve *Laminaria digitata*). The United Nations University, Fisheries Training Programme Final Project, 36 pp, Reykjavik, Iceland.
- Radhika, D., Veerabahu, C. & Priya, R. (2012). Antibacterial activity of some selected seaweeds from the Gulf of Mannar coast, South India. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 5(4), 89-90.
- Ramalingam, A. & Amutha, C. (2013). Antibacterial activity of four seaweed collected from Thondi Coast, Tamilnadu, India. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 3(1), 60-64.
- Robles-Centeno, P.O., Ballantine, D.L. & Gerwick, W.H. (1996). Dynamics of antibacterial activity in three species of Caribbean marine algae as a function of habitat and life history. *Hydrobiologia*, 326/327, 457-462.
- Salem, W.M., Galal, H. & Nasr El-Deen, F. (2011). Screening for antibacterial activities in some marine algae from the red sea (Hurghada, Egypt). *African Journal of Microbiology Research*, 5(15), 2160-2167.
DOI: 10.5897/AJMR11.390
- Sastry, V.M.V.S. & Rao G.R.K. (1994). Antibacterial substances from marine algae: successive extraction using benzene, chloroform and methanol. *Botanica Marina*, 37, 357-360. DOI: 10.1515/botm.1994.37.4.357
- Seenivasan, R., Indu, H., Archana, I.G. & Geetha, S. (2010). The antibacterial activity of some marine algae from South East coast of India. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Sciences*, 9(5), 480-489.
- Shannon, E. & Abu-Ghannam, N. (2016). Antibacterial derivatives of marine algae: an overview of pharmacological mechanisms and applications. *Marine Drugs*, 14, 81. DOI: 10.3390/md14040081
- Smit, A.J. (2004). Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: a review. *Journal of Applied Phycology*, 16(4), 245-262.
DOI: 10.1023/B:JAPH.0000047783.36600.ef
- Srikong, W., Bovomreungroj, N., Mittraparthorn, P. & Bovomreungroj, P. 2017. Antibacterial and antioxidant activities of differential solvent extractions from the green seaweed *Ulva intestinalis*. *ScienceAsia*, 43: 88-95. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2017.43.088
- Srivastava, N., Saurav, K., Mohanasrinivasan, V., Kannabiran, K. & Singh, M. (2010). Antibacterial potential of macroalgae collected from the Madappam coast, India. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*, 1(2), 72-76.
- Stirk, W.A., Reinecke, D.L. & Van Staden, J. (2007). Seasonal variation in antifungal, antibacterial and acetylcholinesterase activity in seven South African seaweeds. *Journal of Applied Phycology*, 19(3), 271-276.
DOI: 10.1007/s10811-006-9134-7
- Vairappan, C.S., Kawamoto, T., Miwa, H. & Suzuki, M. (2004). Potent antibacterial activity of halogenated compounds against antibiotic-resistant bacteria. *Planta Medica*, 70, 1087-1090.
DOI: 10.1055/s-2004-832653
- Vairappan, C.S., Suzuki M., Abe T. & Masuda, M. (2001). Halogenated metabolites with antibacterial activity from the Okinawan Laurencia species. *Phytochemistry*, 58, 517-523.
DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00260-6
- Van Heemst, J.D.H., Peulve, S. & De Leeuw, J.W. (1996). Novel algal polyphenolic biomacromolecules as significant contributors to resistant fractions of marine dissolved and particulate organic matter. *Organic Geochemistry*, 24(6-7), 629-640. DOI: 10.1016/0146-6380(96)00054-X
- Varier, K.M., Milton, M.C.J., Arulvasu, C. & Gajendran, B. (2013). Evaluation of antibacterial properties of selected red seaweeds from Rameshwaram, Tamil Nadu, India. *Journal of Academia and Industrial Research*, 1(11), 667-670.
- Veeramohan, Dr.R., Adaikala Raj, G. & Venkatesalu, V. 2017. Antibacterial activity of methanol crude extracts of marine macroalgae from the Thikkodi Calicut west coast of India. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 8(1), 136-142.
- Venugopal, V. (2009). Marine products for healthcare. Functional and bioactive nutraceutical compounds from the ocean. CRS press, Taylor and Francis group, pp. 527, Boca Raton, FL.
- Vlachos, V., Critchley, A.T. & von Holy A. (1999). Differential antibacterial activity of extracts from selected Southern African macroalgal thalli. *Botanica Marina*, 42(2), 165-173. DOI: 10.1515/BOT.1999.019
- Watson, S.B. & Cruz-Rivera, E. (2003). Algal chemical ecology: an introduction to the special issue. *Phycologia*, 42(4), 319-323.
DOI: 10.2216/i0031-8884-42-4-319.1
- Xu, N., Fan, X., Yan, X. & Tseng, C. (2004). Screening marine algae from China for their antitumor activities. *Journal of Applied Phycology*, 16, 451-456.
DOI: 10.1007/s10811-004-5508-x
- Zaragoza, M.C., Lopez, D., Saiz, M.P., Poquet, M., Perez, J., Puig-Parellada, P., Marmol, F., Simonetti, P., Gardana, C., Lerat, Y., Burtin, P., Inisan, C., Rousseau, I., Besnard, M. & Mitjavila, M.T. (2008). Toxicity and antioxidant activity in vitro and in vivo of two *Fucus vesiculosus* extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(17), 7773-7780.
DOI: 10.1021/jf8007053
- Zbakh, H., Chiheb, H., Bouziane, H., Sánchez, V.M. & Riadi, H. (2012). Antibacterial activity of benthic marine algae extracts from the Mediterranean coast of Morocco. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2(1), 219-228.
- Zinedine, A., Elakhdari, S., Faid, M. & Benlemlih, M. (2004). Antifungal and anti-aflatoxinogenic activity of the brown algae *Cystoseira tamaris scifolia*. *Journal de Mycologie Medicale*, 14, 201-205.

DERLEME

REVIEW

Viral balık hastalıkları ile mücadelede ulusal ve uluslararası mevzuatlar

National and international legislations of combating viral fish diseases

Murat Kaplan^{1*} • Mehmet Taner Karaoğlu²

¹ İzmir/Bornova Veteriner Kontrol Enstitüsü-Viroloji Bölümü (Balık Hastalıkları Ulusal Referans Laboratuvarı), 35040 Bornova, İzmir, Türkiye

² Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi-Viroloji Anabilim Dalı, 06110, Ankara, Türkiye

* Corresponding author: kaplanmurat10@gmail.com

Received date: 16.03.2018

Accepted date: 18.05.2018

How to cite this paper:

Kaplan, M. & Karaoğlu, M.T. (2018). National and international legislations of combating viral fish diseases. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 35(3), 353-360. DOI:10.12714/egejfas.2018.35.3.16

Öz: Bu derlemenin amacı, Avrupa ve Dünya kültür balıkçılığında çok önemli bir yeri olan ülkemizde viral balık hastalıklarının mücadelesi ve bildirimi ile ilgili olarak güncel bilgiler ortaya koymaktır. Gelişmiş ve organize kültür balıkçılığı işletmelerine sahip olan ülkemiz, Avrupa'da üretim ve ihracatta önemli derecede söz sahibidir. Balık hastalıklarının büyük bölümünü oluşturan ve büyük ekonomik kayıplara neden olan viral balık hastalıklarının öneminin iyi bir şekilde anlaşılmasının yanı sıra kontrol ve mücadele önlemlerinin bilinmesi ve doğru anlaşılması, sektörün gelişimine önemli katkılar sağlamaktadır. Ulusal ve uluslararası mevzuatları içeren bu derlemenin sektörün tüm paydaşlarına ulaşması ve varolan farkındalığı daha da artırması amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Balık, kontrol, mevzuat, mücadele, virüs,

Abstract: The aim of this review is provide up-to-date information on the fighting against the viral fish diseases and their notification in our country which is very important in European and world aquaculture. Turkey has developed and organized fisheries facilities and significant role in production and export in Europe. As well as the well understanding of importance of the viral fish diseases that make up the vast majority of fish diseases and cause large economic losses, the knowledge and understanding of control and combat measures provide important contributions to the development of the industry. This review, which includes national and international legislation, aims to reach all stakeholders of the sector and to increase current awareness.

Keywords: Fish, control, legislation, fighting, virus,

GİRİŞ

Ülkemizde 1970'li yıllarda alabalık ve sazan yetiştiriciliği, 1980'li yıllarda ise levrek ve çipura yetiştiriciliği başlamıştır (Alpaz, 2005). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2013 yılı verilerine göre ülkemizde 1935 adet iç su tesisi ve 418 adet deniz tesisi olmak üzere toplam 2353 adet tesis bulunmaktadır (Anonim, 2013). Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nün verilerine göre avlanma ile elde edilen üretim azalırken, yetiştiricilik ile elde edilen üretimde ise son on yılda üç kat artış sağlanmıştır. Yetiştiricilikteki üretim 2016 yılı verilerine göre denizlerde 151.794 ton, iç sularda ise 101.601 tona ulaşmıştır (Tablo 1). Bu süreçte yetiştiricilikteki gelişmeye paralel olarak ihracat artmış ve 2017 yılında 156.681 tona ulaşarak 854.731.829 Amerikan Doları gelir sağlamıştır (Tablo 2). Elde edilen veriler detaylı olarak incelendiğinde, ihracat miktarının son 5 yılda büyük bir ivme kazanarak % 100 artış sağladığı görülmektedir. İthalat ve ihracat verileri karşılaştırıldığında,

2017 yılında su ürünleri ihracatı ton bazında ithalat miktarının % 50 fazlasıyken, elde edilen gelir açısından ihracat miktarı ithalat miktarının yaklaşık 4 katıdır (Anonim, 2018a).

Tablo 1. Yıllar itibarıyla Türkiye'de toplam su ürünleri üretimi (ton/yıl)
Table 1. Total aquaculture production in Turkey by years (tons/year)

Yıllar	AVCILIK (ton)			YETİŞTİRİCİLİK (ton)			TOPLAM (ton)
	Deniz	İçsu	Toplam	Deniz	İçsu	Toplam	
2000	460.521	42.824	503.345	35.646	43.385	79.031	582.376
2001	484.410	43.323	527.733	29.730	37.514	67.244	594.977
2002	522.744	43.938	566.682	26.868	34.297	61.165	627.847
2003	463.074	44.698	507.772	39.726	40.217	79.943	587.715
2004	504.897	45.585	550.482	49.895	44.115	94.010	644.492
2005	380.381	46.115	426.496	69.673	48.604	118.277	544.773
2006	488.966	44.082	533.048	72.249	56.694	128.943	661.991
2007	589.129	43.321	632.450	80.840	59.033	139.873	772.323
2008	453.113	41.011	494.124	85.629	66.557	152.186	646.310
2009	425.275	39.187	464.462	82.481	76.248	158.729	623.191
2010	445.680	40.259	485.939	88.573	78.568	167.141	653.080
2011	477.658	37.097	514.755	88.344	100.446	188.790	703.545
2012	396.322	36.120	432.442	100.853	111.557	212.410	644.852
2013	339.047	35.074	374.121	110.375	123.019	233.394	607.515
2014	266.078	36.134	302.212	126.894	108.239	235.133	537.345
2015	397.731	34.176	431.907	138.879	101.455	240.334	672.241
2016	301.464	33.856	335.320	151.794	101.601	253.395	588.715

Tablo 2. Yıllar itibarıyla Türkiye'nin toplam su ürünleri ithalat ve ihracatı
Table 2. Total aquaculture importation and exportation of Turkey by years

Yıllar	İHRACAT			İTHALAT		
	Miktar (ton)	Değer (\$)	Değer (t)	Miktar (ton)	Değer (\$)	Değer (t)
2000	14.533	46.374.937	28.752.958	44.230	36.647.254	22.601.314
2001	18.978	54.487.312	68.838.077	12.971	11.295.373	11.917.561
2002	26.860	96.728.389	148.444.397	22.532	18.754.783	29.392.818
2003	29.937	124.842.223	186.152.895	45.606	32.636.120	48.123.816
2004	32.804	180.513.989	258.987.885	57.694	54.240.304	77.423.079
2005	37.655	206.039.936	277.963.150	47.676	68.558.341	92.425.248
2006	41.973	233.385.315	336.723.477	53.563	83.409.842	120.592.605
2007	47.214	273.077.508	356.293.408	58.022	96.632.063	126.432.371
2008	54.526	383.297.348	505.545.565	63.222	119.768.842	154.343.337
2009	54.354	318.063.028	494.899.926	72.686	105.822.852	163.633.104
2010	55.109	312.935.016	471.459.989	80.726	133.829.563	200.395.897
2011	66.738	395.306.914	664.333.252	65.698	173.886.517	290.826.203
2012	74.006	413.917.190	744.907.572	65.384	176.402.894	317.626.975
2013	101.063	568.207.316	1.083.243.678	67.530	188.068.388	359.490.196
2014	115.381	675.844.523	1.481.211.383	77.551	198.273.838	435.691.472
2015	121.053	692.220.595	1.879.701.163	110.761	250.969.660	685.467.749
2016	145.469	790.303.664	2.398.269.090	82.074	180.753.629	548.878.092
2017	156.681	854.731.829	3.128.112.446	100.444	230.111.248	841.383.610

Gerek iç piyasada gerekse ihracatta hem işletmelerin verimliliği ve kazancı hem de tüketici sağlığı açısından balık sağlığı birinci derecede önemlidir. Balık sağlığı verimle, kazançla, işletmenin geleceği ile direk ilişkilidir. Balık sağlığı bazı etkenlerin zoonotik karakterde olması veya toksikasyona yol açması nedeniyle insan sağlığı açısından da büyük önem taşımaktadır.

Ülkesel olarak balık yetiştiriciliğinde uluslararası düzeyde rekabet edecek seviyeye ulaşılması için işletmelerdeki modernizasyon ve kapasite artırımlarının yanı sıra işletme yönetim düzeninin tam olarak sağlanması, bakım ve beslenme şartlarının son standartlarda olması, kayıtların zamanında tutulması ve hastalıklar ile toksikasyonlar için gerekli tedbirlerin yerinde ve zamanında alınması büyük önem arz etmektedir.

Viral balık hastalıkları ile ilgili olarak oluşabilecek bir salgın durumunda yetkili yerel otoritelerle işbirliği yapılması, ulusal otorite ile bilgi paylaşılması ve uluslararası boyutta bildirimlerin zamanında yapılması ile gerekli kontrol ve eradikasyonlarının zamanında planlanması, oluşabilecek daha ileri salgınları ve milli ekonomideki kayıpları en az seviyede atlatmak için vazgeçilmezdir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli olan viral balık hastalıkları;

1. Enfeksiyöz Pankreatik Nekrozis (IPN)⁴
2. Viral Hemorajik Septisemi (VHS)^{1,2,3}
3. Viral Nervöz Nekrozis (VNN)⁴
4. Koi Herpes Virus Hastalığı (KHVD)^{1,2,3}
5. Herpes Viral Hematopoetik Nekrozis Virus (HVHNV)⁴
6. Enfeksiyöz Hematopoetik Nekrozis (IHN)^{1,2,3}
7. Epizootik Hematopoetik Nekrozis (EHN)^{1,2,3}
8. Salmonid Alphavirus (SAV)²
9. Sazanların Bahar Viremis (SVC)^{1,2}
10. Enfeksiyöz Somon Anemisi (ISA)^{1,2,3}
11. Red Sea Bream İridoviral Disease (RSIVD)²
12. Oncorhynchus Masou Virus Disease (OMVD)⁴
13. Viral Erythrocytic Necrosis (VEN)⁴

14. Lymphocystis Disease Virus (LCDV)⁴

¹ Ulusal mevzuatımıza göre ihbarı mecburi viral balık hastalıkları

² OIE listesinde bulunan viral balık hastalıkları

³ 2006/88/EC Avrupa Birliği direktifinde yer alan viral balık hastalıkları

⁴ Hiçbir listede bulunmayan, ancak ekonomik öneme sahip viral balık hastalıkları

BALIK HASTALIKLARI İLE MÜCADELE MEVZUATI

Ulusal Mevzuat

Türkiye'de balık hastalıklarının teşhisi ve kontrolü ile ilgili yetkili otorite Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı – Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Genel Müdürlüğe bağlı Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüleri ve Bakanlık İl Müdürlükleri'dir. Balık hastalıklarının teşhisi ile ilgili olarak Ulusal Referans Laboratuvarı ise bakanlık tarafından yetkilendirilen İzmir/Bornova Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü'dür (Anonim, 2017; Anonim, 2018b).

Türkiye' de iç su ve denizlerde su ürünleri yetiştiriciliği hızla gelişen bir sektördür. Bu sektörün gelişimini sağlamak ve verimliliğini artırmak için sağlık koşullarının belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu nedenle Avrupa Birliği'ne (AB) uyum sürecinde ülkemizde ihbarı mecburi olan balık hastalıkları ile ilgili mevzuat çalışmaları da ivme kazanmıştır. Balık hastalıkları ile ilgili ülkemizde yapılan mevzuat çalışmalarında AB direktifleri ve Dünya Hayvan Sağlığı Teşkilatı (OIE) balık hastalıkları ile ilgili programları esas alınmaktadır.

Ülkemizde viral balık hastalıklarının kontrol ve mücadelesi, her yıl bakanlık tarafından yayınlanan "Hayvan Hastalıkları ile Mücadele ve Hayvan Hareketleri Kontrolü Genelgesi" ve 24.10.2006 tarihli ve 2006/88/EC sayılı "Su Hayvanları ve Ürünlerine İlişkin Hayvan Sağlığı Gereklikleri ve Su Hayvanlarında Belirli Hastalıkların Önlenmesi ve Kontrolüne Dair Avrupa Birliği Konsey Direktifi"ne paralel olarak hazırlanan 31.01.2012 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren "Su Hayvanlarının Sağlık Koşulları İle Hastalıklarına Karşı Korunma ve Mücadele Yönetmeliği" çerçevesinde yürütülmektedir (Anonim, 2006; Anonim, 2011; Anonim, 2012; Anonim, 2017).

İhbarı Mecburi Viral Balık Hastalıkları ve Yasal Bildirim

Ülkemizde 22 Ocak 2011 tarih ve 27823 sayılı resmi gazete yayınlanan "İhbarı Mecburi Hayvan Hastalıkları ve Bildirimine İlişkin Yönetmelik" gereği ihbarı mecburi viral balık hastalıkları;

- Epizootik hematopoetik nekroz (EHN))
- Viral hemorajik septisemi (VHS)
- Balıkların enfeksiyöz hematopoetik nekrozis (IHN)
- Enfeksiyöz somon anemisi (ISA)
- Koi herpes virus hastalığı (KHVD)
- Sazanların bahar viremis (SVC) (Anonim, 2011)

Bu kapsamda yer almamakla birlikte Viral Nervöz Nekrozis (VNN) ve Enfeksiyöz Pankreatik Nekrozis (IPN) hastalıkları da ülkemiz balıkçılığı için büyük önem taşımaktadır.

Bulaşıcı hayvan hastalığı ya da sebebi belli olmayan hayvan ölümlerinden haberdar olan hayvan sahipleri ve bakıcıları, veteriner hekimler ile muhtarlar, köy korucuları, celepler, çobanlar, gemi kaptanları, istasyon ya da gümrük memur veya idarecileri gibi ilgililer durumu yetkili otoriteye bildirmek zorundadır (Anonim, 2011).

Resmi veteriner hekim, ihbarı mecburi hastalıklardan herhangi birine ait hem birincil mihrakın tespitinde hem de son mihrakın eradikasyonundan sonra bu hastalıklara ilişkin olarak getirilen kısıtlamaların kaldırıldığına ilişkin gerekli bildirimleri 24 saat içerisinde yetkili otorite aracılığı ile Bakanlığa yapar. Resmi veteriner hekim yine bu hastalıklardan herhangi birine ait ikincil mihrakın tespitinde 48 saat içerisinde yetkili otorite aracılığıyla Bakanlığa bildirimde bulunur. Ancak, birincil ve ikincil mihrakın tespiti ve son mihrakın eradikasyonundan sonra bu hastalıklara ilişkin olarak getirilen kısıtlamaların kaldırılmasında yapılacak olan bildirimlerin kapsamı, içeriği ve sıklığı, hastalığın ve özellikle epidemiyolojik gelişmelerin ışığı altında, Bakanlık tarafından geçici olarak değiştirilebilir. Bakanlık, bu hastalıklardan herhangi birinin birincil mihrakının tespitinde ve son mihrakın eradikasyonundan sonra bu hastalıklarla ilişkin olarak getirilen kısıtlamaların kaldırılmasında, 24 saat içerisinde Avrupa Komisyonuna gerekli bildirimleri yapar (Anonim, 2011).

İhbarı Mecburi Viral Balık Hastalıkları İle Mücadele Kriterleri

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı - Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, ihbarı mecburi balık hastalıkları ile ilgili mücadele kriterlerini uluslararası mevzuatları gözönünde bulundurularak, güncel epidemiyolojik bilgiler ışığında hazırlamakta ve her yılın başında Hayvan Hastalıkları İle Mücadele ve Hayvan Hareketleri Kontrolü Genelgesi ile yayınlamaktadır. Bu kriterlerden gözönünde bulundurulması gerekenlerden bazıları;

1. Duyarlı tür kapsamına girmeyen balıklarda hastalık görülmesi durumunda ihbarı mecburi hastalık olarak değerlendirilmeyecek sadece izleme çalışması yapılacaktır.
2. İhbarı mecburi balık hastalıklarından birinin görülmesi durumunda aşağıdaki mücadele yöntemi uygulanacaktır.
3. Kordon konulan şüpheli alan içindeki tüm balık çiftlikleri tespit edilerek, buralardan marazi maddeler alınacak ve Balık Hastalıkları İzleme Formu ile birlikte laboratuvara teşhis için gönderilecektir. Bu çiftliklerin, hastalığa duyarlı ve duyarlı olmayan türler yönünden balık, yumurta, larva, gamet ve yem alım ve satımı yaptığı yerlerin kayıt altına alınması sağlanacaktır. Hastalık çıkan işletmelerde Hastalık sonrası Hastalık İzleme programı, aynı su kaynağındaki işletmeler ile balık, yumurta, larva, gamet, yem alışverişi yapılan işletmelerde ise Hastalık İzleme Programı uygulanacaktır.

4. Hastalık çıkan çiftliğin giriş çıkışlarında dezenfeksiyonu sağlayacak bir donanım bulundurulması sağlanacaktır.
5. Öncelikli olarak, yenilebilecek büyüklükte olan ve hastalığın klinik belirtilerini göstermeyen balıklar iç organları çıkartıldıktan sonra kontrollü olarak tüketime sunulacaktır. Bu işlem için işletmenin bulunduğu yerde uygun tesis bulunmaması halinde balıkların uygun bir işleme tesisine şartlı ve kontrol altında çevreyi bulaştırmayacak şekilde nakledilmesi sağlanacaktır. Tüketilmeyecek olan balıklar ile yumurtalar ve işlem artığı iç organlar çukura gömme yöntemi veya imha fırınlarında yakılarak imha edilecektir.
6. Hasta balıklar, yumurtalar ve gametler mutlaka geri çekilerek öldürülecek ve ölü balıklarla beraber çukura gömme veya imha fırınlarında yakılarak imha edilecektir. Balıkların porsiyonluk duruma gelmeleri için kısa bir zaman gerektiğinde ve karantina önlemlerinin uzatılmasında sakınca görülmediği durumlarda balıkların ticari boyutlara erişene kadar büyütülmesine izin verilir.
7. Karasal çiftlikte havuzlarda bulunan tüm balıklar boşaltıldıktan sonra (imha, porsiyon büyüklüğündekilerin tüketime sunulması v.s.) havuzdaki suda dezenfekte edilerek boşaltılır. Havuzlar temizlenir ve uygun dezenfektanla, Örneğin ; % 3' lük Formalin ile en az 5 dakika; % 2 lik NaOH ile en az 10 dakika; % 1 lik Virkon ile en az 1 dakika havuzlar dezenfekte edilir, kurutulur ve yıkanır.
8. Havuzların yanı sıra tüm alet, ekipmanlarda (tanklar, giysiler vb) dezenfekte edilir. Çiftlik dışına hiçbir şekilde alet-ekipman, yem, balık, yumurta ve gamet çıkarılmayacaktır.
9. Hastalığın epizootik araştırması yapılacak ve özellikle yemin de kaynağı araştırılacaktır.
10. Hastalık çıkan işletmeden son 3 yıl içerisinde balık, yumurta veya gamet dağıtılan yerlerin isim ve adresleri tespit edilerek Bakanlık ve ilgili İl/İlçe Müdürlüklerine durum bildirilir.
11. Aynı su kaynağı üzerinde bulunan diğer çiftliklere giren su, giriş yerinde dezenfekte edilir.
12. İşletmelere aşağıda belirtilen hususlar önerilmelidir.
 - a) Yeni konulacak yumurtalar iodofor (0.1 ppm iodin) ile 1 dakika muamele edilir. 3-5 dakika temiz deniz suyu ile yıkanıp dezenfekte edilmiş tanklara aktarılır. Yeni balık popülasyonu oluşturulurken alınacak balıkların veya yumurtaların alındığı işletmenin viral enfeksiyonlardan ari olduğunu gösteren raporları bulunmalıdır.
 - b) Enfeksiyon etkeninin yok edilmesi ve daha sonraki salgınların önlenmesi için tesislerde UV rays UV-C (254 nm)'lik dezenfeksiyon sistemlerinin veya

filtrasyon sistemlerinin kurularak suyun havuzlara gitmeden önce bunlardan geçirilmesi gereklidir.

- c) Isıl işlem görmüş yem kullanılmalıdır (VHS virusu 50 °C'de 10 dakikada, IPN virusu 80 °C'de 10 dakikada inaktive olur).

13. İhbarı Mecburi olmayan ancak ülkemiz için ekonomik ve ticari öneme sahip Enfeksiyöz Pankreatik Nekrozis ve Viral Nervöz Nekrozis hastalıklarından şüpheli olgulardan mutlaka teşhis için laboratuvara örnek gönderilecektir. Bu hastalıklar yönünden Ulusal Referans Laboratuvar tarafından bölgesel / ülkesel tarama çalışmaları programlanacak ve Genel Müdürlük onayı ile uygulanacaktır (Anonim, 2017)

Avrupa Birliği tarafından 24.10.2006 tarihinde yayınlanan 2006/88/EC – “Su Hayvanları ve Ürünlerine İlişkin Hayvan Sağlığı Gereklilikleri ve Su Hayvanlarında Belirli Hastalıkların Önlenmesi ve Kontrolü” direktifi doğrultusunda hazırlanan ve 31.01.2012 tarihinde Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren “Su Hayvanlarının Sağlık Koşulları İle Hastalıklarına Karşı Korunma ve Mücadele Yönetmeliği” ise;

- a) Yetiştiriciliği yapılan su hayvanı ile bunlardan elde edilen ürünlerin ithalatı ve transit geçişinde, pazara sunumunda uygulanacak hayvan sağlığı şartlarını,
- b) Yetiştiriciliği yapılan su hayvanı hastalıkları için minimum önleyici tedbirler konusunda, yetkili otoritenin, su ürünleri üretimi yapan işletmecilerin ve bu endüstrideki tarafların farkındalığının ve hazırlığının artırılmasını,
- c) Bazı su hayvanı hastalıklarının ortaya çıktığından şüphe duyulması veya bu hastalıkların ortaya çıkması durumunda alınacak minimum kontrol önlemlerini amaçlamaktadır (Anonim, 2012).

Bu yönetmelik temelinde ihbarı mecburi viral balık hastalıkları oluşturabilecekleri riskler göz önüne alınarak liste-1 ve liste-2 olmak üzere iki kategoride listelenmiştir (Anonim, 2012).

Tablo 3. Liste-1 ve liste-2 hastalıkları ve duyarlı türler

Table 3. List-1 and list-2 diseases and susceptible species

Liste - 1 Hastalıkları	
Hastalık	Duyarlı Türler
Epizootik hematopoietik nekrozis (EHN)	Alabalık (<i>Onchorhynchus mykiss</i>) ve Tatlı su levgi (<i>Perca fluviatilis</i>)
Liste - 2 Hastalıkları	
Hastalık	Duyarlı Türler
Sazanların bahar viremişi (SVC)	Kocabaş sazan (<i>Aristichthys nobilis</i>), Altınbalık (<i>Carassius auratus</i>), Havuz sazanı (<i>C. carassius</i>), Ot sazanı (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>), Pullu sazan ve koi sazanı (<i>Cyprinus carpio</i>), Gümüş sazan (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>), Yayın balığı (<i>Silurus glanis</i>) ve Kadife balığı (<i>Tinca tinca</i>)
Viral hemorajik sepsisemi (VHS)	Ringa balığı (<i>Clupea spp.</i>), Beyaz balık (<i>Coregonus sp.</i>), Turnabalığı (<i>Esox lucius</i>),

	Mezgit (<i>Gadus aeglefinus</i>), Morina balığı (<i>G. macrocephalus</i>), Atlantik morinası (<i>G. morhua</i>), Pasifik somonu (<i>Oncorhynchus spp.</i>), Gökkuşağı alabalığı (<i>O. mykiss</i>), Gelincik balığı (<i>Onos mustelus</i>), Deniz alası (<i>Salmo trutta</i>), Kalkan (<i>Scophthalmus maximus</i>), Çapa balığı (<i>Sprattus sprattus</i>) ve Gölge balığı (<i>Thymallus thymallus</i>)
Enfeksiyöz hematopoietik nekrozis (IHN)	Köpek somonu (<i>Oncorhynchus keta</i>), Coho somonu (<i>O. kisutch</i>), Seema alası (<i>O. masou</i>), Gökkuşağı veya çelikbaş alabalığı (<i>O. mykiss</i>), Kızıl somon (<i>O. nerka</i>), Pembe somon (<i>O. rhodurus</i>), Kral somonu (<i>O. tshawytscha</i>) ve Atlantik somonu (<i>Salmo salar</i>)
Koi herpes virus (KHV) hastalığı	Pullu sazan ve koi sazanı (<i>Cyprinus carpio</i>)
Enfeksiyöz somon anemisi (ISA)	Gökkuşağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>), Atlantik somonu (<i>Salmo salar</i>) ve Deniz alası (<i>S. trutta</i>)

Liste - 1 Hastalıkları:

- a) Hastalığın ülkenin su hayvanlarında yerleşik olmaması ve eldeki bilgiler dâhilinde, ilgili patojenin ülke sularında bulunmaması,
- b) Hastalığın, ülkeye girmesi halinde, üretim kayıpları veya su hayvanlarının ve ürünlerinin ticaretinde potansiyelin kısıtlanması yoluyla, ülkenin su hayvanlarında kayda değer ekonomik etkiler yaratacak olması,
- c) Hastalığın, ülkeye girmesi halinde, ülke hukuku veya uluslararası hükümlerle korunmaya değer görülen bir varlık olan yabani su hayvanı popülasyonuna yönelik zararlı çevresel etkiler yaratabilecek olması.

Liste - 2 Hastalıkları:

- a) Ülkedeki bölgelerin belirli hastalıktan ari olması,
- b) Hastalığın, katı kontrol tedbirleri ve ticaret kısıtlamaları olmaksızın çiftlik ya da yumuşakça yetiştirme alanı düzeyinde kontrol edilmesinin ve durdurulmasının güç olması,
- c) Deneyimler ışığında, hastalıktan ari bölge veya bölümlerin oluşturulup korunabileceği ve bu korumanın maliyet etkin olduğu hallerde, hastalığın ülke düzeyinde kontrol altına alınabilmesi,
- d) Su hayvanlarının piyasaya arz edilmesi sırasında, hastalığın daha önce hastalığa yakalanmamış bir alanda ortaya çıkma riskinin bulunması,
- e) Enfekte su hayvanları için güvenilir ve basit testlerin erişilebilir olması gerekir,
- f) Hastalığın, hastalıktan ari olan bir bölge veya bölüme girmesi halinde, hastalık ve kontrolüyle bağlantılı yıllık maliyetlerin, bölgedeki duyarlı su hayvanı türünün üretim değerinin %5'ini aşması ve üretim kayıpları veya su

hayvanları ve ürünlerinin uluslar arası ticaretindeki olanakların kısıtlanması yoluyla, ülkenin su hayvanlarında kayda değer ekonomik etkiler yaratacak olması,

- g) Hastalığın, hastalıktan ari bir bölge veya bölüme girmesi halinde, ortaya çıktığı yerde ülke hukuku veya uluslararası hükümlerle korunmaya değer görülen yabancı su hayvanı popülasyonuna yönelik zararlı çevresel etkiler yarattığının belirlenmiş olması (Anonim, 2012).

Ulusal Referans Laboratuvarı

Ülkemizde Su Hayvanları (balık, çift kabuklu ve yumuşakça) hastalıkları ile ilgili olarak referans laboratuvar; İzmir/Bornova Veteriner Kontrol Enstitüsü Müdürlüğü'dür. Balık hastalıkları ile ilgili ülkesel koordinasyon viroloji bölümü, çift kabuklu ve yumuşakça hastalıkları ile ilgili ülkesel koordinasyon ise patoloji bölümü tarafından yürütülmektedir (Anonim, 2018b).

Ulusal referans laboratuvarı OIE tarafından her yıl güncellenen "Aquatic Animal Health Code" ve "Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals" bölümleri ile Avrupa Birliği'nin ilgili direktifleri dikkatle izlenerek listelere yeni eklenen hastalıklar, mücadele ve kontrol stratejileri, uluslararası ticaretteki etkileri ve nitelikleri ve hastalıklarla ilgili güncel test metotları takip edilmektedir.

Viral balık hastalıkları ile ilgili olarak koordinatör bölüm, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü'nün resmi onayı ile ülkesel çapta tarama ve izleme programları yürütmekte, Avrupa Birliği Topluluk Referans Laboratuvarları ile işbirliği yapmakta ve her yıl düzenli olarak viral balık hastalıkları ile ilgili yeterlilik testlerine katılım sağlamaktadır. Viral balık hastalıkları ile ilgili referans ve saha izolatları akreditasyon çerçevesinde muhafaza edilmekte, hastalıkların teşhisi ve izolatların üretilmesi ile ilgili gerekli tüm balık hücrelerini muhafaza etmektedir. Bu çerçevede ülkesel olarak yürütülen tarama programları;

- Alabalık İşletmelerinin Tarama Programı (IPN, VHS, IHN, EHN)
- Levrek ve Çipura İşletmelerinin Tarama Programı (VNN, İridovirus)
- Sazan İşletmelerinin Tarama Programı (SVC, KHV)
- Japon Balığı İşletmelerinin Tarama Programı (CyHV-2, SVC, KHV)

Yürütülen tarama programları ve klinik vakalar sonucunda ihbarı mecburi hastalıklar veya ekonomik öneme sahip ihbarı mecburi olmayan hastalıkların tespit edilmesi halinde de geriye dönük araştırmalar da dahil olmak üzere 2 veya 4 yıl süre ile Hastalık sonrası hastalık izleme programları yürütülmektedir. Bu kapsamda yürütülen izleme programları;

- Koi Herpes Virus İzleme Programı (Sazan İşletmeleri)
- Viral Hemorajik Septisemi İzleme Programı (Alabalık İşletmeleri)

- Viral Nervöz Nekrozis İzleme Programı (Levrek ve Çipura İşletmeleri)

Su Hayvanlarının Sağlık Koşulları İle Hastalıklarına Karşı Korunma ve Mücadele Yönetmeliği gereği Ulusal Referans Laboratuvarı'nın işlev ve görevleri;

1. Yönetmelik uyarınca görevlendirilen ulusal referans laboratuvarları, kendi sorumluluk alanlarına giren tanı standartlarının ve yöntemlerinin koordinasyonundan sorumlu olur.
2. Liste-1 ve Liste-2'de belirtilen hastalıklardan herhangi birine ilişkin şüphelerin ortaya çıkması halinde, Uluslararası standart metotlar ile teşhisi yapmak ve durumu Bakanlığa gecikmeksizin bildirmekle yükümlüdür.
3. Liste-1 ve Liste-2'de belirtilen hastalıklardan herhangi birine ilişkin şüphelerin ortaya çıkması halinde, OIE su hayvanlarına yönelik tanısal test kılavuzunun son sürümü ve konu ile ilgili Avrupa Birliği direktiflerine uygun uluslararası standart metotlar ile teşhisi yapmak ve durumu Bakanlığa gecikmeksizin bildirmekle yükümlüdür.
4. Teşhis tekniklerinde bir örnekliği sağlamak için bu konuda görev yapan uzmanların eğitimini yapar ve eğitimlerin sürekliliğini sağlar.
5. Liste 1 hastalıklarının tüm hastalık çıkışları ile Liste 2'de belirtilen hastalıkların ilk çıkışlarında ilgili pozitif sonuçlarının teyit edilmesini sağlar.
6. Bakanlıkla düzenli ve açık bir diyalog içinde olur.
7. Yönetmelikte belirtilen farklı deney yöntemlerine yönelik kriterleri göz önünde bulundurarak, EN ISO/IEC 17025 Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar, EN 45002 genel çalışma ve tanıma gerekliliklerini içeren kalibrasyon ve deney laboratuvarları akreditasyon sistemi Avrupa standartlarına göre çalışır. Bu standartlar akreditasyon kuruluşları tarafından akredite edilir.
8. Uluslararası karşılaştırmalı ve yeterlilik testlerine düzenli olarak katılır ve ulusal düzeyde yeterlilik testleri düzenler (Anonim, 2012).

Uluslararası Mevzuat

Balık hastalıkları ile ilgili ülkemizde yapılan mevzuat çalışmalarında AB direktifleri ve Dünya Hayvan sağlığı Örgütü (OIE) balık hastalıkları ile ilgili programları esas alınmaktadır.

Balık hastalıklarının kontrolünü sağlamak için temel yaklaşımlar şu şekildedir; Hastalık ile karşılaşmayı önlemek için ülkeye sadece sağlıklı balık girişini sağlamak, hastalık varlığını kontrol etmek için düzenli olarak ülkede bulunan balık çiftliklerini izlemek, önemli bir hastalık salgını var ise yayılımını önlemek ve kontrol etmek, hastalığın yayılımı veya girişini önlemek amacıyla alınan her önlemleri sağlamak için çiftlik

yönetiminden canlı balık hareketi, alışı ve satışı ile ilgili tüm bilgileri istemektir.

Dünya Hayvan Sağlığı Örgütü (OIE)

OIE’de su ürünleri hastalık listesinin oluşturulmasındaki kriterler; Hastalığın ulusal ve uluslararası düzeyde önemli ekonomik kayıplara neden olması, doğal akuatik hayvan popülasyonunu ekonomik veya ekolojik olarak olumsuz olarak etkilemesi, etkenin halk sağlığı ile ilişkili olması, hastalığın tedaviye dirençli olması veya zayıf cevap vermesi, sınırlı coğrafik alana sahip olması ve uluslar arası ticarete önemli türlerde görülmesidir (Anonim, 2018e).

OIE’ye üye ülkeler hastalık bildirimlerini WAHIS (The World Animal Health Information System) sistemine yapmakla yükümlüdürler. OIE tarafından listelenen hastalıkların üye ülkeler tarafından acil bildirilmesi gereken durumlar vardır. Bunlar; eğer hastalık yeni bir konakçıda görülüyor ise, yeni bir patojen suş veya yeni bir hastalık şeklinde ise, yeni tanımlanan zoonotik potansiyele sahip ise ve hastalık OIE listesinde yer almıyor ancak acil hastalık vakası var ise veya patojenik etken diğer ülkeler için epidemiyolojik öneme sahip ise 24 saat içinde acil bildirim yapılmalıdır. Bildirimden sonra haftalık raporlar; hastalık stabil hale gelene kadar veya hastalık eradike edilene kadar elektronik olarak veya faks ile bildirilmelidir. Altı aylık raporlarda ise liste hastalıkların değerlendirilmesi, varlığı veya yokluğu, listede bulunmayan hastalıklarla ilgili olarak epidemiyolojik olarak önemli veriler bildirilir. Ayrıca ülkelerde çıkan hastalıkların tümü yıl sonunda tekrar yıllık raporlar şeklinde düzenlenerek WAHIS sistemine veri olarak kaydedilir (Anonim, 2018d).

OIE (2018) listesinde yer alan viral balık hastalıkları;

- Epizootik hematopoietik nekrozis (EHN)
- Enfeksiyöz hematopoietik nekrozis (IHN)
- Sazanların bahar viremi (SVC)
- Viral hemorajik septisemi (VHS)
- Enfeksiyöz somon anemisi (ISA)
- Mercan İridovirus Hastalığı
- Koi herpes virus (KHV) hastalığı
- Salmonid Alfavirus (Uyku Hastalığı) (Anonim, 2018f)

OIE bünyesinde viral balık hastalıklarının uluslararası standartlarının belirlenmesi, konfirmasyonlarının yapılması ve bilgi paylaşımının sağlanması amacıyla her hastalık için referans laboratuvarlar ve referans kişiler belirlenmiştir (Anonim, 2018e).

Avrupa Birliği (AB)

Ülkemizde su hayvanı hastalıkları ile ilgili olarak düzenlenen mevzuatlar genel olarak Avrupa Birliği direktifleri doğrultusunda hazırlanmıştır. Bütün Avrupa Birliği üye ve aday ülkeleri bu konuda 2006/88/EC – “Su Hayvanları ve Ürünlerine İlişkin

Hayvan Sağlığı Gereklilikleri ve Su Hayvanlarında Belirli Hastalıkların Önlenmesi ve Kontrolü direktifini kendi ülke mevzuatlarına uyumlaştırmışlar veya uyumlaştırma aşamasındadır.

Avrupa Birliği ülkelerinde iki laboratuvar tanımı vardır. Bunlar National Reference Laboratory (NRL) – Ulusal Referans Laboratuvarı ve Community Reference Laboratory (CRL) - Topluluk Referans Laboratuvarı’dır. Ülkemizde balık hastalıkları ile ilgili NRL daha önce de bahsedildiği gibi İzmir/Bornova Veteriner Kontrol Enstitüsü’dür. Avrupa Birliği balık hastalıkları ile ilgili CRL ise National Veterinary Institute (DTU Vet), Technical University of Denmark’tır.

Ülkemiz AB üyeliğe kabul sürecinde olduğundan hastalık bildirimlerini de 2006/88/EC ve 82/894/EC direktifleri doğrultusunda 24 saat içerisinde Avrupa Birliği Hayvan Hastalıkları Bildirim Sistemi (Animal Diseases Notification System - ADNS)’ne bildirmek zorundadır (Anonim, 2018c).

2006/88/EC direktifi son olarak 15.11.2012 tarihinde güncellenmiş ve liste hastalıkları Liste-1, Liste-2, Liste-3 gibi gruplandırma yerine ekzotik ve ekzotik olmayan viral balık hastalıkları olarak gruplandırılmıştır.

Tablo 4. 2006/88/EC direktifine göre ekzotik ve ekzotik olmayan hastalıklar

Table 4. Exotic and non-exotic diseases according to council directive 2006/88EC

Ekzotik Hastalıklar	EHN
Ekzotik Olmayan Hastalıklar	VHS
	KHV
	IHN
	ISA

2006/88/EC direktifine göre kayıtların tutulması, çiftlik bilgileri ve hastalık izleme ile ilgili kriterler ise özet olarak;

Tüm balık çiftlikleri yetkili otorite tarafından ruhsatlandırılmış olmalıdır. Yetkili otorite tarafından izin için;

- Çiftlik kayıtları olmalı
- İyi hijyen uygulamaları olmalı
- Hayvan sağlık surveyans programları uygulanmalı
- Yetkili otorite kontrol için serbest ulaşımına sahip olmalıdır.

Çiftlik kayıtlarında bulunması gereken bilgiler;

- Çiftlikte ki balık giriş ve çıkışlarındaki tüm hareketler
- Mortalite kayıtları
- Sağlık surveyans programlarının sonuçları

2006/88/EC Annex II de ruhsatlı aquakültür üretim işletmelerinde en az bulunması gereken bilgiler tanımlanmıştır;

- İşletmenin ad adres ve iletişim bilgileri

- Kayıt numarası ve ruhsatın özellikleri
- Çiftliğin coğrafi durumu
- Çiftliğin tipi, amacı, üretim kapasitesi
- Su kaynağı, tahliye, sevkiyat ve arıtma merkezi ile ilgili bilgiler
- Yetiştirilen türler
- Sağlık durumu hakkında güncel bilgiler

2006/88/EC Annex III sağlık sertifikası tanımlanmıştır. Çiftlikler her bir hastalık için 5 kategoriye ayrılmıştır. Bu kategorilere göre de risk seviyeleri ve uygun sürveyans programları belirlenir. Bunun sonucunda sağlık sertifikası ve çiftlikler arasında ki alışveriş durumu ortaya çıkar.

- Kategori 1: Hastalıktan ari
- Kategori 2: Sürveyans programı uygulanan
- Kategori 3: Durumu bilinmeyen ve herhangi bir programa dahil olmayan
- Kategori 4: Eradikasyon programında
- Kategori 5: Enfekte çiftlik

Avrupa Birliği mevzuatlarında (2001/183/EC, 2002/878/EC, 2003/466/EC) (Anonim, 2001; 2002; 2003) hastalık teşhis, izleme, arılık, arılığın devamı ve sürveyans programları ile ilgili olarak işletmelerden ne kadar süre ile ve ne kadar büyüklükte örnekleme yapılması ile ilgili olan mevzuatlar 11.09.2015 tarihinde yürürlükten kaldırılmış ve hepsi 2015/1554/EC komisyon uygulama kararı ile tek bir çatı altında toplanmıştır. Böylelikle güncelliği ve uygulanabilirliği tartışma konusu olan mevzuatlar, mevcut epidemiyolojik durumlar gözönüne alınarak daha anlaşılır ve açık bir hale getirilmiştir. 2015/1554/EC komisyon kararında örnekleme ile ilgili yaklaşımlar hastalıkların risk seviyelerine, teşhisin amacına (klinik vaka, doğrulama

testleri, resmi hastalık araştırmaları) sürveyansın amacına (arılığın kazanılması, devam ettirilmesi), eradikasyon programına göre süresi 2-4 yıl arasında; örnek sayısı ise 30-75 adet bağık arasında değişmektedir. Ayrıca örneklemenin hangi su sıcaklığı aralığında ve iki örnekleme arasında olması gereken en az süre de hastalığa göre değişmektedir. Örneğin VHS ve IHN için örnekleme, su sıcaklığı 14 °C' nin altına düştüğü zaman yapılmalı ve iki örnekleme arasında en az 4 ay olmalıdır (Anonim, 2015). Ülkemizde ilgili mevzuatın uyumlaştırılması çalışmaları devam etmektedir.

SONUÇ

Türkiye, Dünya ve Avrupa balıkçılık endüstrisinde toplam işletme sayısı, üretim ve ihracat açısından önemli bir yer tutmaktadır. Balıkçılık işletmeleri, genel olarak değerlendirildiğinde yetiştiricilik açısından gerekli bilgi ve tecrübenin yanı sıra, endüstrileşme ve modernizasyon ile ilgili olarak ta önemli bir aşamaya gelmiştir. Bunun yanında ülkemizde uygulanan biyogüvenlik önlemleri (işletmeye giriş-çıkışın kısıtlanması, dezenfeksiyon, sterilizasyon, aşılama, eğitim) hastalıkların ortaya çıkışının engellenmesinde kilit rol oynamaktadır.

Sürdürülebilir ve geliştirilebilir bir balıkçılık endüstrisinin sağlanması için yetiştiricilik yönünün yanı sıra, hastalıklar da önemlidir. Balık hastalıklarının çoğunu oluşturan viral kökenli etiyolojilerin hem ulusal hem uluslararası düzeyde korunma, mücadele ve eradikasyon kriterlerini iyi anlaşılması sektörün daha da gelişmesine önemli katkılar sağlayacaktır. Bu amaçla, kamu ve özel sektörün işbirliği içinde olması, yürürlükte olan mevzuatlar hakkında fikir alışverişinde bulunması; hem sektörün bu konudaki farkındalığının artmasına hem de kamu kurumlarının sektördeki sorunları daha iyi anlamalarına olanak sağlayacaktır. Ayrıca uluslararası mevzuatların ülkemiz ulusal mevzuatlarına uyumlaştırılmasında, bölgesel şartların ortaya konulması, ihtiyaçların belirlenmesi, sektörümüz ve ülkemiz adına daha geliştirilebilir mevzuatlar hazırlanmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Alpaz, A. (2005) Su Ürünleri Yetiştiriciliği. pp: 135-136. Alp Yayınları, Bornova-İzmir
- Anonim (2001) Commission Decision 2001/183/EC of 22 February 2001 laying down the sampling plans and diagnostic methods for the detection and confirmation of certain fish disease and repealing Decision 92/533/EEC.
- Anonim (2002). Commission Decision 2002/878/EC of 6 November 2002 establishing the sampling plans and diagnostic methods for the detection and confirmation of the presence of the mollusc diseases Bonamiosis (*Bonamia ostreae*) and Marteiliosis (*Marteilia refringens*) (OJ L 305, 7.11.2002, p. 57).
- Anonim (2003). Commission Decision 2003/466/EC of 13 June 2003 establishing criteria for zoning and official surveillance following suspicion or confirmation of the presence of infectious salmon anaemia (ISA) (OJ L 156, 25.6.2003, p. 61).
- Anonim (2006). Council Directive 2006/88/EC, animal health requirements for aquaculture animals (and products), the placing on the market and the prevention and control of certain diseases in aquatic animal. 24.11.2006. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:328:0014:0056:EN:PDF> Erişim :13.11.2017 22:15
- Anonim (2011). İhbarı Mecburi Hayvan Hastalıkları ve Bildirimine İlişkin Yönetmelik 22.01.2011 tarihli Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/01/20110122.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/01/20110122.htm> Erişim: 13.11.2017 23:50
- Anonim (2012). Su Hayvanlarının Sağlık Koşulları İle Hastalıklarına Karşı Korunma ve Mücadele Yönetmeliği, 31.01.2012 tarihli Resmi Gazete. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/01/20120131-4.htm> Erişim: 13.11.2017 23:40
- Anonim (2013). TÜİK, Su Ürünleri İstatistikleri, 2013, http://www.tuik.gov.tr/Kitap.do?metod=KitapDetay&KT_ID=13&KITAP_ID=52 Erişim: 06.11.2017 14:54
- Anonim (2015). Commission Implementing Decision (EU) 2015/1554 of 11 September 2015 laying down rules for the application of Directive 2006/88/EC as regards requirements for surveillance and diagnostic methods

- Anonim (2017). Hayvan Hastalıkları ile Mücadele ve Hayvan Hareketleri Kontrolü Genelgesi, 2017/1, 13.02.2017. <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/96438?AspxAutoDetectCookieSupport=1> Erişim: 05.11.2017 21:00
- Anonim (2018a). T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı - Balıkçılık Ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü; <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>, Erişim: 22.02.2018 09:00
- Anonim (2018b). Referans Laboratuvar Listesi. <https://www.tarim.gov.tr/Konular/Veteriner-Hizmetleri/Serbest-Veterinerlik-Ve-Veteriner-Laboratuvarlari>. Erişim: 22.02.2018 10:15
- Anonim (2018c) Animal Diseases Notification System - ADNS. http://ec.europa.eu/food/animal/diseases/adns/index_en.htm. Erişim: 22.02.2018 11:05
- Anonim (2018d). Aquatic Animal Health Code. Chapter 1.1. Notification of Diseases, And Provision of Epidemiological Information, http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahc/2010/chapitre_notification.pdf . Erişim: 22.02.2018. 11:22
- Anonim (2018e). Aquatic Animal Health Code. Chapter 1.2. Criteria For Listing Aquatic Animal Diseases. http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/aahc/2010/chapitre_criteria_diseases.pdf. Erişim: 22.02.2018. 11:24
- Anonim (2018f). OIE-Listed diseases, infections and infestations in force in 2018 <http://www.oie.int/en/animal-health-in-the-world/oie-listed-diseases-2018/> Erişim: 22.02.2018. 12:22



ISSN: 1300-1590



13001590