

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

ISSN 1300 - 1590

EgeJFAS

Su Ürünleri Dergisi

Volume 29 Number 1

2012



Ege University Faculty of Fisheries



Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Scope of the Journal

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is an open access, international, 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.

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is published quarterly 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 Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.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 centred 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 style of *EgeJFAS*.

The in-text citation to the references should be formatted as name(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). References should be listed alphabetically at the end of the text, and journal names should be written in full and in *italics*.

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

Journal Articles

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

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

Books

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

Chapter in Books

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

Proceedings

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

Online Articles

Andrews, T., 2010. What vitamins are found in fish? <<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 given at the end of the manuscript. 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.

Indexes

EgeJFAS is indexed in ASFA, BIOSIS, CABI, FishLIT and ULAKBIM.

Corresponding Address

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Ege University Faculty of Fisheries
35100 Bornova-Izmir, Turkey
Phone: +90 232 311 2851
Fax: +90 232 388 3685
E-mail: editor@egejfas.org

ISSN

1300-1590 (Print)
2147-4303 (Online)

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Scope of the Journal

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is an open access, international, 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.

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (EgeJFAS) is published quarterly 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 centred 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 style of *EgeJFAS*.

The in-text citation to the references should be formatted as name(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). References should be listed alphabetically at the end of the text, and journal names should be written in full and in *italics*.

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

Journal Articles

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

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

Books

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

Chapter in Books

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

Proceedings

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

Online Articles

Andrews, T., 2010. What vitamins are found in fish? <<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 given at the end of the manuscript. 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.

Indexes

EgeJFAS is indexed in ASFA, BIOSIS, CABI, FishLIT and ULAKBIM.

Corresponding Address

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
Ege University Faculty of Fisheries
35100 Bornova-Izmir, Turkey
Phone: +90 232 311 2851
Fax: +90 232 388 3685
E-mail: editor@egejfas.org

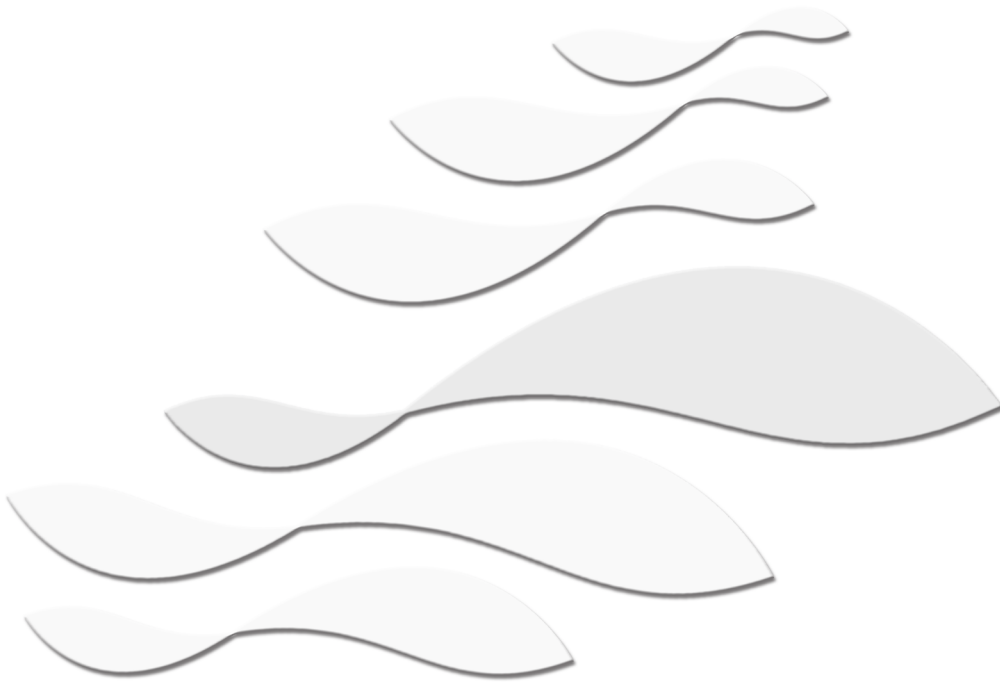
ISSN
1300-1590 (Print)
2147-4303 (Online)

Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Volume 29 Number 1

ISSN 1300 - 1590

EgeJFAS
www.egejfas.org



Published by
Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey



Su Ürünleri Dergisi
Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Sahibi Director

Mesut ÖNEN **Dekan Dean**
Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ege University Faculty of Fisheries

Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief

Tufan KORAY

Yazı İşleri Müdür Yardımcıları Co-Editors-in-Chief

Ufuk ÇELİK Gürel TÜRKMEN

Yardımcı Editörler Associate Editors

Okan AKYOL Osman ÖZDEN
Bilal ÖZTÜRK Hasan M. SARI
T. Tansel TANRIKUL Zafer TOSUNOĞLU
Vahdet ÜNAL

Yayın Kurulu Editorial Board

Meriç ALBAY İstanbul University, Turkey
M. Lütfi AVSEVER İzmir Vet. Cont. Inst., Turkey
Serap BİRİNCİOĞLU Adnan Menderes University, Turkey
Javier BORDERÍAS ICTAN-CSIC, Spain
Kurt BUCHMANN University of Copenhagen, Denmark
İbrahim CENGİZLER Çukurova University, Turkey
Semra CİRİK Ege University, Turkey
Şükran ÇAKLI Ege University, Turkey
Melih Ertan ÇINAR Ege University, Turkey
Yılmaz ÇİFTÇİ Ordu University, Turkey
M. Cengiz DEVAL Akdeniz University, Turkey
Mark DIMECH FAO Fish. Aqua. Dept., Greece
Özdemir EGEMEN Ege University, Turkey
Bella GALİL Nat. Inst. Ocean., Israel
Ercüment GENÇ Ankara University, Turkey
Ana GORDOA CEAB-CSIC, Spain
Nalan GÖKOĞLU Akdeniz University, Turkey
Arif GÖNÜLOL Ondokuz Mayıs University, Turkey
Gertrud HAIDVOGL Uni. Nat. Res. Life Sci., Austria
Chiaki IMADA Tokyo Uni. Marine Sci. Tech., Japan
F. Saadet KARAKULAK İstanbul University, Turkey
Süphan KARAYTUĞ Mersin University, Turkey
Tuncer KATAĞAN Ege University, Turkey
Murat KAYA Ege University, Turkey
Nilgün KAZANCI Hacettepe University, Turkey
Ferah KOÇAK Dokuz Eylül University, Turkey
Metin KUMLU Çukurova University, Turkey
Okan KÜLKÖYLÜOĞLU Abant İzzet Baysal University, Turkey
Marcelo de Castro LEAL University of Lavras, Brazil
Aynur LÖK Ege University, Turkey
K. Karal MARX Fisheries College and Research Institute, India
Jörg OEHLenschLÄGER Seafood Consultant, Germany
Hüseyin ÖZBİLGİN Mersin University, Turkey
Müfit ÖZULUĞ İstanbul University, Turkey
Giuliana PARISI University of Florence, Italy
Şahin SAKA Ege University, Turkey
Radu SUCIU Danube Delta National Institute, Romania
Cüneyt SÜZER Ege University, Turkey
Tamás SZABÓ Szent István University, Hungary
William W. TAYLOR Michigan State University, USA
Mümtaz TIRAŞIN Dokuz Eylül University, Turkey
Adnan TOKAÇ Ege University, Turkey
Sühendan MoI TOKAY İstanbul University, Turkey
M. Ruşen USTAOĞLU Ege University, Turkey
Hijran YAVUZCAN Ankara University, Turkey
Argyro ZENETOS Hellenic Centre for Marine Research, Greece

Yayın Ofisi Editorial Office

Levent YURGA Onur KARADAL Halise KUŞÇU

Tarandığı indeksler Indexed by ASFA, BIOSIS, CABI, FishLIT, TUBITAK-ULAKBIM

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

15.03.2013

İletişim Contact

Ege Üni. Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir Ege Üni. Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, Izmir, Turkey
Tel: +90 232 311 2851 Fax: +90 232 388 3685 <http://www.egejfas.org> info@egejfas.org

A comparative study on antioxidant and cytotoxic effects of *Oscillatoria amphibibia* and *Spirulina platensis* C-phycoerythrin and crude extracts

Oscillatoria amphibibia ve *Spirulina platensis*'in C-Fikosiyenin ve ham ekstraktlarının antioksidan ve sitotoksik etkileri üzerine karşılaştırmalı çalışma

Zeliha Demirel¹ • Sevede Uslu Hatipoğlu¹ • Ayşe Nalbantsoy¹ • F. Ferda Yılmaz²
Burcu Tepedelen Erbaykent¹ • İsmet Gürhan-Deliloğlu¹ • Meltem Conk Dalay^{1*}

¹Ege University, Faculty of Engineering, Department of Bioengineering, 35100, Izmir, Turkey

²Ege University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Microbiology, 35100, Izmir, Turkey

*Corresponding author: meltem.dalay@ege.edu.tr

Özet: Bu çalışmada *Oscillatoria amphibibia* (Ege Macc-14, Acıgöl-Denizli, Türkiye) anti oksidan ve sitotoksik etkileri, *Spirulina platensis*'in ham ekstrakt ve fikosiyanini ile karşılaştırılmıştır. *S. Platensis*'in tek ticari C-fikosiyanin kaynağı olarak görülmesinden dolayı bu çalışma yeni fikosiyanin kaynakları araştırma ve umut vaat eden sitoksik bileşik araştırmalarında yeni veriler sağlayabilir. Her iki tür de laboratuvar koşulları altında kültüre alınarak ham ekstrakt ve C-fikosiyanin ekstraksiyonları yapılmıştır. *O. amphibibia*'nın sitoksik bileşikler üretebilme potansiyelinden dolayı biyomasın toksisitesini araştırmak üzere sulu *O. amphibibia* ekstraktları hazırlanmış ve artemialara direkt olarak uygulanmıştır. Sulu ham ekstraktlar en yüksek konsantrasyonda (10 mg.ml⁻¹) bile toksik bulunmamıştır. Ekstraktların sitotoksitesini belirlemek amacıyla insan karaciğer karsinoma (HEP-3B) hücre hattı kullanılmıştır. *S. platensis* C-fikosiyanini, *O. amphibibia* C-fikosiyaninleri için IC₅₀ değerleri sırasıyla 13,27 µg/ml ve 4,19 µg/ml olarak hesaplanmış ve bu değerler ham ekstraktlar içinde yine sırasıyla 16,34 µg/ml ve 12,94 µg/ml olarak bulunmuştur. Ham ekstrakt ve C-fikosiyaninlerin antioksidan potansiyelleri ise DPPH serbest radikal ve hidroksil süpürme aktivite testleriyle belirlenmiştir. Sonuç olarak her iki siyanobakterinin saf C-fikosiyaninleri sitotoksik ve antioksidan aktivite göstermelerleriyle birlikte en yüksek değerler *O. amphibibia* ekstraktları için bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: C-fikosiyanin, Sitotoksikite, *Oscillatoria amphibibia*, *Spirulina platensis*.

Abstract: In this study, antioxidant and cytotoxic effects of *Oscillatoria amphibibia* Ege-Macc-14 (Lake Acıgöl-Denizli, Turkey) C-phycoerythrin and the crude extract were compared with *Spirulina platensis*. Since *S. platensis* is seen as the sole economical source of C-phycoerythrin this comparison study may provide novel information for investigating new sources of C-PC and besides new promising cytotoxic compounds. Both species are cultivated under laboratory conditions and both the crude extracts and the C-PCs were obtained. Since *O. amphibibia* has the possibility to produce toxic compounds, in order to figure out the toxicity of the biomass, the aqueous crude extracts of *O. amphibibia* were tested against the brine shrimp directly. The aqueous extracts were found as non-toxic even at the highest concentrations (10 mg.ml⁻¹). Human hepatocellular carcinoma (HEP-3B) cell line was used to investigate the cytotoxic effect of the extracts. The determined IC₅₀ values of *S. platensis* C-PC, *O. amphibibia* C-PC were 13.27 µg/ml, 4.19 µg/ml respectively and for *S. platensis* crude extract and *O. amphibibia* crude extract the values were 16.34 µg/ml and 12.94 µg/ml, respectively. The potential antioxidant activity of the crude extracts and the pure C-PCs were evaluated by DPPH free radical, hydroxyl radical scavenging activity assays. As a result, although the pure C-PC of both cyanobacteria showed cytotoxic and antioxidant activities, the highest activity levels were obtained from *O. amphibibia* extracts.

Keywords: C- phycoerythrin, Cytotoxicity, *Oscillatoria amphibibia*, *Spirulina platensis*.

INTRODUCTION

Cyanobacteria are prokaryotic microorganisms and have many beneficial features; they are highly nutritive and have therapeutic effects such as immuno enhancing (Hayashi and Katoh, 1994; Qureshi and Ali, 1996a, 1996b), antioxidant, antiviral (Gustafson *et al.*, 1989), and anti-inflammatory effects (Liu *et al.*, 2000; Romay *et al.*, 1998). The antioxidant activity is particularly related to the phycobiliprotein content of the cyanobacteria. *S. platensis* and *O. amphibibia* are both members of filamentous cyanobacteria, which are rich of phycobiliproteins, especially C-PC. Generally, under standard

conditions, the C-PC content can constitute up to 15% of the proteins in *Spirulina platensis* (Jaouen *et al.*, 1999).

C-phycoerythrin is a water soluble, non-toxic, blue colored pigment as being one of the major phycobiliprotein in cyanobacteria. It plays an important role in photosynthesis, and phycobiliproteins are protein-pigment complexes that are functional in photosynthetic energy transfer (Li *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 1998). C-phycoerythrin is composed of two different sized subunits called α and β protein, and carries an apoprotein and an open-chain tetrapyrrole prosthetic group

called phycocyanobilin (Grossman *et al.*, 1993). The chemical structure of phycocyanobilins is very close to that of bilary pigment bilirubin (Strocker *et al.*, 1990; Benedetti *et al.*, 2004). The bilirubin pigment acts as a powerful scavenger, in vivo. This resemblance could allow to be thought that C-PC is an antioxidant agent. Beside these features, it is commonly used in food industry as a natural food colorant (Yoshida *et al.*, 1996), cosmetics and biomedical research as a biochemical tracer in immunoassays (Glazer, 1994). It is well documented that C-PC has many therapeutic properties such as cyclooxygenase inhibition (Reddy *et al.*, 2003), antioxidant and anti-inflammatory effects (Benedetti *et al.*, 2004; Romay *et al.*, 2003) and anticancer effects (Pardhasaradhi *et al.*, 2003).

In this study, the C-PC content of *O. amphibia*, isolated from Lake Acigol in Turkey, was determined as an alternative C-PC source against *S. platensis*. In a previous study carried out with brine shrimp toxicity assay *O. amphibia* was found non toxic, in vitro (Conk-Dalay *et al.*, 2005). After cultivation of biomass until stationary phase, in batch culture, crude extracts and pure C-PCs were obtained from both species. Antioxidant activity was tested by DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrozyl) and hydroxyl radical scavenging methods and the cytotoxic activity was investigated by MTT assay with HEP-3B cell line, in vitro.

MATERIALS AND METHOD

O. amphibia was harvested from the lake Acigöl (Denizli, Turkey). The isolation was done by plating onto Erdshreiber medium (EM) containing 1.5% agar (Schreiber, 1927). Individual cells were picked up and were inoculated into the liquid medium. *O. amphibia* was allowed to grow at a density of 1.5-1.7 mg.L⁻¹ at 22 °C. Continuous illumination was provided by fluorescent lamps (40 µmol photons m⁻² s⁻¹). The taxonomy of the species is given below:

Taxonomic position (Komarek, 2010); Cyanophyceae, Oscillatoriales, Oscillatoriaceae, Oscillatorioidae

S. platensis (Ege-Macc 31) was obtained from the culture collection of Ege University Microalgae Culture Collection, Ege-Macc, Turkey. The cell culture was grown in Zarrouk's medium under the same conditions with *O. amphibian* (Zarrouk, 1966).

Taxonomic position (Komarek, 2010); Cyanophyceae, Oscillatoriales, Phormidiaceae, Phormidioideae

O. amphibia (Ege-Macc 14) cells were harvested by centrifugation at 5000 rpm, for 5 min while *S. platensis* cells were filtered with Whatman No:1. The harvested cells were stored at -20 °C and were lyophilized (Cipsy 4, Alpha Q).

The quantitative analysis was performed by the low temperature method (Lorenz, 1998). Briefly, the cells were dried in an oven at 45 °C for six hours. After removing the excess moisture, 40 mg of powder was weighed. The cells were disrupted by freeze-thawing cycles in 10 ml of 100 mM

saline PBS. After centrifugation, the spectrophotometric absorbance was read at 620 nm (UV-Visible spectrophotometers, Helios λ, Cambridge, UK). The hycocyanin content was determined using the equation below:

$$\text{CPC\%} = \frac{A_{620} \times 10 \times 100}{7.3 \times (\text{mg sample}) \times (\text{dry weight\%})}$$

The lyophilized *O. amphibia* sample, prepared by 2% (w/v) sea water infusion, was tested for its cytotoxic activity using a rapid brine shrimp lethality bioassay. The bioassay against *Artemia salina* Leach, brine shrimp nauplii, was performed as described previously (Meyer *et al.*, 1982; Laughlin, 1991). The cytotoxicity test was evaluated in ranges of 1000:100:10. The sample was dissolved in the sea water (20 mg. 2 ml⁻¹), then 1000, 100 and 10 ppm solutions were prepared by dilution and were placed into vials. The number of survivors was counted after 24 hours of incubation. LC₅₀ (Lethal Concentration) values after 24 h exposure and 95% confidence intervals were determined by using the probit analysis method. Colchicine and umbelliferone, having concentrations of 500, 50 and 5 ppm, were used as reference compounds.

Crude extraction; one gram of freeze-dried algae was added to 10 ml of 0.01 M PBS (pH 6.7, 0.15 M NaCl), then it was kept at -86 °C (Sanyo, VIP Series -86 °C, Japan). The frozen suspension was thawed and heated at 30 °C for 1 h in the ultrasonic bath and was kept at 4 °C overnight. The slurry was then centrifuged for 1 h at 9000 rpm and filtered through Whatman #1 filter paper (Whatman International Ltd., England). The supernatant were evaporated at freeze-drying.

C-PC purification was performed by the method described by Minkova *et al.* (2003). Briefly, 800 mg lyophilized algae was suspended in 0.01 M PBS (pH 6.7, 0.15 M NaCl), then it was kept at -86 °C. The frozen suspension was thawed and heated at 30 °C for 1 h in the ultrasonic bath and was kept at 4 °C overnight. The slurry was then centrifuged for 1 h at 9000 rpm to remove the cell debris. 10 ml of 0.3% (w/v) aqueous rivanol solution was added to the crude extract obtained by the same procedure. The mixture was continuously stirred at 4 °C overnight, and then was recovered by centrifugation at 9000 rpm for 45 min. The supernatant was exposed to rivanol treatment repeatedly. Finally, after the last centrifugation, the blue supernatant was saturated with 40% ammonium sulphate ((NH₄)₂.SO₄) and it was dialyzed against ultra pure water for 12 h and the sample was centrifuged. The precipitate was dissolved in 30 ml of PBS, and was saturated with 70% with ammonium sulphate solution and then it was dialyzed at 4 °C overnight in the same buffer. Finally, Sephadex G-100 (Sigma-Aldrich, USA) was pre-equilibrated and the extract was eluted with the buffer. The absorbance ratio A₆₂₀/A₂₈₀, an index for C-PC purity, (Ganapathi *et al.*, 2006) was over 4.00. The carbohydrate and protein contents of the extracts were determined by the phenol-sulfuric acid (Dubois *et al.*, 1956) and modified Lowry methods (Lowry *et al.*, 1951), respectively.

The purity of the extracts was determined by sodium dodecylsulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) which was carried out according to the method of Okadjima *et al.* (1993) using a 12.5% polyacrylamide gel and Brilliant Blue R (Sigma-Aldrich) to visualize the proteins. For calibration, marker proteins SM1811 (Fermantas, Canada) 18-250 kDa from were used.

Human hepatocellular carcinoma (HEP-3B) cells were purchased from the Germany Collection of Microorganisms and Cell Cultures (DSMZ). The HEP-3B cells were maintained in RPMI 1640 (Biochrom, Germany) medium supplemented with 10% heat-inactivated fetal bovine serum, 1% L-glutamine (Biochrom, Germany) and 1% gentamycine (Biochrom, Germany) in a humidified atmosphere with 5% CO₂, at 37 °C. The cells were subcultured twice weekly.

The screening of crude extract and C-PC cytotoxicity were done by using a modified MTT assay as described by Mosmann (Mosmann, 1983; Surakka *et al.*, 2005) which affects the mitochondrial activity of viable cells. HEP-3B cell line in 96 well microplates with 6 x 10⁴ cells/ml initial concentration was cultivated for 24 h. Then, the cultures were incubated with different concentration of the extracts for 48 h and the viable cells were determined by MTT. The growth inhibition was estimated as the 50% effective concentration (IC₅₀). The assay is based on cleavage of the yellow tetrazolium salt, MTT, which forms water-insoluble, dark blue formazan crystals. This cleavage only takes place in living cells by the mitochondrial enzyme succinate-dehydrogenase. The water-insoluble, dark blue formazan crystals solubilized using dimethyl sulfoxide. The optical density of the dissolved material is measured at 570 nm (reference filter, 690 nm). Cytotoxicity was expressed as mean percentage increase relative to the unexposed control. Control values were set at 0% cytotoxicity. Cytotoxicity data (where appropriate) was fitted to a sigmoidal curve and a four parameter logistic model used to calculate the IC₅₀, which was the concentration of nanomaterial which caused a 50% inhibition in comparison to untreated controls. The mean IC₅₀ was the concentration of agent that reduces cell growth by 50% under the experimental conditions and was the average from at least three independent determinations that were reproducible and statistically significant. The IC₅₀ values were reported ±95% confidence intervals (±95% CI). This analysis was performed with GraphPad Prism (San Diego, CA). The morphological studies of the cells were done with inverted microscope (Olympus, Japan) comparing with the control group 48 h after treatment.

The DPPH radical is considered to be a model of a stable lipophilic radical. A chain reaction in lipophilic radicals was initiated by the lipid oxidation (Xu *et al.*, 2005; Velioglu *et al.*, 1998). The crude extracts and C-PC were tested by measuring of bleaching purple colored methanol solution of DPPH (1,1-diphenyl-2-picryl hydrozyl) radical, spectrophotometrically. 1 ml of the extracts was added to 5 ml of a 0.004% methanol solution of DPPH. After a 30 min of

incubation period at room temperature in the dark, the absorbance was read against a blank at 515 nm. Every sample was done in triplicate, and the percentage of DPPH scavenging activity was calculated with the following calculation. BHT (butylated hydroxytoluen) and α-tocopherol were used as positive control.

$$\text{DPPH- Scavenging effect(\%)} = \left[\frac{\text{AControl} - \text{ASample}}{\text{AControl}} \times 100 \right]$$

where AControl is the initial concentration of the stable DPPH radical without the test compound and ASample is absorbance of the remaining concentration of DPPH· in the presence of extracts.

Hydroxyl radical scavenging activity assay was carried out by measuring the rate of competition between deoxyribose and the extract for hydroxyl radicals (Sreemantula *et al.*, 2005; Singh *et al.*, 2007). The attack of the hydroxyl radical on deoxyribose leads to thiobarbituric acid reactive substances (TBARS). As a result of reaction between TBARS and TBA, pinkish red chromogens are formed in acidic conditions. 28 mM deoxyribose, 20mM phosphate buffer (pH 7.4), 10 mM FeCl₃, 1 mM EDTA, 1 mM H₂O₂ and 1 mM L-ascorbic acid and different concentrations of the extracts were prepared all having a final volume of 1 ml and were incubated at 37 °C for 1 h. Lipid peroxidation was monitored by the formation of TBARS. 1 ml of 0.5% TBA (thiobarbituric acid) was added to 1 ml of 2.8% TCA (trichloroacetic acid). The test tubes were left in 90 °C water bath for 10 min to allow the colour development then were cooled and the absorbance was measured at 532 nm (UV-Visible, Varian Cary 300 bio) against blank. α-tocopherol and BHT were taken as positive controls. Percentage of inhibition (AA) of deoxyribose degradation was calculated using the following equation:

$$AA = \left[\left(A_0 - \frac{A}{A_0} \right) \times 100 \right]$$

where A₀ is the absorbance of the control reaction and A is the absorbance of the crude extract and C-PC.

RESULTS

In this study, *O. amphibia* was isolated from Acıgöl Lake located in Denizli, Turkey. This lake is a shallow salt lake and its crystallized water contains 55.9% (w/v) sodium sulphate. The C-phycocyanin content and efficiency of *O. amphibia* were compared with *S. platensis* which is a well known C-PC source. For this purpose, pharmacological and toxicological activities of *O. amphibia* crude extracts and the C-PC reliability of the cells were investigated by brine shrimp toxicity test and were confirmed to be safe. The results for the cytotoxicity evaluation of the infusion 2% of *O. amphibia* are summarized in Table 1. According to the previously described method, the LC₅₀ value more than 1000 ppm was not considered as toxic.

In this study, the phycocyanin content determined in *O. amphibia* was approximately the same with *S. platensis*. The C-PC content of *O. amphibia* was found to be 55.56% when cultured, while the content of C-PC was 56% in *S. platensis*. The protein content of *O. amphibia* for both crude extract and C-PC values were 270.52 mg.ml⁻¹ and 140 mg.ml⁻¹, respectively. The extracts from each step were confirmed by SDS-PAGE (Figure 1). Abs_{620/280} ratios of the extracts increased up to 3.8 for *S. platensis* and 4.1 for *O. amphibia* (Table 2). The total carbohydrate, protein and the absorbance ratio of the crude extracts and C-PCs were given in Table 2. Total carbohydrate content in *S. platensis* crude extract and C-PC values were 214.46 mg.ml⁻¹ and 29.86 mg.ml⁻¹, respectively. Treatment with SDS under reduced condition caused C-PC to dissociate into two subunits (Figure 1). The results are in conformity with earlier reports on the molecular masses of α and β subunits of phycocyanin from blue-green algae.

Table 1. *In vivo*- brine shrimp cytotoxicity of *O. amphibia*

Extract	Concentration (ppm)	LC ₅₀
Sample	1000:100:10	>1000
Colchicine	500:50:5	0.0009
Umbelliferone	500:50:5	377.02

Table 2. Analysis of carbohydrate, protein and absorbance values for *S. platensis* and *O. amphibia*

	<i>S. platensis</i> crude extract	<i>O. amphibia</i> crude extract	<i>S. platensis</i> C-phycocyanin	<i>O. amphibia</i> C-phycocyanin
Total Carbohydrate (mg.ml ⁻¹)	214.46	126.35	29.86	20.4
Total Protein (mg.ml ⁻¹)	422.36	270.52	71.35	140
Abs _{620 / 280} ratio	0.85	0.95	3.8	4.1

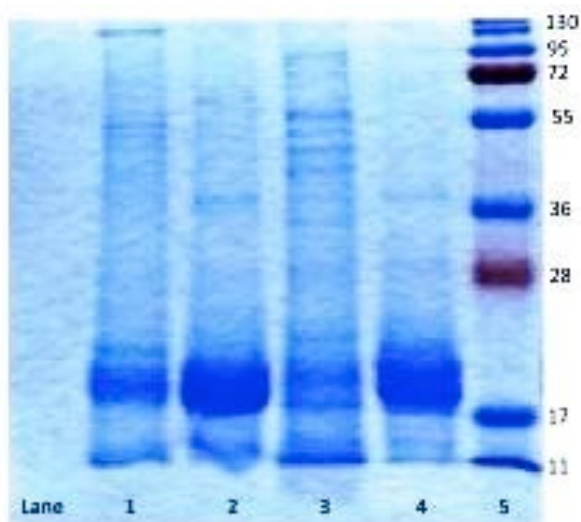


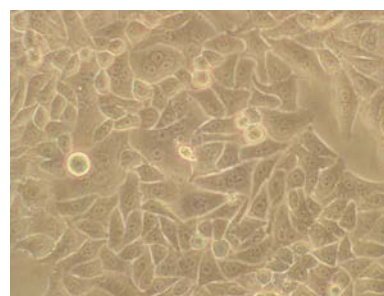
Figure 1. SDS-PAGE of crude extracts and C-PC. Lane (1-5): Lane 1. *O. amphibia* crude extracts, Lane 2. *O. amphibia* C-phycocyanin, Lane 3. *S. platensis* crude extracts, Lane 4. *S. platensis* C-phycocyanin, Lane 5. Marker (kDa).

The cytotoxic effect of *S. platensis* and *O. amphibia* extracts were investigated on HEP-3B cell lines and the calculated IC₅₀ values are summarized in Table 3.

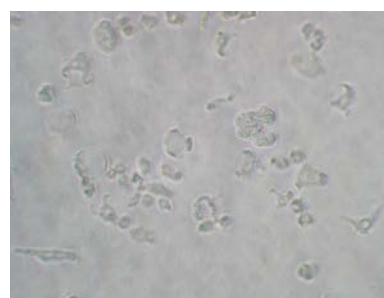
The MTT assay results showed that the extracts inhibit cell proliferation in a dose-dependent manner. Cytotoxicity level increases gradually at higher concentrations of the extracts. In this part of the study, the morphological changes were obtained for HEP-3B cells which were growing in logarithmic phase throughout the treatment with extracts. After the 48 h post treatment of extracts, an increased number of rounded cells and growth inhibition were observed when compared with the untreated control cells (Figure 2).

Table 3. Estimated IC₅₀ of crude extracts and C-PC of *S. platensis* and *O. amphibia*

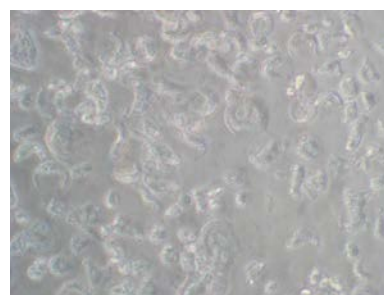
	IC ₅₀ (μg.ml ⁻¹)	
	<i>S. platensis</i>	<i>O. amphibia</i>
Crude extracts	16.34	12.94
C-phycocyanin	13.27	4.19



(a)



(b)



(c)

Figure 2. Cytotoxicity in HEP-3B cell line (10X magnification) a 48-h exposure to C-phycocyanin: (a) untreated cells, (b) treated with *O. amphibia* 4.19 μg.ml⁻¹ of C-phycocyanin, (c) treated with *S. platensis* 13.27 μg.ml⁻¹ of C-phycocyanin

DPPH is a stable free radical donor, which has been widely used to test the free radical scavenging effect of natural antioxidants. The percentage of crude extracts, C-PC and, positive control effects on free radical generation *in vitro* are

given in Table 4. In this study *Spirulina* crude extract was found to be most potent hydroxyl radical scavenger, whereas C-PC was determined as least potent hydroxyl scavenger.

Table 4. Antioxidant activity^a of *S. platensis* and *O. amphibia* crude extracts and C-PC

	<i>S. platensis</i> crude extract	<i>O. amphibia</i> crude extract	<i>S. platensis</i> C-phycocyanin	<i>O. amphibia</i> C-phycocyanin	BHT	α - tocopherol
DPPH (%)	34.5	27	26.2	38.7	90	82
Hydroxyl (%)	49.6	30.88	20.6	33	94	90

^a Antioxidant activity was assayed at a concentration of 3 mg.ml⁻¹. BHT and α -tocopherol was used at a concentration of 0.2 mg.ml⁻¹. p<0.01
BHT: Butylated hydroxyl toluene

DISCUSSION

The number of species of microalgae is estimated at 22.000 to 26.000, however only a little part of these organisms have been studied in detail with regard to their biochemistry and ecophysiology (Callegari, 1989). All these aquatic microorganisms have some beneficial properties as being a good source of high value chemicals such as polysaccharides, polyunsaturated fatty acids, and pigments, which are widely used in medicinal research area.

Cyanobacteria play an important role for being the only source of the blue pigment phycocyanin, and since *Spirulina* is a very rich source of valuable chemicals, particularly C-PC, commercialized for its use for medical purpose. As a result of many research, C-PC has found to be anti-inflammatory, antiviral, hepatoprotective, anticancer and antioxidant activities (Reddy *et al.*, 2003). Antioxidant compounds play important role for human health and prevention of diseases such as, coronary heart diseases, radio-protective effects, antitumor activity, inflammation and mutagenesis leading to carcinogenesis (Hsiao *et al.*, 2005; Romay *et al.*, 1998).

In this study, *O. amphibia* isolated from Lake Acıgöl, Denizli, Turkey, was thought to be an alternative source of C-PC. To investigate its convenience, first of all the cells had to be confirmed to be safe on the basis of the brine shrimp toxicity test. *O. amphibia* crude extract were safe either at the highest concentrations (10 mg.ml⁻¹) (Conk Dalay *et al.*, 2005).

S. platensis, is an excellent source of phycocyanin, because its protein fraction contains up to 20% of phycocyanin (Jaouen *et al.*, 1999). Conk-Dalay *et al.* (2005) determined and compared the C-PC content of *O. amphibia* and *S. platensis* according to the low temperature method (Lorenz, 1998). There haven't been found a significant difference between the C-PC content of both species. Boussiba and Richmond (1979) have used 50% and 30% (w/v) ammonium sulfate solutions, respectively for precipitation, following by hydroxylapatite, DEAE-cellulose and Sephadex A-50 columns. This method offered an improved separation of C-PC (Boussiba and Richmond, 1979; Yi Ming and Feng, 1999). In this study, phycocyanin was obtained by ammonium sulfate precipitation. 40% (w/v) ammonium sulfate solution was used prior to precipitate other proteins except C-

PC, and then 70% ammonium sulfate solution was added to obtain C-PC. Anamika *et al.* (2005), purified C-PC from *Spirulina*, *Phormidium* and *Lyngbya* spp. and they determined the molecular weights as 112, 131, and 81 kDa, respectively. In this study it has been shown that all the β subunits (24.4 kDa) were same for all the three species, whereas the molecular weights of α subunits were different for all (17 kDa *Spirulina* sp., 19.1 kDa *Phormidium* sp., and 15.2 kDa for *Lyngbya* sp.). However, in a study reported by Madhyastha *et al.* (2006) the α subunit of *S. fusiformis* showed 59% homology with that of *Oscillatoria* sp., β subunit differed largely with only 6% homology between the two species. The β subunit of *Oscillatoria* sp. differed from all of the genera selected, in its amino acid composition, except for positions of Thr⁶ and Asp¹³. This result may explain the differences between the cell viability and the antioxidant activity data.

S. platensis C-PC showed 0.0725 mg.ml⁻¹ as Li *et al.* (2001) and 50 μ M IC₅₀ as Subhashini *et al.* (2004). On the other hand, there is no literature cited on the cytotoxicity of *O. amphibia*. The *O. amphibia* C-PC extracts showed the highest cytotoxic effect on the tested tumor cell lines with IC₅₀ values unlike *S. platensis* extracts. This result indicated that the *O. amphibia* C-PC was shown higher cytotoxic effect than the *S. platensis* C-PC on HEP-3B cells. There are many studies about the effect of C-PC on various cancer cell lines cited in literature. However, it is little known on the action of mechanism of C-PC; Subhashini *et al.* (2004) showed that this molecule acts as a cyclooxygenase-2 (COX-2) inhibitor, additionally induces apoptosis in mouse macrophage cell line RAW 264.7 stimulated with lipopolysaccharide (Reddy *et al.*, 2003) and in rat histiocytoma cell line, AK5 (Pardhasaradhi, *et al.*, 2003), proliferation and apoptosis effect on chronic myeloid leukemia cells, K 562 (Subhashini *et al.*, 2004) were also studied to evaluate the mechanism.

Phycocyanin is shown to possess radical scavenging and antioxidant properties (Romay *et al.*, 1998; Romay and Gonzalez, 2000; Gonzalez *et al.*, 1999). The linear tetrapyrrol prosthetic group commonly called as 'bilins' of phycocyanin are able to scavenge the reactive oxygen species (ROS) and the molecule can act as an antioxidant (Romay *et al.*, 2003). DPPH radical scavenging activity among all the extracts and the radical scavenging activities of water extracts were as high

as the activity of α -tocopherol, which scavenged the highest amount of DPPH radicals with respect to the two commercial antioxidants (BHT and α -tocopherol) tested. The scavenging activities of crude extracts and C-PC on DPPH radical are shown in observed that the radical scavenging activity increased with the increase of phenolic content. Phycocyanin was also reported to have a positive correlation between DPPH radical scavenging activities and total polyphenolics. Phenols are particularly effective antioxidants for polyunsaturated fatty acids; in fact they easily transfer a hydrogen atom to lipid peroxy radicals and form the aryloxy, which being incapable of acting as a chain carrier, couples with another radical thus quenching the radical propagation process (Veliöglu *et al.*, 1998). Hydroxyl radicals are the major reactive oxygen species causing enormous biological damage and initiate lipid peroxidation. Hydroxyl radicals are generated in the Fenton system ($\text{Fe}^{2+}/\text{H}_2\text{O}_2$).

Our study has distinctly demonstrated that C-PC and the crude extracts of *O. amphibia* and *S. platensis* may be

promising in formation or proliferation of the studied cell line, HEP-3B, by their cytotoxic effects. Also, antioxidant activity was detected in both C-PC and crude extracts. Since most of the cyanobacteria have not been previously screened against the cell line spread in the present study, the present data are novel. An integration of biochemical studies will doubtlessly help to extend this knowledge to therapeutic approaches.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was supported by Ege University Scientific Research Fund. We are grateful to Assist.Prof.Dr. Husniye Saglam. We acknowledge Assoc.Prof.Dr. Kemal Sami Korkmaz for help and interest in SDS-PAGE. We thank Assoc.Prof.Dr. Guven Ozdemir and Dr. Ulku Karabay-Yavasoglu for encouragement and advice. We also thank Assist.Prof.Dr. Ensari Guneli from Dokuz Eylul University, Institute of Health Sciences, Department of Laboratory Animal Sciences Izmir/Turkey, for statistical analysis.

REFERENCES

- Anamika, P., Sandhya, M., Richa, P. Ghosh, P.K., 2005. Purification and characterization of C-Phycocyanin from cyanobacterial species of marine and freshwater habitat. *Protein Expression and Purify*, 40(2):248-255. doi:10.1016/j.pep.2004.10.028
- Benedetti, S., Benvenuti, F., Pagliarini, S. Francogli, S. Scoglio, S. Canestrari, F., 2004. Antioxidant properties of a novel phycocyanin extract from the blue-green alga *Aphanizomenon flos-aquae*. *Life Sciences*, 75(19):2353-2362. doi:10.1016/j.lfs.2004.06.004
- Boussiba, S., Richmond, A., 1979. Isolation and characterization of phycocyanins from the blue-green alga *Spirulina platensis*. *Archives of Microbiology*, 120:155-159. doi:10.1007/BF00409102
- Callegari, J.P., 1989. Feu Vert Pour Les Microalgues. *Biofuture*, 76:25-40.
- Conk-Dalay, M., Hatipoğlu, S., Sağlam, H., 2005. Phycocyanine content and toxicity of *Oscillatoria amphibia* agardh isolated from Acı Lake, Turkey. *Tropical and Subtropical Cyanoprokaryota Workshop*. Gran Canaria, Las Palmas, Spain.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.S., Smith, F., 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28:350-356. doi:10.1021/ac60111a017
- Gustafson, K.R., Cardellina II, J.H., Fuller, R.W., Weislow, O.S., Kiser, R.F. Shader, K.M., Patterson, G.M.L., Boyd, M.R., 1989. AIDS-Antiviral sulfolipids from cyanobacteria (blue-green algae). *Journal of the National Cancer Institute*, 81(16):1254-1258. doi:10.1093/jnci/81.16.1254
- Ganapathi, P., Chethana, S., Sridevi, A.S., Raghavarao, K.S.M.S., 2006. Method to obtain C-phycocyanin of high purity. *Journal of Chromatography A*, 1127(-2):76-81. doi:10.1016/j.chroma.2006.05.073
- Glazer, A.N., 1994. Phycobiliproteins-a family of valuable, widely used fluorophores. *Journal of Applied Physiology*, 6:105-112.
- Gonzalez, R., Rodriguez, S., Romay, C., Ancheta, O., Gonzalez, A., Armesto, J., Ramirez, D., Merino, N., 1999. Anti-inflammatory activity of phycocyanin extract in acetic acid-induced colitis in rats. *Pharmacological Research*, 39(1):55-59. doi:10.1006/phrs.1998.0409
- Grossman, A.R., Schaefer, M.R., Chiang, G.G., Collier, J.L., 1993. The phycobilisome, a light-harvesting complex responsive to environmental conditions. *Microbiology Reviews*, 5:725-749.
- Hayashi, O., Katoh, T., 1994. Enhancement of antibody production in mice by dietary *Spirulina platensis*. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 40:431-441. doi:10.3177/jnsv.40.431
- Hsiao, G., Chou, P.H., Shen, M.Y., Chou, D.S., Lin, C.H., Sheu, J.R., 2005. C-Phycocyanin, a Very Potent and Novel Platelet Aggregation Inhibitor from *Spirulina platensis*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:7734-7740. doi:10.1021/jf051352y
- Jaouen, P., Lepine, B., Rossignol, N., Royer, R., Quémeñeur, F., 1999. Clarification and concentration with membrane technology of a phycocyanin solution extracted from *Spirulina platensis*. *Biotechnology Techniques*, 13:877-881. doi:10.1023/A:1008980424219
- Komarek, J., 2010. Recent changes (2008) in cyanobacteria taxonomy based on a combination of molecular background with phenotype and ecological consequences (genus and species concept). *Hydrobiologia*, 639:245-259. doi:10.1007/s10750-009-0031-3
- Laughlin, J.L., 1991. Assay for Bioactivity, In: *Methods in Plant Biochemistry*, K. Hostelman (Ed.), Academic Press, London. Vol. 6:1-31.
- Li, Y., Zhang, J.P., Xie, J., Zhao, J.Q., Jiang, L.J., 2001. Temperature induced decoupling of phycobilisomes from reaction centers. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1504:229-234. doi:10.1016/S0005-2728(00)00250-4
- Liu, Y., Xu, L., Cheng, N., Lin, L., Zhang, C., 2000. Inhibitory effect of phycocyanin from *Spirulina platensis* on the growth of human leukemia K562 cells. *Journal of Applied Phycology*, 12:125-130. doi:10.1023/A:1008132210772
- Lorenz, R.T., 1998. Quantitative Analysis of C-Phycocyanin from *Spirulina pacifica* (Low Temperature Method). Cyanotech Corporation, *Spirulina Pacifica Technical Bulletin #004*.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the Folin-Phenol reagents. *Journal of Biological Chemistry*, 193:265-275.
- Madhyastha, H.K., Radha, K.S., Sugiki, M., Omura, S., Maruyama, M., 2006. Purification of c-phycocyanin from *Spirulina fusiformis* and its effect on the induction of urokinase-type plasminogen activator from calf pulmonary endothelial cells. *Phytomedicine*, 13:564-569. doi:10.1016/j.phymed.2005.09.006
- Meyer, B.N., Ferrigni, N.R., Putnam, J.E., Jacobsen, L.B., Nichols, D.E., McLaughlin, J.L., 1982. Brine shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta Medica*, 45:31-34. doi:10.1055/s-2007-971236
- Minkova, K.M., Tchernov, A.A., Tchorbadjieva, M.I., Fournadjieva, S.T., Antova, R.E., Busheva, M.Ch., 2003. Purification of C-phycocyanin from *Spirulina (Arthrospira) fusiformis*. *Journal of Biotechnology*, 102:55-59. doi:10.1016/S0168-1656(03)00004-X

- Mosmann, T., 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *Journal of Immunological Methods*, 65(1-2):55-63. doi:10.1016/0022-1759(83)90303-4
- Okadjima, T., Tanabe, T., Yasuda, T., 1993. Nonurea sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis with high-molarity buffers for the separation of protein and peptides. *Analytical Biochemistry*, 211:293-300. doi:10.1006/abio.1993.1272
- Pardhasaradhi, B.V.V., Ali, A.A.M., Kumari, A.L., Reddanna, P., Khar, R., 2003. Phycocyanin mediated apoptosis in AK-5 tumor cells involves down-regulation of Bcl-2 and generation of ROS. *Molecular Cancer Therapeutic*, 2:1165-1170.
- Qureshi, M., Ali, RA., 1996a. Phagocytic potential of Feline macrophages after exposure to a water soluble extract of *Spirulina* in vitro. *Immunopharmacol Immunotoxicology*, 18(3):342-354.
- Qureshi, M., Ali, RA., 1996b. *Spirulina platensis* exposure enhances macrophage phagocytic function in cats. *Immunopharmacol Immunotoxicology*, 18(3):457-463. doi:10.3109/08923979609052747
- Reddy, M.C., Subhashin, J., Mahipal, S.V.K., Bhat, V.B., Reddy, S.P., Kiranmai, G., Madyastha, K.M., Reddanna, P., 2003. C-Phycocyanin, a selective cyclooxygenase-2 inhibitor, induces apoptosis in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 304:385-392. doi:10.1016/S0006-291X(03)00586-2
- Reis, A., Mendes, A., Lobo-Fernandes, H., Empis, J.A., Novais, J.M., 1998. Production, extraction and purification of phycobiliproteins from *Nostoc* sp. *Bioresource Technology*, 66:181-187. doi:10.1016/S0960-8524(98)00064-9
- Romay, C., Armesto, J., Ramirez, D., Gonzalez, R., Ledon, N., Garcia, I., 1998. Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflammation Research*, 47:36-41. doi:10.1007/s000110050256
- Romay, C., Gonzalez, R., 2000. Phycocyanin is an antioxidant protector of human erythrocytes against by peroxyl radicals. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 52:8-367. doi:10.1211/0022357001774093
- Romay C., González, R., Ledón, N., Ramírez, D., Rimbau, V., 2003. C-Phycocyanin: a biliprotein with antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective effects. *Current Protein and Peptide Science*, 4:207-16. doi:10.2174/1389203033487216
- Schreiber, E., 1927. Die Reinkultur von marinen phytoplankton und deren bedeutung für die erforschung der produktionsfähigkeit des meerwassers. *Wiss Meeresuntersuch N.F.*, 10:1-34.
- Singh, R., Singh, S., Kumar, S., Arora, S., 2007. Free radical-scavenging activity of acetone extract/fractions of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. *Food Chemistry*, 103:1403-1410. doi:10.1016/j.foodchem.2006.10.056
- Sreemantula, S., Nammi, S., Kolanukonda, R., Koppula, S., Boini, K.M., 2005. Adaptogenic and nootropic activities of aqueous extract of *Vitis vinifera* (grape seed): an experimental study in rat model. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 5(1):1-19. doi:10.1186/1472-6882-5-1
- Stocker, R., McDonagh, A.F., Glazer, A.N., Ames, B.N. 1990. Antioxidant activities of bile pigments: biliverdin and bilirubin. *Methods in Enzymology*, 186-301.
- Subhashini, J., Mahipal, S.V., Reddy, M.C., Mallikarjuna, R.M., Rachamalla, A., Reddanna, P., 2004. Molecular mechanisms in C-Phycocyanin induced apoptosis in human chronic myeloid leukemia cell line-K562. *Biochemical Pharmacology*, 68:453-462. doi:10.1016/j.bcp.2004.02.025
- Surakka, A., Sihvonen, L.M., Lehtimäki, J.M., Wahlsten, M., Vuorela, P., Sivonen, K., 2005. Benthic cyanobacteria from the Baltic Sea contain cytotoxic *Anabaena*, *Nodularia* and *Nostoc* strains and an apoptosis-inducing *Phormidium* strain. *Environmental Toxicology*, 20:285-292. doi:10.1002/tox.20119
- Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B.D., 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:375-379. doi:10.1021/jf9801973
- Xu, J., Chen, S., Hu, Q., 2005. Antioxidant activity of brown pigment and extracts from black sesame seed (*Sesamum indicum* L). *Food Chemistry*, 91(1):79-83. doi:10.1016/j.foodchem.2004.05.051
- Yi-Ming, Z., Feng, C., 1999. A simple method for efficient separation and purification of C-Phycocyanin and Allophycocyanin from *Spirulina platensis*. *Biotechnology Techniques*, 13:601-603. doi:10.1023/A:1008914405302
- Yoshida, A., Takagaki, Y., Nishimune, T., 1996. Enzyme immunoassay for phycocyanin as the main component of *Spirulina* color in foods. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 60:57-60. doi:10.1271/bbb.60.57
- Zarrouk, C., 1966. Contribution A L'etude du Cyanophyceae. Influence de Divers Facteurs Physiques et Chimiques Sur La Croissance et La Photosynthese de *Spirulina Maxima* (Setch Et Gardner) Geitl., Phd, Paris.

Barbun (*Mullus barbatus* L., 1758)'un zaman-mekansal dağılım modellemesi, İzmir Körfezi

Modelling spatio-temporal distribution of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758), İzmir Bay

Esin Yalçın^{1*} • Raşit Gurbet²

¹Mersin Üniversitesi, Denizcilik Meslek Yüksekokulu, Deniz Ulaştırma ve İşletme Programı, Tece Kampüsü, 33290, Mezitli, Mersin, Türkiye

²Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü 35100, Bornova, İzmir, Türkiye

*Corresponding author: esin.yalcin@mersin.edu.tr

Abstract: In this study, the relationships between the environmental factors with fishing pressure and abundance of red mullet spatio-temporal distribution was aimed to determine in the İzmir Bay. This study characterizes the interactions that control the short term spatio-temporal variability in the red mullet distribution process in terms of abundance. The distribution and relative abundance of the red mullet including the influence of environmental factors and fishing pressure were analyzed using a Generalized Additive Model (GAM) and a Geographic Information System (GIS) based approach to investigate relationships. The results obtained from the model estimates and evaluations provide important information about local fisheries management. As a result of the work, it supposed that lower abundance of the red mullet was associated with cold and saline bottom waters especially in deeper areas of İzmir Bay. Additionally, the stock is considered to be heavily exploited and the fishing pressure on the species considerable throughout the deeper area of İzmir Bay where bottom trawling is allowed. In conclusion, the prediction model indicates a large abundance of species in the Gülbahçe Bay and vicinity corresponding roughly to the observed data. Temporally, the species was found to be more abundant in winter and autumn mainly in December.

Keywords: Red mullet, *Mullus barbatus*, Spatio-temporal distribution, Environmental factors, GAM, GIS, İzmir Bay

Özet: Çalışmada, İzmir Körfezi'ndeki çevresel faktörler ile balıkçılık baskısı ve barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, barbun bolluğu açısından incelenen balık türünün, dağılım prosesinde kısa süreli zaman-mekansal değişkenliği kontrol eden etkileşimleri nitelemektedir. Barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı üzerinde etkisinin olduğu kabul edilen tüm çevresel faktörlere ait ölçüm değerleri ve balıkçılık baskısı Genelleştirilmiş Toplamsal Model (GAM) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) tabanlı bir yaklaşımla ilişkileri incelenerek analiz edilmiştir. Model sonuçlarından elde edilen tahminler ve değerlendirmeler yerel balıkçılık yönetimi açısından önemli bilgiler ortaya koymaktadır. Çalışma sonucunda düşük bolluk değerlerine sahip barbunun İzmir Körfezi'nin soğuk ve tuzlu olan, özellikle derin yerleri ile ilişkili olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca, dip trolünün serbest olduğu İzmir Körfezi'nin derin bölgelerinde türün aşırı derecede sömürüldüğü ve tür üzerinde oldukça büyük ölçüde balıkçılık baskısı olduğu dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, sunulan çalışmanın tahmin modeli sonucu gerçek zamanlı ölçüm verisi analizleri ile benzerlik sergileyerek, barbunun Gülbahçe Körfezi'nde ve çevre sularında büyük bolluk değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Zamansal olarak, türün özellikle Aralık ayında, mevsim olarak ise kış ve sonbahar aylarında daha bol olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Barbun, *Mullus barbatus*, Zaman-mekansal dağılım, Çevresel faktörler, GAM, GIS, İzmir Körfezi

GİRİŞ

Balık stoklarının sürdürülebilirliği etkili balıkçılık yönetimi ile mümkündür. Ancak doğru balıkçılık yönetimi planlaması ve etkin olabilmesi için balık biyolojisi ve populasyon çalışmalarının yanı sıra, balık dağılımı ve bunu etkileyen çevresel faktörlerin bilinmesi ve ilişkilendirilmesi önemlidir. Çevresel faktörlerden özellikle derinliğe bağlı sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen, pH, derinlik gibi fiziko-kimyasal parametreler ile plankton gibi biyolojik parametrelerin her biri balık topluluklarının dağılım ve bolluklarını doğrudan ya da dolaylı olarak kontrol eden faktörlerin başında gelirler ve önemli bir baskıya sahiptirler. Bu parametreler dünya üzerinde önemli balıkçılık alanlarında, balıkçılık açısından değerlendirilmektedir ve aralarındaki etkileşimi anlamak, yorumlamak son yıllarda yapılan birçok multidisipliner

çalışmanın temel hedefi olmuştur. Birçok ekonomik balık türünün dağılımı ile su sıcaklığı, tuzluluğu, dip yapısı ve derinliği ilişkilidir (Mahon ve Smith, 1989). Demersal balıkların belirli bölgelerde topluluk oluşturmalarında öncelikle derinlik ve sediment tipi baskın etkenlerdir. Balık topluluklarının dinamik yapısı üzerinde su kütlesinin fiziko-kimyasal parametreleri; temelde sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş Oksijen değerleri etkindir (Koranteng, 2001). Akdeniz'deki çalışmaların çoğu derinlik, su sıcaklığı, Oksijen konsantrasyonu, sediment tipi gibi çevresel faktörlerle ilişkilidir (Colloca vd., 2003; Gaertner vd., 1999; Jackson ve Harvey, 1992).

Sunulan çalışmada, çevresel faktörlerin barbun populasyonu zaman-mekansal dağılımı üzerinde etkili

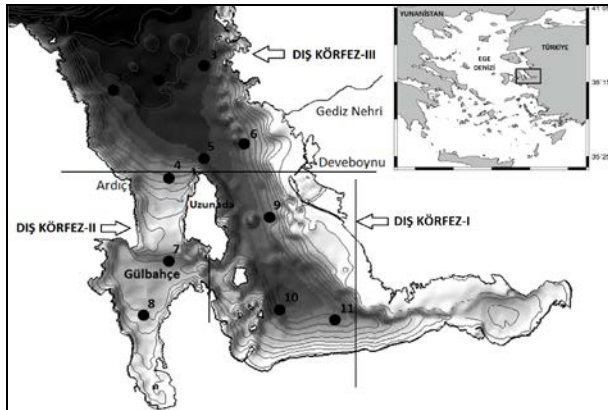
olabileceği öngörülmüş ve İzmir Körfezi'ndeki çevresel faktörler ile balıkçılık baskısı ve barbun bolluğunun zaman-mekansal dağılımı arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma süresince elde edilen çevresel parametre ölçümleri ile balık materyali elde etmek için yapılan trol avcılığı eşzamanlı olarak planlanmış ve tüm elde edilen değerler model çalışmalarında kullanılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın yapıldığı İzmir Körfezi, Ege Denizi'nin ortasında yer alan kapalı bir körfez konumundadır. Örnekleme yapıldığı istasyonlar yaklaşık olarak 25 m ile 75 m arası derinliklerdedir (Şekil 1). İzmir Körfezi fiziksel özelliklerine göre şu şekilde bölümlere ayrılmıştır: Uzunada'nın kuzey ucuna-Homa Dalyanı arasındaki hattın güneyi ile Çilazmak Burnu-Güzelbahçe hattının batı kesiminden, Urla-Menteş'e kadar olan bölge "Dış Körfez I" olarak adlandırılır, Uzunada'nın batısındaki Mordoğan Geçidi ile güneyde Gülbahçe Körfezi "Dış Körfez II" olarak adlandırılır, Karaburun Yarımadası ile Gediz Deltası arasında kalan daha geniş ve derin kesimi "Dış Körfez III" olarak adlandırılır (Sayın, 2003). İzmir Körfezi içerisinde 0 ile 1 m arasında kalan sığ sular dışında toplam alan ArcGIS 9.2 programı ile hesaplanmıştır; 787 km²'dir (Yalçın, 2009). T.C., Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından yayınlanan ve Denizlerde ve İçsularda Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen 2006-2008 Av Dönemine Ait 37/1 No'lu Sirküler'e göre; İzmir Körfezi'nin Ardıc Burnu (38° 31' 58" N - 26° 37' 22" E) ile Deveboynu'nu (38° 39' 24" N - 26° 43' 42" E) birleştiren hattın güneydoğusunda kalan saha trole yasaktır. Sunulan çalışmanın Dış Körfez III'de yer alan, Karaburun-Foça arasındaki hat boyunca yer alan 1, 2 ve 3 nolu istasyonlar trole serbest bölgede yer almaktadır. Diğer istasyonların tümü ise yıl boyunca trole kapalı alan içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alt alanları ve kapsadıkları trol ve çevresel parametre ölçüm istasyonları şöyledir:

- Dış Körfez I: 9-10-11 numaralı istasyonlar,
- Dış Körfez II: 4-7-8 numaralı istasyonlar,
- Dış Körfez III: 1-2-3-5-6 numaralı istasyonlar (Şekil 1).



Şekil 1. Dış Körfez'deki çalışma alt alanları ve örnekleme istasyonları.

Çalışma kapsamındaki abiyotik çevresel parametreler; sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve pH, CTD (Conductivity, Temperature, and Depth) cihazı ile ölçülerek modele girilmiştir.

İzmir Körfezi'nde mezozooplankton türlerini elde etmek için 50 cm yarıçaplı ve 280 µm göz açıklığına sahip stramin bezden yapılmış standart Hensen tipi plankton kepçesi ile ve fitoplankton örneklerin toplanması; 20 cm yarıçaplı ve 55 µm göz açıklığına sahip plankton kepçesi ile vertikal olarak gerçekleştirilmiştir. Örnekler laboratuvar koşullarında işlenerek değerler modele girilmiştir.

Örnekler gün ışığında 25 m derinlikten 1 m/s hızla vertikal olarak çekilerek elde edilmiştir. Toplanan plankton örnekleri %4'lük formalin solüsyonu içerisinde saklanarak laboratuvara getirilmiş ve örnekler filtrasyon düzeneğinde filtre kâğıdından süzülerek örneklerin yaş ağırlıkları elde edilmiştir. Daha sonra filtre kâğıdı üzerindeki yaş örnekler etüvde kurularak kuru ağırlıkları elde edilmiştir. Plankton biyokütle (kuru ağırlık) değerleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Strickland ve Parsons, 1972).

$$b = \frac{Dt}{v} \quad v = \pi r^2 x h$$

Formülde;

b = biyokütle (mgm⁻³)

Dt = toplam kuru ağırlık (mg)

v = süzülen suyun hacmi (m³)

r = kepçenin ağız açıklığının yarıçapı (m)

h = çekimin yapıldığı derinlik aralığı (m)

Genelleştirilmiş toplamsal modellerde (GAM; Hastie ve Tibshirani, 1986, 1990) veri; normal, binomial, Poisson, negatif binomial veya gamma dağılımları gibi birçok ekolojik verinin normal olmayan hata yapılarını uygun şekilde dönüştürerek, birçok yüksek olasılığa sahip veri setleri dağılımlardan elde edilir. Model sonucunda elde edilen bu veri setleri farklı amaçlara hizmet edebilir. Bu yöntem, balık bolluk ve dağılım çalışmaları gibi balıkçılık çalışmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

GAM (Zuur vd., 2007):

$$g(E[CPUE_i]) = \alpha + s_1(X_1) + s_2(X_2) + s_3(X_3) \dots + \epsilon_i$$

g = bağlantı fonksiyonu

α = populasyon kesişim sabiti

$s_i()$ = yumuşatılmış eğri fonksiyonu

X_i = açıklayıcı bağımsız değişken

ϵ_i = model kalıntısı

Sunulan çalışmada, GAM için R (R Development Core Team, 2010) istatistik programı kullanılmıştır. Modelde diferansiyel denklemler kullanarak veri noktalarından geçen eğriyi bulmak için yumuşatılmış eğri fonksiyonu $s_i()$ olarak kübik spline fonksiyonu seçilmiştir. GAM, bağımsız değişkenlere bağlı farklı fonksiyonları eklemeli olarak işlemek suretiyle, CPUE değerlerini tahmin etmemize imkan verir.

Modelde kullanılan açıklayıcı değişkenler; enlem ve boylam, derinlik, dip suyu sıcaklığı, dip suyu tuzluluğu, zooplankton ve fitoplanktondur. Nominal değişkenler ise aylar, izinli ve yasaklı balıkçılık alanları ve bu alanların zaman bilgileridir. Modelin işlem basamaklarında Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion, AIC) ile parametreler kriter değer gözünde bulundurularak adım-adım yöntemiyle azaltılarak seçilmiştir (Hastie and Tibshirani, 1990). Yanısıra, model için varsayılan Poisson düzleştirici seçimi için tarafsız risk tahmin (Un-biased Risk Estimator, UBRE) değerleri kullanılmıştır (Wood, 2006). En iyi model seçimi karşılaştırmalı olarak yapılmış, buna göre; en yüksek sapma seviyesi değeri (%0-100), en düşük AIC ve en düşük UBRE değerlerini sağlayan model tercih edilmiş ve istatistiksel önem derecesi (p -değeri) ile birlikte verilmiştir.

Komple bir coğrafi bilgi sistemi (GIS) olan ESRI ArcGIS yazılım ürünleri kullanılmıştır. Program üzerinde farklı katmanlarda hazırlanan balık türlerinin göreceli bolluk değerleri (CPUE) ve çevresel faktörler aynı harita üzerine çıkarılarak zaman-mekansal değişimleri analiz edilmiştir. Yanısıra, istatistiksel model girdisi olan tüm çalışma alanına ait çevresel faktör değerleri Inverse Distance Weighted (IDW) interpolasyon çalışması sonucunda GIS ile elde edilmiştir. İstatistiksel model çalışmasının son aşamasında elde edilen tahmini balık bolluk değerleri, GIS ile barbunun zaman-mekansal dağılım haritaları olarak sunulmuştur.

BULGULAR

GAM uygulamasında barbunun dağılımında bağımsız değişkenlerden abiyotik çevresel parametreler olan sıcaklık, tuzluluk, pH, çözülmüş oksijen değerlerinin yüzey değerlerinin, yanısıra, biyotik çevresel parametreler grubunda yer alan fitoplankton ve zooplankton parametrelerinin yeterli önem derecesinde olmadıklarına karar verilmiş ve bu parametreler model adımlarında çıkartılmıştır. Bağımsız değişkenlerden dip suyuna ait pH ve çözülmüş oksijen

değerleri de aynı sebepten modelden çıkartılmıştır. Ek olarak, indikatör değişkenler olarak belirlenmiş olan balıkçılığa kapalı ve açık alanlardaki süre bilgileri yeterli önem derecesinde olmadıkları için model adımlarında çıkartılmıştır. Her bir parametre için ki-kare testi (χ^2) temelinde, %95 önem seviyesindeki testler değerlendirilmiştir. Barbun bolluk dağılımında CPUE için açıklayıcı çevresel parametreler; derinlik, dip suyu sıcaklığı ve dip suyu tuzluluğudur (Tablo 1). En etkin çevresel parametre %35,1 sapma seviyesi, 344,08 UBRE ve 34797,73 AIC skorları ile derinliktir ($p < 0,001$).

Tablo 1. GAM'a dahil edilen parametre değerleri.

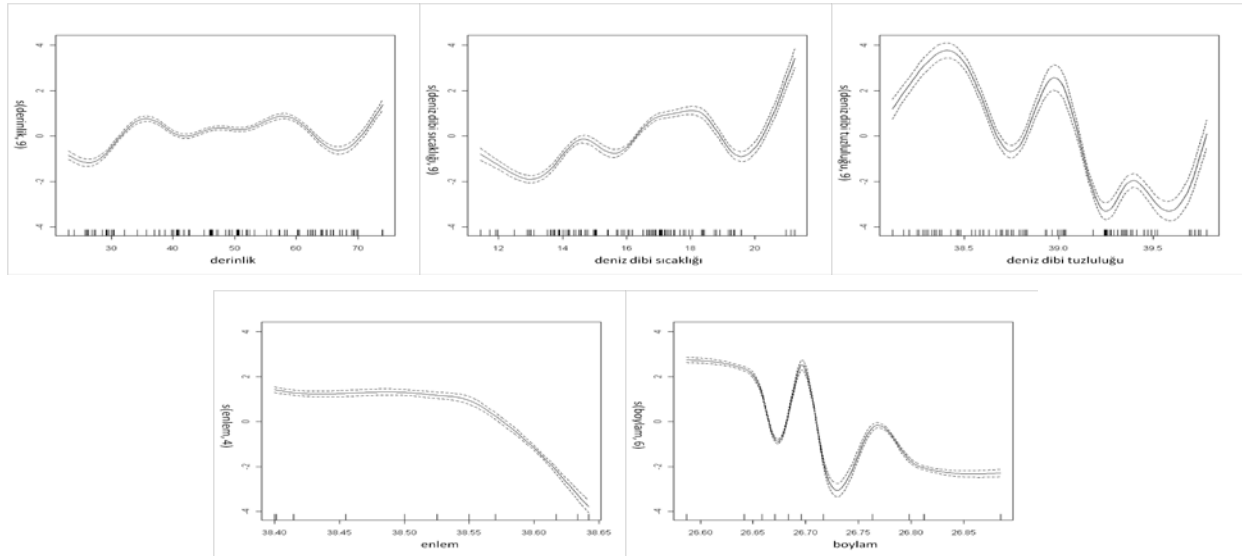
Parametre	% Sapma Seviyesi	UBRE	AIC	p -değeri
Derinlik (m)	35,1	344,08	34797,73	<0,001
Dip Suyu Sıcaklığı (°C)	32,6	357,37	36113,38	<0,001
Dip Suyu Tuzluluğu (psu)	13	461,62	46434,22	<0,001
Enlem	40,2	317,1	32127,07	<0,001
Boylam	40	318,14	32230,16	<0,001

Sunulan çalışmada, elde edilen balıkların bolluk değerleri (CPUE) ile balık dağılımında etkili olduğu düşünülen çevresel faktörler dahil edilerek en uygun GAM modeli hazırlanmıştır:

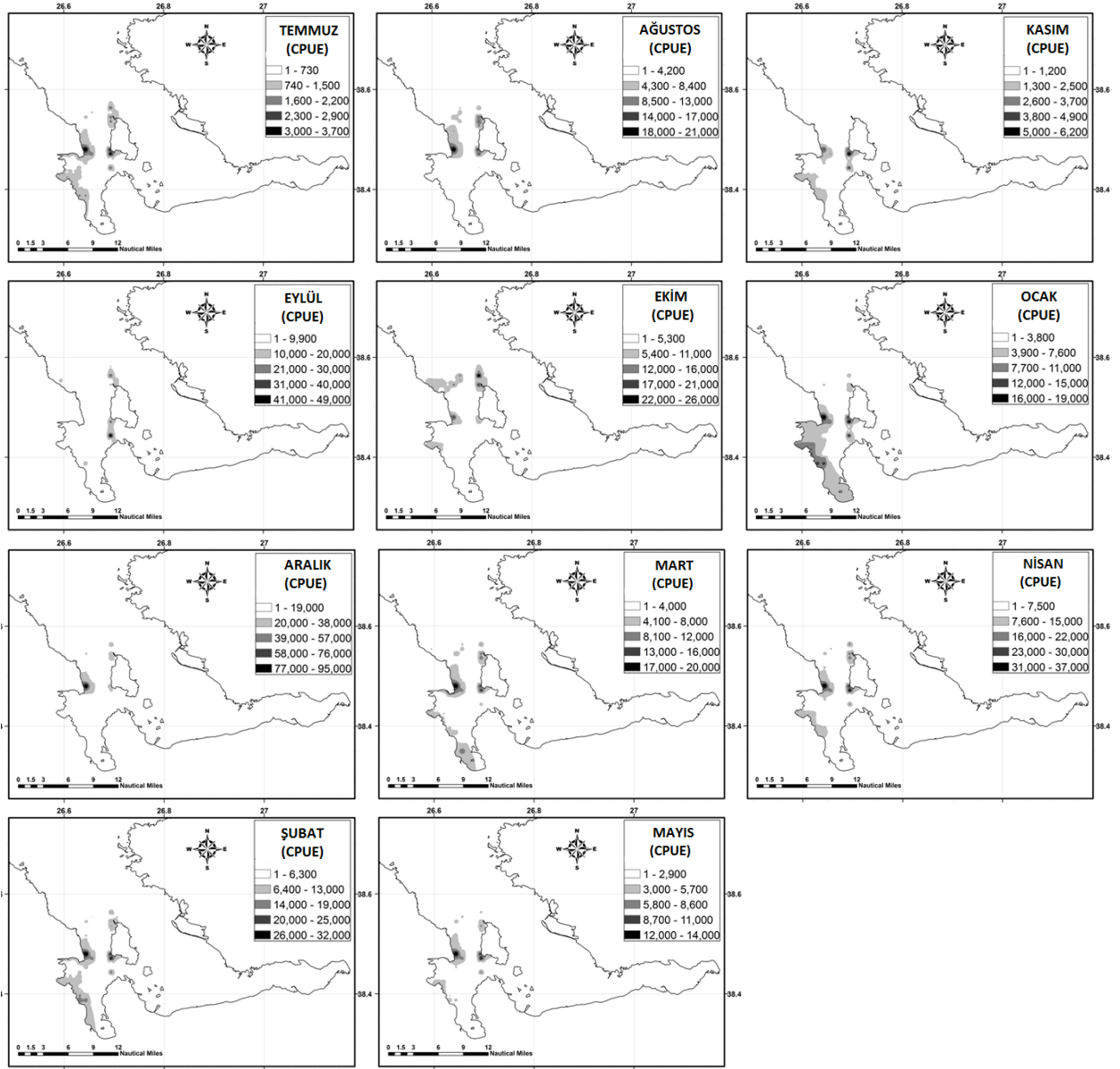
$$M. barbatus \text{ CPUE} \sim \alpha + s_1(\text{derinlik}) + s_2(\text{dip suyu sıcaklığı}) + s_3(\text{dip suyu tuzluluğu}) + s_4(\text{enlem}) + s_5(\text{boylam}) + ay + \text{balıkçılık alanı} + \varepsilon_i$$

Modelde optimum bağımsızlık derecesi için çapraz-validasyon uygulanmış ve barbun bolluk dağılımı CPUE; %92,3 sapma seviyesi değeri, 41,132 UBRE ve 4806,316 AIC skorları ile hesaplanmıştır ($p < 0,001$). Model çıktılarında bağımsız değişkenler ile barbun bolluk dağılımı arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur (Şekil 2).

Barbun için seçilen parametreler ile oluşturulan GAM sonucunda elde edilen tahmin değerlerinin doğruluğu test edilmiş ve bolluk dağılımları GIS ile zaman-mekansal olarak haritalandırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 2. Barbun için GAM model katsayılarına karşın modele eklenen terimler; derinlik, deniz dibi sıcaklığı, deniz dibi deniz suyu tuzluluğu, enlem ve boylam



Şekil 3. GAM sonucu elde edilen tahmin değerlerinin GIS ile haritalandırılmasıyla elde edilen aylık barbunun tahmini zaman-mekansal bolluk dağılımları

TARTIŞMA VE SONUÇ

Balıkçılık baskısı dahil olmak üzere çevresel değişkenler ve barbun bolluğu arasındaki zaman-mekansal ilişkilerdeki değişimler, GAM kullanılarak verilere uygun şekilde belirlenerek ortaya konulmuştur.

GAM sonuçlarına göre; barbun 60 m'den daha sığ suları tercih etmektedir, bolluk gösterdiği derinlikler ~30-60 m'dir. 16,5-19 °C dip suyu sıcaklık aralığında ve <39,1 dip suyu tuzluluk değerinin olduğu sularda yüksek bolluk değerleri sergilemektedir. Ayrıca, barbun sıcaklık alt sınırı 16,5 °C olarak tespit edilmiştir. Diğer taraftan, türün düşük bolluk değeri özellikle İzmir Körfezi'nin derin bölgelerinde, çevresel

sulara göre daha soğuk ve daha tuzlu dip sularıyla ilişkilidir. Türün bolluğu İzmir Körfezi'nde mekansal olarak değerlendirildiğinde 38,6 °N ile 26,7°E arasında bolluk sergilemiştir (Şekil 2).

Model tahminlerine göre; barbun yıl boyunca Gülbahçe Körfezi'ni ve Uzunada Adası'nın batısını kapsayan alanda Dış Körfez-II'de yüksek değerlerde tespit edilmiştir. Zamana bağlı olarak değerlendirildiğinde sonbahar ve kış aylarında, özellikle Eylül ayında yoğunlaşma tahmin edilmiştir (Şekil 3). Seçilen GAM sonuçları ve deniz çalışmalarından elde edilen gerçek barbun bolluk değerleri zaman-mekansal olarak uyumludur.

Sunulan çalışmanın amacı, barbunun potansiyel bolluk

sergilediği alanları açıklayan genel bir model inşa etmektir. Oluşturulan bu model temelinden yola çıkarak, uygulanabilirliği mümkün olan Ege Denizi sularımızda barbusun potansiyel zaman-mekansal bolluk dağılım haritaları hazırlanması bir sonraki çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Model tahmin yöntemi sayesinde, daha geniş alanlarda çevresel parametrelere ait çok yıllık veri setleri toplanırsa, model çalışması ile barbusun zaman-mekansal bolluk alanlarının tespiti mümkün olacaktır. Çalışma göstermiştir ki; büyük oranlarda avcılığı yapılan ekonomik açıdan büyük öneme sahip olan barbus türü çevresel parametrelere bağlı olarak kıyısız sularda geniş dağılımlar sergilemektedir ve model temelli tahmin çalışmaları balıkçılık yönetimi perspektifinde önemlidir.

İzmir Körfezi'nde uygulanmakta olan trol yasağının, genç bireyler üzerindeki av baskısını azaltması ve büyümelerine olanak sağlaması açısından uygun olduğu bilinmektedir.

KAYNAKLAR

- Colloca, F., Centilioni, P., Belluscio, A., Ardizzione, G.D., 2003. Analysis and validation of annual increments in otoliths of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea. *Archives Fisheries Marine Resources*, 50(2):23-30.
- Gaertner, J.C., Mazouni, N., Sabatier, R., Millet, B., 1999. Spatial structure and habitat associations of demersal assemblages in the Gulf of Lions: a multicompartamental approach. *Marine Biology*, 135:199-208. doi:10.1007/s002270050617
- Hastie, T.J., Tibshirani, R.J., 1986. Generalized Additive Models. *Statistical Science*, 1(3):297-310. doi:10.1214/ss/1177013604
- Hastie, T.J., Tibshirani, R.J., 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman&Hall/CRC, New York, 329 p.
- Jackson, D.A., Harvey, H.H., 1992. Fish and benthic invertebrates: community concordance and community-environment relationships. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50:2641-2651. doi:10.1139/f93-287
- Koranteng, K.A., 2001. Structure and dynamics of demersal assemblages on the continental shelf and upper slope off Ghana, West Africa. *Marine Ecology Progress Series*, 220:1-2. doi:10.3354/meps220001

Sunulan çalışma raporu ile önemi bir kez daha vurgulanan körfezde yasa dışı avcılığa ciddi cezai yaptırımlar uygulanmalıdır. Özellikle Gülbahçe Körfezi'nde ve körfez geneline göre çok farklı habitat özelliklerine sahip olan Mordoğan Geçidi ve Uzunada çevresinde balık popülasyonlarının korunması için cezai yaptırımlara devam edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın veri setleri "İzmir Körfezi'nde Çevresel Faktörlerin Barbunya (*Mullus barbatus*) ve Bakalyaro (*Merluccius merluccius*) Balıklarının Popülasyonları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" isimli Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında elde edilmiştir. Projeyi destekleyen E.Ü. BAP Komisyonu, proje ekibine ve R/V Egesüf personeline teşekkür ederiz.

- Mahon, R., Smith, R.W., 1989. Demersal Fish Assemblages on the Scotian Shelf, Northwest Atlantic: Spatial Distribution and Persistence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 46(S1):134-152. doi:10.1139/f89-285
- Sayın, E., 2003. Physical features of the Izmir Bay. *Continental Shelf Research*, 23:957-970. doi:10.1016/S0278-4343(03)00083-9
- Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Fisheries Research Board of Canada*, 167 p.
- Wood, S.N., 2006. Generalized Additive Models: An introduction with R. *Chapman&Hall/CRC*, New York, 391 p.
- Yalçın, E., 2009. İzmir Körfezi'nde abiyotik çevresel faktörlerin barbunya (*Mullus barbatus*) ve bakalyaro (*Merluccius merluccius*) balıklarının popülasyonları üzerine etkilerinin incelenmesi. E.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi, 184 s.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.M., 2007. *Analysing Ecological Data*. Springer, New York, 680 p.

Bir Nil tilapya (*Oreochromis niloticus* L., 1758) populasyonunda BLUP yöntemiyle hasat ağırlığı için damızlık değer tahmini

Breeding value estimation for harvest weight in a Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L., 1758) population using BLUP

Emel Özcan Gökçek* • Bilge Karahan • Kutsal Gamsız

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*Corresponding author: emel.ozcan.gokcek@ege.edu.tr

Abstract: In this study, breeding values in a Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) population for harvest weight was estimated according to weight, age and sex data using Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) method. Mean estimated breeding value (EBV) for harvest weight in this unselected tilapia population was found 0.03. Mean EBV of male fish (2.908) for harvest weight was found higher than the mean EBV of females (-2.740) and relation between sex and estimated breeding values of harvest weight was found significant according to a t test. The BLUP method which gives opportunity of the most reliable estimations for all traits of an individual in selecting broodstock was used.

Keywords: Breeding value, BLUP, Tilapia, *Oreochromis niloticus*.

Özet: Bu çalışmada, bir Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) populasyonunda yaş, cinsiyet ve ağırlık ölçümleri kullanılarak; hasat ağırlığı için, damızlık değerleri, En İyi Doğrusal Sapmasız Tahminleme (BLUP) yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Herhangi bir seleksiyon uygulanmamış bu tilapya populasyonunda hasat ağırlığı için tahmin edilen ortalama damızlık değer tahmini, 0,03 bulunmuştur. Erkek tilapya balıklarının hasat ağırlığı için ortalama damızlık değer tahminleri (2,908), dişilerin ortalama damızlık değer tahminlerinden (-2,740) daha yüksek bulunmuş olup, cinsiyet ile hasat ağırlığına ait damızlık değer tahminleri arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. Damızlık seçiminde, bir bireyin tüm özellikleri için, en güvenilir tahmin imkanı veren BLUP yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Damızlık değer, BLUP, Tilapya, *Oreochromis niloticus*.

GİRİŞ

Dünya genelinde karasal hayvan yetiştiriciliğinde etkin seleksiyon çalışmaları 1930'lu yıllarda başlamış, 1940'lı yıllarda ise üretimde dikkate değer ilerlemeler elde edilmiştir (Eknath vd., 1991). Günümüzde çiftlik hayvanları, doğal populasyonlara göre çok daha yüksek verim elde edilen hatlardan oluşmaktadır. Akuakültürde ise 1970'li yıllarda başta salmon (*Salmo salar*) ve gökkuşuğu alabalığı (*Onchyrincus mykiss*) ıslahıyla başlayan çalışmalar, üretimi yapılan başlıca türlerde (Tilapya, karides, istiridyeye, kedi balığı, morina, sazan, levrek, çipura vb.) yaygınlaşmaya başlamıştır (Gjerdem ve Svealv, 2001). Seleksiyon uygulanan ıslah çalışmaları, nesiller boyunca süren ve pek çok genetik tahminleme yönteminden yararlanılarak yapılan oldukça uzun soluklu çalışmalardır. Bu çalışmalar sırasında seleksiyonun başarısı, en iyi genetiğe sahip bireylerin anaç olarak seçilmesine bağlıdır. Oldukça kalabalık balık populasyonları düşünüldüğünde; damızlık değer tahminleriyle seçilecek bireylerin belirlenmesi, çok iyi bir yöntem ve organizasyon gerektirmektedir.

Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) üretimi, dünyada gittikçe yaygınlaşan ve yüksek üretim potansiyeline sahip olması nedeniyle de "akuatik tavuk" (Maclean, 1984) olarak tanımlanan bir türdür. Nil tilapyası üretiminde pek çok genetik

iyileştirme çalışması yapılmaktadır. Nil tilapyası, akuakültür alanında dünya genelinde 27 adet projeye en çok ıslah çalışması yürütülen türdür (Vandeputte, 2011). Bu çalışmalardan en önemlisi Filipinler'de yürütülen ve uluslararası bir proje olan GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) projesidir. GIFT projesinde, kombine (aile ve aile içi) seleksiyon yardımıyla genetik olarak iyileştirilmiş hatlar elde edilmiştir (Eknath vd., 1993). Yirmiden fazla katılımcı ve enstitünün yürütmüş olduğu bu projede 5 nesil boyunca yürütülen seleksiyon çalışması sonucunda büyüme için %65,8'lik bir ilerleme elde edilmiştir (Eknath ve Belen, 1998). GIFT projesi sonucu elde edilen hatlardan; GIFT- Genomar Supreme Tilapya (Gjoen, 2001), aile içi seleksiyon yöntemiyle iyileştirilen FaST hattı (Bolivar ve Newkirk, 2002) ve çoklu özellik (multi trait) seleksiyonuyla ilerleme elde edilen Progift hattı (Thodosen vd., 2011) gibi pek çok hat oluşturulmaya devam edilmektedir.

Üretime elverişli balık türlerinde, fenotipik gözlemler yardımıyla yapılan seleksiyon uygulamaları sonucunda, istenen özellikler açısından verim artırılarak ticari açıdan fayda sağlanmaktadır. Akuakültür alanında yapılan seleksiyon çalışmalarında ilk aşamada ele alınan özellik çoğunlukla

büyüme oranının iyileştirilmesidir. Bu bağlamda; Yem Değerlendirme Katsayısı (Food Conversion Rate), Günlük Büyüme Katsayısı (Daily Growth Coefficient) ve Hasat Ağırlığı gibi özelliklere ait verim değerlerinin artırılması amaçlanmaktadır (Gjerde, 2005). Akuakültürde popülasyonların büyük olması; seleksiyon ve üretim açısından avantaj ve dezavantajları beraberinde getirmektedir. Akuakültürde çok kalabalık popülasyonlar seleksiyon yoğunluğunu pozitif yönde etkilerken, akrabalık ilişkilerinin dikkate alınmadığı bilinçsiz çiftleşme programlarının uygulandığı seleksiyon çalışmalarıyla akrabalı yetiştirme riskinin artması kolaylaşmaktadır. Bu bağlamda, anaç bireylerin akrabalık ilişkileri dikkate alınarak genetik değerlendirmelerin yapılması, ıslah çalışmalarının etkinliğini arttırmaktadır.

Akuakültürde üretim, çok kalabalık anaç ve üretim popülasyonlarına dayalı yapıldığından, ıslah çalışmalarında bireysel seleksiyon yöntemi ilk etapta ele alınmaktadır. Hangi seleksiyon yöntemi kullanılırsa kullanılsın genetik açıdan iyileştirilen hatlar oluşturabilmek için en iyi genotipe sahip damızlıkların tespit edilmesi gerekmektedir. Karabulut ve Tekin (2009) damızlık seçiminde, pedigrili yetiştiricilik yapılan işletmelerde fenotipik ölçümler ve akrabalık kayıtları sayesinde genetik açıdan değerlendirmeye olanak veren BLUP (En İyi Doğrusal Sapmasız Tahminleme) metodunun (Henderson, 1988), en güvenilir damızlık değer tahmin metodu olduğunu bildirmişlerdir. En iyi terimi tahmin edilen sonuç ile gerçek damızlık değer arasındaki farkın minimum bir varyasyona sahip olduğunu açıklarken; diğer tanımlamalarda tahminleyicinin gözlemlerin doğrusal bir fonksiyonu olduğunu, tahminlenmek istenen değerın sapmasız tahminlendiği ve yapılan işlemin gerçek damızlık değerini tahminleme olduğunu açıklamaktadır (Akbaş, 1994). En küçük kareler esasına dayalı Karışık Model Eşitlikleri (MME) yöntemiyle, BLUP hesaplamaları yapılarak, damızlık değerler tahminlenmektedir (Estimated Breeding Value). BLUP yöntemi, popülasyondaki genetik eğilimi ve sabit etkileri de içine aldığından; fenotipik seleksiyona göre daha etkilidir (Kennedy, 1990, Gall ve Bakar, 2002) ve seleksiyonun isabet derecesini artırır (Nguyen ve Ponzoni, 2006). Tilapya popülasyonlarında 98. gündeki vücut ağırlığı için BLUP'la yapılan seleksiyonla elde edilen ilerlemenin, kitle seleksiyonuyla elde edilen ilerlemeden %20 ile %30 fazla olduğu tespit edilmiştir (Gall ve Bakar, 2002). BLUP metodu dünyada çapında damızlık değer tahminlerinde en iyi yöntem olarak kabul edilmektedir (Lynch ve Walsh, 1998).

Bu çalışmada Karışık Model Eşitliği yardımıyla; toplam 469 adet Nil tilapya (*Oreochromis niloticus*) bireyinin, pazar boyunda yapılması planlanan seleksiyon çalışmalarında kullanılmak üzere, 222. gündeki vücut ağırlığı için BLUP hesaplamaları yapılarak Damızlık Değerler tahminlenmiştir. Ayrıca dişi ve erkek bireyler ayrı ele alınarak cinsiyet ve ağırlık arasındaki ilişki incelenmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada, Vietnam Akuakültür Araştırma Enstitüsü Genetik ve Seleksiyon Bölümü bünyesinde yürütülen; "Bir Nil tilapya (*Oreochromis niloticus*) popülasyonu için üretim verimliliğinin artırılmasına yönelik bir projenin (NORAD) verilerinden yararlanılmıştır. Başlangıç popülasyonu genetik açıdan ilişkili olmadığı varsayılan ve rastgele seçilen damızlıklardan oluşturulmuştur. Bu çalışmada başlangıç için 22 anaçtan, 1. nesilde 64 anaçtan, 2. nesilde 70 anaçtan, 3. nesilde 86 anaçtan elde edilen yavrulara (4. nesil) ait ölçümlerden yararlanılmıştır (Tablo 1). Öz kardeş ailelerini oluşturan yavrular markalama boyuna gelene kadar ayrı tanklarda tutulmuştur. Pit markalama yöntemi ile markalanan balık bireyleri daha sonra hasat ağırlığına kadar birlikte stoklanmışlardır. Başlangıç popülasyonu ile beraber, ilk 3 nesil için sadece cinsiyet ve akrabalık ilişkileri son nesle ait pedigri kayıtları, hasat ağırlığı, uzunluk, cinsiyet bilgileri ile yaş (gün) bilgileri mevcuttur (Tablo 1). Bu çalışmada damızlık değer tahminlemesi için kullanılan fenotipik ölçümler 4. nesildeki 52 adet aileye ait toplam 469 bireyin ölçümleri ve akrabalık ilişkileri yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 1. Veri seti

Nesil	Birey Sayısı	Σ	Gözlem
0	11 ♀: 11 ♂	22	Cinsiyet
1	32 ♀: 32 ♂	64	Cinsiyet
2	35 ♀: 35 ♂	70	Cinsiyet
3	43 ♀: 43 ♂	86	Cinsiyet
4	229 ♀: 240 ♂	469	Hasat Ağırlığı, Uzunluk, Yaş
Σ	350 ♀: 361 ♂	711	

Bu çalışmada: Eklemeli genetik varyans ($\sigma_a^2=2247,4$) ve çevre varyans ($\sigma_e^2=2907,7$) komponentlerine ait tahminler aynı popülasyonda NORAD projesiyle gerçekleştirilen çalışmalardan alınmış ve damızlık değer tahminlenmesinde kullanılmıştır.

Damızlık değerler hesaplanırken öncelikle, tüm bireylerin akrabalık ilişkilerini içeren bir pedigri dosyası EXCEL programında hazırlanmıştır. Buna göre ilk sütunda bireye ait dijital numara, ikinci ve üçüncü sütunlarda baba ve anneye ait numaralar olacak şekilde bir veri dosyası oluşturulmuştur. Nil tilapya pazar boyu ağırlığı için damızlık değer tahminleri Matlab programında yapılmıştır.

Çalışmada Damızlık Değer Tahminleri (DD), Karışık Model Eşitliğine göre Lynch ve Walsh (1998)'tan yararlanılarak "Birey Modeli" kullanılarak BLUP hesaplamaları yapılmıştır. Birey modelinde; bireyin gözlem değeri anne ve baba etkisi yerine kendi genetik değeri üzerinden açıklanmaktadır (Akbaş, 1995).

$$y = X\beta + Zu + e \quad (1)$$

Eşitlikte;

y= 469 adet bireyde ölçülen pazar boyu ağırlığına ait gözlemler vektörü,

X= sabit etkilere ait desen matrisi,

β = sabit etkiler vektörü,
 Z = şansa bağlı etkilere ait desen matrisi,
 u = şansa bağlı eklemeli genetik etkiler vektörü,
 e = rastgele çevresel etkilere ait hata vektörünü ifade etmektedir.

Karışık Model Eşitliğine ait matris:

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z+G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}y \\ Z'R^{-1}y \end{bmatrix} \quad (II)$$

R = hata varyansı

$G = A * \sigma_a^2$ = rastgele genetik etkiler varyansı (A : Eklemeli genetik ilişki matrisi).

Sabit ve rastgele etkilere ait standart hataların tahmin hesaplamaları yine Karışık Model Eşitliklerinden yararlanılarak bulunmuştur;

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & Z'R^{-1}Z+G^{-1} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix}^{-1} \quad (III)$$

C_{11} = β 'nin örnekleme kovaryans matrisi,

C_{22} = Hatalara ait tahminlerin örnekleme kovaryans matrisi

C_{12} ve C_{21} = Tahmin edilen etkiler ve tahmin hatasına ait örnekleme kovaryansdır.

Sabit etkilerle (cinsiyet ve yaş), Damızlık Değer tahminlerinin varyansı;

$$C = \text{inv}([X^{**}Ri^{*}X \quad X^{**}Ri^{*}Z; \quad Z^{**}Ri^{*}X \quad (Z^{**}Ri^{*}Z+Gi)])^{*}[X^{**}Ri^{*}y; \quad Z^{**}X^{**}Ri^{*}y] \quad (IV)$$

fonksiyonuyla hesaplanmıştır. Bütün matris ve hesaplamalar Matlab programında yapılmıştır.

BULGULAR

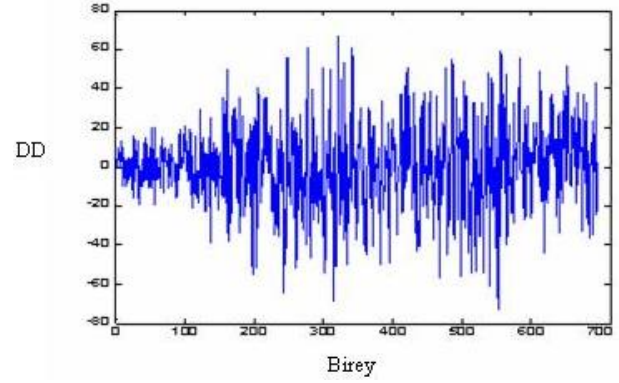
Populasyonda ölçülen hasat ağırlığı değerleri için Karışık Model Eşitliklerinden elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre erkeklerin vücut ağırlığı (g) ortalaması ($228,009 \pm 11,301$), dişilerin vücut ağırlığı ortalamasından ($192,531 \pm 11,545$) yüksek bulunmuştur. Buna göre erkeklerin hasat ağırlığı dişilerden yaklaşık olarak %9 daha yüksektir. 222. gündeki ortalama günlük vücut ağırlık artışı 1,288 g olarak tahmin edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Sabit etkilere ait tahmin edilen değerler

Sabit Etki	Ortalama(g) \pm Standart Hata
Erkek	228,009 \pm 11,301
Dişi	192,531 \pm 11,545
Yaş (gün)	1,288 \pm 0,030

Bu populasyona ait damızlık değer tahminleri populasyon ortalamasına göre, -73,150 ile 66,588 arasında dağılım

göstermiştir (Şekil 1). Erkeklerin damızlık değer tahmin ortalaması dişilerinkinden daha yüksek bulunmuştur (Tablo 3). Hasat ağırlığı için yapılan damızlık değer tahminleriyle, erkekler ve dişilerin karşılaştırılması t testi ile analiz edilmiş ve aradaki ilişki önemli bulunmuştur ($t=0,0125$, $p<0,05$).



Şekil 1. Nil tilapyasına ait hasat ağırlığı için tahmin edilen damızlık değerler

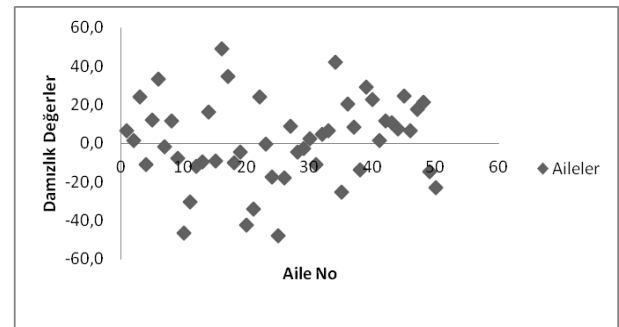
Tablo 3. Hasat ağırlığı (222. Gün) için tahmin edilen damızlık değerler

Değişken	N	Ortalama	Std. Sapma	Minimum	Maksimum
Erkek	239	2,908	25,613	-69,008	66,588
Dişi	229	-2,740	25,188	-73,150	58,997
Σ	469	0,031	25,549	-73,150	66,588

Her generasyonun ortalama damızlık değer tahminleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Nesillerin damızlık değer tahminlerine ait değerler

Nesil	N	Ort. DD	St. Sp.	Varyans	Minimum	Maksimum
0	22	1,230	6,600	43,580	-10,030	13,560
1	64	0,450	9,360	87,530	-19,480	20,290
2	70	0,370	13,510	182,440	-38,950	35,510
3	86	1,500	21,700	470,990	-54,750	49,870
4	469	0,031	25,549	652,770	-73,150	66,588



Şekil 2. Ailelerin hasat ağırlığı için tahmin edilen damızlık değer dağılımları

Ailelerin Damızlık Değer tahminleri -46,7 ile 49,2 dağılım göstermiştir. En yüksek damızlık değer ortalamasına sahip aileler, bireylerin damızlık değer ortalamalarına ve aile içindeki cinsiyet oranına (dişi, erkek) göre belirlenmiştir. Ailelerin hasat ağırlığı için damızlık değer tahminlerine bakıldığında 52 aileden 29 ailenin ortalama ve üzerinde bulunduğu gözlemlenmiştir (Şekil 2).

Tablo 5'te cinsiyete göre, en yüksek Damızlık Değer'den en düşüğe doğru sıralama yapılmıştır.

Tablo 5. Damızlık değer (DD) tahminleri en yüksekten en düşüğe doğru sıralanmıştır

Erkek Birey No	Aile No	Damızlık Değer	Dişi Birey No	Aile No	Damızlık Değer
1	41	66,588	1	41	58,997
2	41	61,571	2	41	57,882
3	47	60,753	3	57	55,541
4	41	56,553	4	61	54,768
5	42	55,071	5	57	51,638
6	42	53,399	6	47	50,572
7	36	52,572	7	42	50,267
8	36	52,028	8	42	49,710
9	7	50,917	9	57	49,049
10	37	48,112	10	42	47,281
11	41	45,403	11	41	41,157
12	8	44,514	12	42	40,232
...
60	63	18,301	60	6	15,401
61	3	17,797	61	6	14,844
...
101	8	4,523	100	3	3,919
102	51	3,822	101	36	3,739
...
149	39	-8,531	149	5	-7,897
150	34	-9,567	150	56	-8,081
...
200	51	-24,969	200	4	-25,978
201	58	-25,330	201	5	-26,654
202	44	-26,221	202	45	-26,983
...
239	4	-64,245	228	38	-56,113
240	45	-66,588	229	4	-73,150

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada edilen sonuçlara, Nil tilapyasında cinsiyet ve hasat ağırlığı arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde Gall ve Bakar (2002) tilapya da yaptıkları çalışmada nesil ile hat, cinsiyet ve tank arasındaki ilişkileri (sabit) önemli bulmuşlardır. Erkeklerin 222. gündeki ortalama ağırlığı dişilerden yaklaşık %9 fazla bulunmuştur. Elde edilen bu sonucun Gall ve Bakar (2002)'in aynı tür üzerine yaptıkları çalışmanın sonuçlarıyla paralel olduğu görülmektedir ki, söz konusu çalışmada 98. gündeki erkek birey ağırlığının da dişilerin 1,6 katı kadar olduğu hesaplanmıştır. Ancak aynı çalışmada, seleksiyon için kontrol grubuna ait ortalama damızlık değerini $0,27 \pm 0,01$ g olarak bulmuşlardır. Rezk vd. (2009) aynı şekilde tilapyalarda (*Oreochromis niloticus*) hasat ağırlığı üzerine yaptıkları çalışmada, erkeklerin dişilerden %52 oranında daha ağır olduğunu tespit etmişler ve ağırlık üzerinde cinsiyetin etkisini önemli bulmuşlardır. Charo-Karisa vd. (2006) ise tilapyalarda cinsiyet farklılaşmasının çok erken dönemde başlayarak ağırlığı etkilediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada cinsiyet ile damızlık değerler arasındaki ilişki, t testi ile ($p < 0,05$) istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Nguyen vd. (2007) Nil tilapyasında, cinsiyet ile vücut özellikleri arasında yüksek genetik korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (0,91-0,96). Pek çok araştırmacı tilapya erkeklerinde dişilerden daha fazla büyüme tespit etmiştir (Baras ve Melard, 1997; Rezk vd., 2002, Ponzoni vd., 2005).

Çalışmanın konusu olan bir Tilapya populasyonunun BLUP yöntemiyle elde edilen pazar boyuna ait damızlık değer tahminleri sonucunda varyans değerlerinin önemli ölçüde yüksek bulunmasına karşın, pek çok bireyin ortalamaya yakın değer göstermiş olması, besleme ve diğer ortam koşullarının tüm bireyler üzerinde yaklaşık etkilere sahip olduğunu göstermektedir. Aynı tür üzerine yapılmış olan diğer bir çalışmada yine büyüme üzerine hesaplanan sonuçlarda balıkların yetiştirilmesi sırasındaki yer ve yem mücadeleleri sonucunda varyasyon katsayılarının farklılaştığı görülmüştür (Charo-Karisa vd., 2006). Bu iki farklı sonuç, seleksiyon programlarının oluşturulması sırasında, öncelikle ele alınan türün farklı ortamlarda söz konusu özelliğe ait gösterdiği tepkilerin araştırılmasıyla, genetik ve çevre etkileşimlerinin iyi incelenmesi ve çevre etkisinin mutlaka göz önünde bulundurulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu şekilde seleksiyona verilecek olan tepki önceden tahmin edilerek, uygun simülasyon programı oluşturulabilir.

Damızlık değer tahminleri ortalama değer etrafında dağılım göstermiştir. Damızlık değer tahminlerine ait standart hatanın düşük çıkması ele alınan bireylerin tüm populasyonu temsil etme derecesinin yüksek olduğunu anlamına gelmektedir.

Çalışmada nesiller arasındaki damızlık değer tahmin ortalamalarına bakıldığında, nesiller arasında önemli farklılıklar görülmemiştir. Bu da beklenen bir durumdur. Çünkü çalışma boyunca herhangi bir seleksiyon uygulaması yapılmamıştır.

Akuakültür alanındaki ıslah çalışmalarında, suni dölleme ve sperm dondurma yöntemlerinin yaygınlaşmasıyla, esnek çiftleştirme programları oluşturulabilmekte (Harvey ve Kelly, 1984) ve bunun sonucu olarak pek çok aileyle çalışılmaktadır. Çok sayıda bireyle üretim yapılması, bireylere ait verilerin toplanmasında zorluk yaratmasına karşın, çok sayıda kayıt sayesinde damızlık değer hesaplamaları çok etkin bir biçimde yapılabilmektedir. Bu çalışmayla elde edilen Damızlık Değer tahminleriyle, bu Nil tilapyası populasyonunda bireysel veya aile seleksiyonu kullanılarak gelecek nesilde hasat ağırlığı artırılabilir. Bireysel seleksiyon uygulamadaki kolaylığından dolayı tercih edilmektedir. Ailelerin fenotipik ortalaması, genotipik ortalamaya daha yakın olması nedeniyle seleksiyonun başarısını arttırmakta olan diğer bir ıslah yöntemidir (Gjerde, 2005). Damızlık değer tahminleri; aile seleksiyonunda kullanılırken, özkardeş ailelerinin rastgele etkisi de hesaplamalara katılmalıdır. Balık ve kabuklu populasyonlarında seleksiyona verilen yanıt (*R*) genellikle çiftlik hayvanlarından daha yüksektir (Olesen vd., 2003). Hastalıklara dayanıklılık ya da cinsiyete bağlı gözlenen özellikler için damızlık değerler yardımıyla yapılan seleksiyon işleminin isabet derecesi oldukça yüksektir. Bir nesilde pek çok birey kaydının tutulabilmesi, seleksiyon yoğunluğunu olumlu yönde etkileyerek seleksiyon çalışmalarının başarısını arttırmaktadır. Suni dölleme ve sperm dondurma çalışmaları da çiftleştirme programlarına pek çok esneklik kazandırmıştır.

İslah çalışmalarında başarı, bireylerin ve populasyonların genetik yapılarının en doğru şekilde tahminlenmesine dayanır. BLUP tekniğiyle, farklı yoğunlukta seleksiyon uygulanan, çağdaş olmayan bireylerin eş zamanlı karşılaştırılmasını sağlanırken, çevre etmenlerine göre verimleri düzeltme ve damızlık değer tahminleme işlemlerini tek aşamada gerçekleştirilebilmektedir (Akbaş, 1994). Saha ve simülasyon çalışmalarına göre, düşük kalıtım dereceli özellikler dahil; Karışık Model Eşitliklerinden yararlanılarak yapılan seleksiyon çalışmaları, fenotipik seleksiyon çalışmalarının tümüne üstünlük göstermektedir (Marby ve See, 1990; Keele vd., 1988).

KAYNAKLAR

- Akbaş, Y., 1994. Damızlık değerini "En iyi sapsız tahminleyicisi" BLUP yöntemi. *Hayvansal Üretim*, 35:13-22.
- Akbaş, Y., 1995. Seleksiyon indeksi ve farklı BLUP uygulamalarının karşılaştırılması. II. *Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, 1-2 Haziran, Atatürk Kültür Merkezi, İzmir, pp. 393-406.
- Baras, E., Mèlard, C., 1997. Individual growth patterns of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L.: emergence and dynamics of sexual growth dimorphism. In: Fitzsimmons, K. (Ed.), *Tilapia Aquaculture, Proceedings from the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture 9-12 May 1997*, Orlando, Florida, USA. NRAES, vol. 106, pp. 169-177
- Bolivar, R.B., Newkirk, G.E., 2002. Response to within family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. *Aquaculture*, 204:371-381. doi:10.1016/S0044-8486(01)00824-9
- Charo-Karisa, H., Komen, H., Rezk, M.A., Ponzoni, R.W., van Arendonk, J.A.M., Bovenhuis, H., 2006. Heritability estimates and response to selection for growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds. *Aquaculture*, 261:479-486. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.07.007
- Eknath, A., Belen, O.A., 1998. Genetic Improvement of Farmed Tilapia Project *Final Report* (1988-1997) ICLARM. Manila. Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Tayamen, M.M., Abella, T.A., Gjerdem, T., Pullin, R.S.V. 1991. Approaches to national fish breeding programs. Pointers from tilapia pilot study. *NAGA: The ICLARM Quarterly* No. 723:10-12.
- Eknath, A.E., Tayamen, M.M., Palada-Vera, M.S., Danting, J.C., Reyes, R.A., Dionisio, E.E., Capili, J.B., Bolivar, H.I., Abella, T.A., Circa, A.V., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Gjerdem, T., Pullin, R.W., 1993. Genetic improvement of farmed tilapias: the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. *Aquaculture*, 111:171-188. doi:10.1016/0044-8486(93)90035-W
- Gall, G.A.E., Bakar, Y., 2002. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia. *Aquaculture*, 212:93-113. doi:10.1016/S0044-8486(02)00024-8
- Gjerde, B., 2005. Prediction of Breeding Values. In: *Selection and Breeding Programs in Aquaculture*, T. Gjedrem (Ed). Springer, pp. 197-231.
- Gjerdem, T., Svealv, T., 2001. Fish genetics research in member countries and institutions of the International Network on Genetics in Aquaculture. *ICLARM Conf. Proc.* 64, 179 p.
- Gjoen, H.M., 2001. GIFT program continues. Distribution of fast-growing tilapia to expand. In: *Global Aquaculture Alliance*, St Louis, MO, USA. *The Global Aquaculture Advocate*, p. 44.
- Harvey, B., Kelly, R.N., 1984. Chilled storage of *S. Mossambicus* milt. *Aquaculture*, 36:85-95. doi:10.1016/0044-8486(84)90056-5
- Henderson, C.R., 1988. Theoretical basis and computational methods for a number of different animal models. Animal Model Workshop. *Journal of Dairy Science*, Supplement 2, 71:1-16

Akuakültür alanında seleksiyona verilen yanıt çok yüksek olduğundan bu tip çalışmaların yaygınlaşması gerekmektedir. Bu bağlamda, BLUP yardımıyla damızlıkların belirlenmesi ise seleksiyonun başarısını doğrudan artırır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki veri setinin sağlanması ve varyans unsurlarının belirlenmesindeki katkısından dolayı Vietnam Akuakültür Araştırma Enstitüsü, Genetik ve Seleksiyon Bölümünden Dr. Tran Dinh Luan'a teşekkür ederiz.

- Karabulut, O., Tekin, M.E., 2009. Damızlık Koç Seçiminde BLUP Metodunun Kullanılması. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(6):891-896.
- Keele, J.W., Johnson, R.K., Young, L.D., Socha, T.E., 1988. Comparison of methods of predicting breeding values of swine. *Journal of Animal Science*, 66:3040-3048.
- Kennedy, B.W., 1990. Use of mixed model methodology in analysis of designed experiments. In: Gianola, D., Hammond, K. (Eds.), *Advances in Statistical Methods for Genetic Improvement of Livestock*. SpringerVerlag, Berlin, pp. 77 - 97
- Lynch, M., Walsh, B., 1998. Genetics and Analysis of Quantitative traits; chapter 26 - *Estimation of breeding values*. Sinauer Associates, Inc, 745-778.
- Macleay, J., 1984. Tilapia the aquatic chicken. *ICLARM, Makati*, Manila 1(7).
- Marby, J.W., See, M.T., 1990. Selection with animal model versus selection within contemporary groups for swine. *Journal of Dairy Science*, 73:2657-2665. doi:10.3168/jds.S0022-0302(90)78951-5
- Nguyen, N.H. and Ponzoni R.W., 2006. Perspectives from Agriculture: Advances in Livestock Breeding - Implications for Aquaculture Genetics. *NAGA, WorldFish Center Quarterly* Vol. 29 No. 3 & 4.
- Nguyen, H.N., Khaw, H.L., Ponzoni, R.W., Hamzah, A., Kamaruzzaman, A., 2007. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? *Aquaculture*, 272(1):38-46. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.08.013
- Olesen, I., Gjerdem, T., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Rye, M., 2003. Breeding programs for sustainable aquaculture. *Journal of Applied Aquaculture*, 13:179-204. doi:10.1300/J028v13n03_01
- Ponzoni, R.W., Hamzah, A., Tan, S., Kamaruzzaman, N., 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the gift strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247:203-210. doi:10.1016/j.aquaculture.2005.02.020
- Rezk, M.A., Kamel, E.A., Ramadan, A.A., Dunham, R.A., 2002. Comparative growth of Egyptian tilapias in response to declining water temperature. *Aquaculture* 207, 239-247. doi:10.1016/S0044-8486(01)00748-7
- Rezk, A.M., Ponzoni, W.R., Khaw, L.H., Kamel, E., Dawood, T., John, G., 2009. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Response to selection and genetic parameters. *Aquaculture*, 293:187-194. doi:10.1016/j.aquaculture.2009.03.019
- Thodosen, J., Rye, M., Wang, Y.X., Yang, K.S., Bentsen, H.B., Gjerdem, T., 2011. Genetic improvement of tilapias in China. Genetic parameters and selection responses in growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and filet yield. *Aquaculture*, 322-323, 51-64. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.10.010
- Vandeputte, M., 2011. Lessons learned from terrestrial animals and status of aquaculture implementation. In: *Aquaculture Europe (EAS) 2011*, Rhodes, Greece, October 18-21. (unpublished data)

Decisions of stakeholders for the proposed artificial reef deployment: Analytic hierarchy process approach

Yerleştirilmesi amaçlanan yapay resifler için paydaşların kararları: Analitik hiyerarşi süreci yaklaşımı

Sezgin Tunca^{1*} • Bülent Miran² • Vahdet Ünal³

¹Muğla University, Faculty of Fisheries, Department of Fishery and Fish Processing Technology, 48000, Kötekli, Muğla, Turkey

²Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, 35100, Bornova, İzmir, Turkey

³Ege University, Faculty of Fisheries, Department of Fishery and Fish Processing Technology, 35100, Bornova, İzmir, Turkey

*Corresponding author: sezgin.tunca@gmail.com

Özet: Bugüne kadar Türkiye'de yapay resif alanlarının etkin kullanımı ve paylaşımıyla ilgili ticari balıkçılar, amatör balıkçılar ve yöre sakinlerini ele alan farklı paydaş gruplarının kararları değerlendirilmemiştir. Bu çalışmada, söz konusu denizel alanla ilgili mevcut durum, yapay resif ve deniz rezervi senaryolarını içeren deneysel senaryolarla paydaşların kararlarını analiz etmek üzere çoklu karar verme sürecinde yaygın olarak kullanılan bir teknik (Analitik Hiyerarşi Süreci) kullanılmıştır. Sonuç olarak, yapay resif uygulaması ticari ve amatör balıkçılar tarafından desteklenmiştir. Ancak amaçlanan yapay resif yapılarının gelecek kullanım hakları ile ilgili görüşler araştırma grupları arasında farklılık göstermiştir. Amaçlanan yapay resiflerin farklı paydaş grupları arasında tahsis edilmesi üç grup tarafından da % 50'nin üzerinde kabul görmüştür. Gelecek çalışmalar için model olacak bu çalışmada yapay resiflerin önemi, potansiyel kullanıcıların yüksek destekleme eğilimiyle ekonomik, biyolojik ve sosyal faydaları ele alınarak ortaya koyulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yapay resifler, Paydaşlar, Analitik Hiyerarşi Süreci, Karar verme.

Abstract: Decisions of different stakeholders which includes commercial fishermen, recreational fishermen and local residents through efficient use and share of artificial reefs sites were not been assessed up to present in Turkey. With the commonly used technique for multi-criteria decision making process (Analytic Hierarchy Process) was used to analyze stakeholder decision through experimental scenarios which includes current status, artificial reef deployment and marine reserve related to marine area in question. In result, artificial deployment act was supported by commercial and recreational fishermen; however, opinions through future use rights of purposed artificial reef structures were diversified among study groups. Allocation of proposed AR sites among different stakeholders were agreed by three focus groups with acceptance at rates over 50%. Importance of artificial reefs were presented by accounting economic, biologic, social benefits and management gaps with high tendency of support by potential direct users in this study, which is also thought to be a model for future studies.

Keywords: Artificial reefs, Stakeholders, Analytic Hierarchy Process, Decision making.

INTRODUCTION

Artificial reefs (ARs) were introduced as good example of fish enhancement tool in marine area. Beyond fish enhancement, ARs creates services for scuba divers and recreational fishermen that explain its great importance in terms of economic and social aspects. (Asafu-Adjaye and Tapsuwan, 2008; Ditton *et al.*, 2002; Hiett and Milon, 2002; Milon, 1988; Morgana *et al.*, 2008; Oh *et al.*, 2008; Pendleton, 2004, Sutton and Bushnell, 2007). With a wide range of AR deployment acts, use rights of ARs sites were not assessed deeply by adding assessing stakeholders' opinions through socioeconomic researches in Turkey. Socioeconomics researches conducted in other countries, especially in United States, showed great economic contribution of ARs (Whitmarsh *et al.*, 2008; Milon *et al.*, 2000; Johns *et al.*, 2001). However, freedom of use in AR sites were thought to create conflicts among different stakeholders such as commercial fishermen (CF), recreational fishermen (RF), recreational

divers (RD), local residents (LR). Therefore, separate use styles or specific purposes on ARs, without transparency, control and management in use may result in conflicts among stakeholders.

General attitudes and opinions of individuals under certain conditions which can be related to developing a new policy, establishing a new commercial facility or simply buying a house is naturally been assessed through different alternatives. Individual decisions can be considered to depended on background that includes occupation, education level and hobbies. Generally, with an Analytic Hierarchy Process (AHP) Method, as we are all fundamentally decision makers (Saaty, 2008), to be able create coherent management plans and environmentally sustainable AR areas, it is possible to analyse stakeholders' attitudes towards use of AR sites.

The general aim of this study is to analyze stakeholder decision through experimental scenarios which includes current status, AR deployment and marine reserve establishment related to marine area in question via Analytic Hierarchy Process Methodology. Under three scenarios, possible AR related activities that considered as alternatives including recreational fishing, commercial fishing, conservation of the marine zone, scuba diving and decreasing conflicts among stakeholders were also analyzed. Mainly, this study aims to put forward the importance of future ARs by comparing different scenarios. In addition, different use types and issues in the scenario of ARs' deployment were also planned to assess.

MATERIALS AND METHOD

Within the scope of the study, firstly, related national and international scientific literature was reviewed then field studies which were planned to draw a picture of the current status of ARs' stakeholders were conducted in Altinoluk where is the pilot AR deployment site in the National Artificial Reef Project of Turkey. Questionnaire based face-to-face interviews were planned to collect data from target survey groups (CF, RF, LR) who were determined to be the most relevant group with the future ARs. Three different specially designed questionnaire forms were used for each group. Representative sample size was calculated for each group because of the time and budget constraints according to 95% confidence interval and 5% tolerance interval (Miran, 2003). Sample size was determined as 20 CF who are the members of Altinoluk Fishery Cooperative (N=55) (Halil Ataç, personal communication, April, 2011), 58 RF who participate recreational fishing on shore or on a boat in Altinoluk (N=400) (Halil Ataç, personal communication, April, 2011), 67 LR in Altinoluk (N=13,800) (TSI, 2011). Proportional sampling size formula was used for proper sampling from three groups. Sampling sizes for each group were determined by the fraction below (Miran, 2003).

$$n = \frac{Np(1-p)}{(N-1)\sigma_{px}^2 + p(1-p)}$$

where n is the sample sizes of each group for face-to-face questionnaire surveys, N is the total population of each target group (CF, RF, LR), p is the contribution ratio to ARs (0.50 is fitted to reach maximum sample size) and σ_{px}^2 is the variance considered according to the frequency of the issue (± 0.05).

In the questionnaire surveys, data on demographic, socioeconomic dimensions of the respondents and the priorities given by target groups for different criteria and alternatives in the experimental AHP scenario were collected.

Analytic Hierarchy Process (AHP)

Within the study, AHP method was used to determine users's choices for different scenarios including current status,

AR deployment and marine reserve establishment. With the AHP study, users's attitudes towards ARs can be assessed deeply.

Generally, AHP is a choice process from different alternatives to reach goals and targets (Forman and Selly, 2000). This method is developed by Thomas L. Saaty (1980) and was used for solutions of complicated problems. It creates a modeling opportunity in hierarchical structure that shows relationship among main goal, criteria, subcriteria and alternatives (Saaty et al., 2003). Hierarchical organization of criteria is commonly used in extensive decision problems. It was proven that human brain can not operated more than seven stimulants in a certain time and it was also proven that human mind can not compare more than three criteria in the same time (Prakash, 2003).

AHP is composed of three main principals which are decomposition, pair-wise comparison and hierarchical arrangement. Decomposition is a process that structures a problem in a variety of hierarchies. Pair-wise comparison is a pair-wise comparison matrix composition process which provides us to make dual comparisons between alternatives and criteria. Hierarchical arrangement is a composition process of comparisons on hierarchy.

First step of AHP is decomposition of decision problem to main components and composing a hierarchical structure. This helps decision makers to focus on small components of relevant decision (Braunschweig and Becker, 2004). On the top of the decision hierarchy, main goal, on one step below criterion that will affect quality of decision and on the bottom step, decision alternatives are placed (Figure 1).

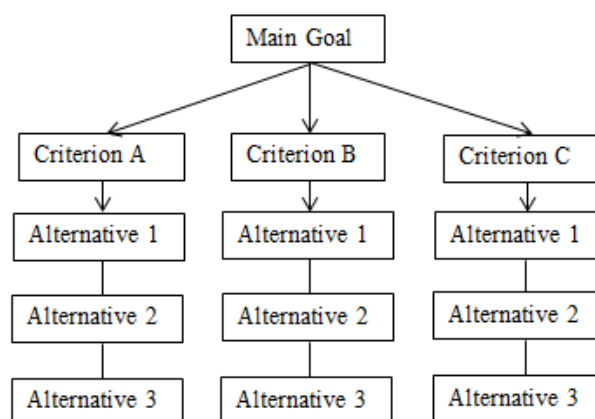


Figure 1. General view of AHP model (Saaty, 1980).

Pair-wise comparisons compose the second step of AHP. That means two alternatives or criteria will be compared and it is based on judgement of decision maker. If the hierarchy includes components (alternatives), totally, it is necessary to make $n(n-1)/2$ comparisons. In the pair-wise comparison, importance degree of A criterion according to B criterion is determined by choice scale from 1 to 9 demonstrated in Table 1 (Saaty, 1980). 2, 4, 6, 8 values in the

preference scale are interval rates. Calculation of each compared component is called synthesization. Synthesization process includes normalization.

In the most commonly used normalization method, components of each column are divided by sum of the

column. During this process, to achieve the main goal of the problem, a mixed priorities vector is composed to serve as arrangement of decision alternatives. Final priorities are called as points of decision alternatives.

Table 1. Standard preference scale used in AHP (Saaty, 1990)

Intensity of importance	Definition	Explanation	Intensity of importance	Definition	Explanation	Intensity of importance	Definition	Explanation
1			Equal importance			Two activities contribute equally to the objective		
3			Moderate importance of one over another			Experience and judgment strongly favor one activity over another		
5			Essential or strong importance			Experience and judgement strongly favor one activity over another		
7			Very strong importance			An activity is strongly favored and its dominance demonstrated in practice		
9			Extreme importance			The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation		
2,4,6,8			Intermediate values between the two adjacent judgments			When compromise is needed		
Reciprocals			If activity i has one of the above numbers assigned to it when compared with activity j, then, j has the reciprocal value when compared with i					
Rationals			Ratios arising from the scale			If consistency were to be forced by obtaining numerical values to span the matrix		

There are many studies considering a wide range of disciplines were conducted using AHP. These studies can be described shortly as follow:

These studies are concerning agricultural production (Alphonse, 1997; Mainuddin *et al.*, 1997; Guo and He, 1999; Kahraman *et al.*, 2003; Prakash, 2003; Qureshi and Harrison, 2003; Braunschweig and Becker, 2004; Gómez-Limón and Atance, 2004; Karami, 2006; Parra-López and Calatrava-Requena, 2006; Simona and Romana, 2006; Gómez-Limón and Riesgo, 2008; Günden and Miran, 2008; Rezaei-Moghaddam and Karami, 2008) whereas others regarding consumption and marketing issues of food (Kahraman *et al.*, 2004; Kauko, 2006; Ko and Chiu, 2006; Kong and Liu, 2005; Wang *et al.*, 2007; Günden *et al.*, 2008) and lastly, Ramos *et al.* (2006) assessed reef diving choices by accounting factors including biological, geographical, atmospheric, economic, incentive.

Tobit Model

Tobit model is an extension of probit model. It is placed among limited dependent variable models (Gujarati, 2004). In this model, dependent variable, Y holds an asymmetry between positive and negative or 0 values (Ramanathan, 1998). Common formulation of tobit model, as is probit model, is given based on an index function below (Greene, 2003).

$$Y_i^* = \beta'x_i + u_i$$

If $Y_i^* \leq 0$ ise $Y_i = 0$
 If $Y_i^* > 0$ ise $Y_i^* = 0$

As is in probit model, estimators in probit model are calculated by maximum likelihood method (Gujarati, 2004).

Within the study, factors affecting priorities given to criterions and alternatives by the respondents were assessed separately via using tobit regression analysis.

RESULTS

Hierarchical Order and AHP Results

In the AHP diagram, effective use of marine zone was determined as main goal. Then, fixed criterions and alternatives designed for CF, RF and LR were evaluated, separately. Explanations regarding considered criterions and alternatives were stated as follow. Firstly, current status criterion was described as first scenario. On the other side, it was proposed to deploy ARs under National AR Project of Turkey with the AR deployment criterion. And, finally, marine reserve establishment criterion was described and proposed as a marine zone which is controlled under good management practice in terms of commercial fishing, recreational fishing, recreational trips and recreational diving activities. For each criterion, five alternatives which includes recreational fishing, commercial fishing, conservation of the marine zone, scuba diving activities, decreasing conflicts among stakeholders were assessed by pair-wise comparisons. Priorities given to different alternatives were then evaluated. Figure 2 describes the AHP decision making tree used in this study.

AHP Priorities for Research Groups

CF

Priorities of CF for criterions were specified after pair-wise comparisons. To define priorities for each criterion, mean priority values extracted from mathematical calculations for each criterion was analyzed. First, mean priority value of CF was determined as 0.63 (± 0.22) for AR deployment. Then, secondly, 0.29 (± 0.20) for marine reserve and lastly, 0.07 (± 0.07) for current status. This results show that CF pays high attention and prefer to AR deployment (Table 2).

On the other side, general results of priorities given to five alternatives were as follow for CF: conservation of the marine zone, 0.44 (± 0.12); commercial fishing, 0.22 (± 0.11); decreasing conflicts among stakeholders, 0.18 (± 0.09); recreational fishing, 0.08 (± 0.06); scuba diving activities, 0.07 (± 0.06). At the same time, priorities given to five alternatives were assessed for each criterion. For current status, AR deployment and marine reserve establishment scenarios, results did not show significant difference among priorities given by CF (Table 2).

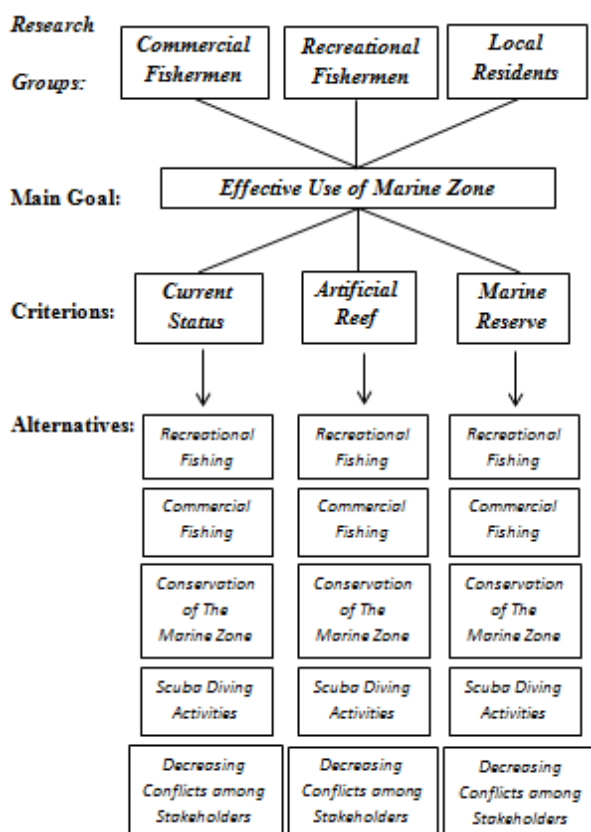


Figure 2. AHP scheme used in the study

RF

According to the results obtained from pair-wise comparisons, firstly, criterions were assessed for RF. As in the

case of CF, among three criterions, RF also gave first priority to AR deployment, 0.59 (± 0.19); second priority to marine reserve establishment, 0.35 (± 0.19), scenarios and last priority, current status, 0.07 (± 0.04). General results for five different alternatives were assessed via pair-wise comparisons in which conservation of the marine zone, 0.42 (± 0.13) got the highest rank, and orderly, other ranking values were found as recreational fishing, 0.20 (± 0.11); decreasing conflicts among stakeholders, 0.21 (± 0.12); scuba diving activities, 0.10 (± 0.06), commercial fishing, 0.07 (± 0.09). For each criterion, priorities given to different alternatives were also analysed. And no distinctive difference was determined as in the case of RF (Table 3).

Table 2. Priorities given by CF

Criterions	Recreational Fishing	Commercial Fishing	Conservation of the Marine Zone	Scuba Diving Activities	Decreasing Conflicts among stakeholders
Current Status	0.10	0.22	0.40	0.07	0.20
Artificial Reef	0.09	0.22	0.44	0.06	0.18
Marine Reserve	0.07	0.22	0.43	0.09	0.19

Table 3. Priorities given by RF

Criterions	Recreational Fishing	Commercial Fishing	Conservation of the Marine Zone	Scuba Diving Activities	Decreasing Conflicts among stakeholders
Current Status	0.17	0.07	0.45	0.10	0.21
Artificial Reef	0.21	0.07	0.42	0.10	0.21
Marine Reserve	0.20	0.06	0.42	0.12	0.20

LR

Priorities given to three criterions was assessed for LR, and first priority was given to marine reserve establishment, 0.46 (± 0.21); second priority to AR deployment, 0.45 (± 0.21), and last priority to current status, 0.09 (± 0.12) by LR. For five alternatives, as in the case of CF and RF, conservation of the marine zone, 0.38 (± 0.39), got the highest rank; however, other ranking values were found as 0.19 (± 0.17) for scuba diving activities, 0.19 (± 0.18) for decreasing conflicts among stakeholders; 0.17 (± 0.16) for recreational fishing and 0.06 (± 0.05) for commercial fishing. For each criterion, LR gave the first priority to the conservation of the marine zone while scuba diving activities got the second priority in the situations of marine reserve establishment and AR deployment, and the third priority in the case of current status. Decreasing conflicts among stakeholders got second priority in the case of current status and AR deployment, at the same time, for marine reserve establishment criterion, it got third rank among alternatives. For each three criterions, commercial fishing

were stated as last priority and ranked higher than recreational fishing and (Table 4).

Table 4. Priorities given by LR

Criteria	Recreational Fishing	Commercial Fishing	Conservation of the Marine Zone	Scuba Diving Activities	Decreasing Conflicts among stakeholders
Current Status	0.14	0.10	0.38	0.16	0.21
Artificial Reef	0.17	0.06	0.39	0.19	0.19
Marine Reserve	0.16	0.06	0.37	0.21	0.19

Analysis of Alternatives and Criteria via Tobit Regression

Results for each criterion and alternatives that range between 0-1 were analysed to find out statistically significant socioeconomic variables of local residents via tobit regression analysis. Definitions and descriptives of dependent and

independent variables are respectively described in Table 5 and in Table 6. Variables affecting priority level given to criteria and alternatives were also analyzed, orderly (Table 7).

For recreational fishing alternative, a positive relationship between education level and recreational fishing variables were determined. However, respondents who have social security gave higher priority to recreational fishing and respondents who know about national AR project gave lower priority to recreational fishing (Table 7).

For commercial fishing alternative, it was found that commercial fishing was positively related to these two variables, being environmentalist that was analyzed via new environmental paradigm and total family population (Table 7).

For conservation of the marine zone alternative, having a social security and being environmentalist were found to be positively related to choosing conservation of the marine zone alternative which is, however, negatively related to the house ownership (Table 7).

Table 5. Dependent and independent variables used for tobit models

	Variable	Definition
Independent Variables	Age	Respondents' age (1: ≤25, 2: 26-45, 3: 46-60, 4:61≤)
	Education	Respondents' education level (1:1-5, 2:6-8, 3:9-11, 4:12≤)
	Social Security	Social security status of individuals (1:Yes; 0:No)
	Income	Respondents' monthly income (1: ≤500 TL, 2:501-1000 TL, 3:1001-1500 TL, 4:1501-2000 TL, 5:2001-2500 TL, 6:2501-3000 TL, 7:3001-3500 TL, 8: 3500 TL≤)
	ResInd	Number of individuals respondents' are responsible to take care of
	Fampop	Respondents' total family population
	OwnHouse	Respondents' house ownership status (1:Yes; 0:No)
	HeardReef	Respondents' status of knowledge about AR concept (1:Yes; 0:No)
	HeardPro	Respondents' status of knowledge about national AR project (1:Yes; 0:No)
	NEP	Respondents' Environmental attitudes under New Environmental Paradigm (NEP) (1:Absolutely non-environmentalist; 5: Absolutely environmentalist; 1-5 scale)
	TRA	Number of days in a year that respondents attend to a recreational activity (trip, diving, recreational fishing)
	AfReef	Number of visits that respondents' are willing to do after reef deployment
Dependent Variables	RF	Priority given to recreational fishing
	CF	Priority given to commercial fishing
	CMZ	Priority given to conservation of the marine zone
	DIVE	Priority given to scuba diving activities
	DECON	Priority given to decreasing conflicts among stakeholders

For scuba diving activities alternative, it was determined that respondents who are responsible to look after more than two individuals gave lower priority to scuba diving activities. In addition, negative relationship was found between scuba diving activities and being environmentalist. And, respondents who have a house and respondents who heard about AR concept gave higher priority to scuba diving activities alternative. Lastly, total recreational activity days were positively related to scuba diving activities alternative. For decreasing conflicts among stakeholders alternative, total recreational activity days and being heard about national AR

project were found to have positive relationship (Table 7).

For current status criterion, unexpectedly, respondents who indicated to attend more recreational activities after AR deployment gave higher priority to current status criterion. For AR deployment criterion, respondents who have knowledge about national AR project gave higher priority to AR deployment. For marine reserve criterion, respondents who are willing to attend more recreational activities after AR deployment gave higher priority to marine reserve criterion (Table 8).

Table 6. Descriptives of dependent and independent variables used for tobit models

Variable	Mean	Std. Dev.	Min	Max
RF	0.17	0.09	0.03	0.42
CF	0.07	0.05	0.02	0.25
CMZ	0.38	0.13	0.11	0.63
DIVE	0.19	0.10	0.04	0.49
DECON	0.19	0.11	0.03	0.52
CS	0.09	0.12	0.05	0.77
AR	0.45	0.21	0.05	0.75
MR	0.46	0.21	0.05	0.78
Age	2.25	0.70	1	4
Education	2.84	0.96	1	4
SocSec	0.81	0.40	0	1
Income	1.52	0.59	0	3
ResInd	0.22	0.42	0	1
Fampop	0.48	0.50	0	1
OwnHouse	0.55	0.50	0	1
HeardReef	0.46	0.50	0	1
HeardPro	0.09	0.29	0	1
NEP	3.89	0.46	2.77	4.69
TRA	41.37	66.98	0	300
AfReef	18.18	22.65	0	1045

Management of ARs

Stakeholders were queried related to the allocation of AR sites among different stakeholders. 80% of CF, 50% of RF, 67% of LR and 62% of all respondents approved the experimental allocation act for AR sites. Regarding management of ARs, respondents were analyzed for different management authority options. CF highly chose the option of fishery cooperatives with a 80% rate. On the other side, RF, gave priorities to a reef guard station under ministry (31%), fishery cooperative (27.6%), coast guard station (10.3%). Lastly, 30% of LR rated a reef guard station under ministry, while 16.4% of the rest gave first priority to both fishery cooperative and a reef guard station.

DISCUSSION

Generally, desired AR performance should be identified in the early stages of the planning process in order to develop socially, biologically and economically efficient deployment acts. By considering whole picture for this study, focus groups were stated different attitudes for different situations. With the help of AHP method which is one of the most common used

Table 7. Tobit regression results for alternatives

	RF		CF		CMZ		DIVE		DECON	
	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.
Age	0.00	0.02	-0.01	0.01	0.01	0.02	-0.02	0.01	0.02	0.02
Education	0.03**	0.01	0.01	0.01	-0.01	0.02	0.00	0.01	-0.03*	0.01
SocSec	0.05*	0.03	-0.01	0.02	0.08**	0.03	-0.09***	0.02	-0.03	0.03
Income	-0.02	0.02	0.00	0.01	0.03	0.03	-0.01	0.02	0.00	0.02
ResInd	-0.02	0.03	-0.03	0.02	0.03	0.04	-0.05**	0.02	0.07*	0.04
Fampop	0.02	0.02	0.03**	0.02	-0.05	0.03	0.02	0.02	-0.02	0.03
OwnHouse	-0.01	0.02	-0.01	0.01	-0.07**	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03
HeardReef	0.02	0.02	0.01	0.02	-0.04	0.03	0.06***	0.02	-0.06	0.03
HeardPro	-0.12***	0.03	-0.02	0.02	0.05	0.05	-0.03	0.03	0.12**	0.04
NEP	0.01	0.02	0.03*	0.02	0.07**	0.03	-0.07***	0.02	-0.04	0.03
TRA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00***	0.00	0.00**	0.00
AfReef	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sabit	0.03	0.10	-0.07	0.07	0.11	0.14	0.52	0.09	0.41	0.13
sigma	0.07	0.01	0.05	0.00	0.10	0.01	0.06	0.01	0.09	0.01
Logarithmic Likelihood	79.77		111.13		61.40		92.29		65.90	
Likelihood Ratio Chi-Squared	26.71		16.12		34.61		68.17		29.49	
Probability > Chi-Squared	0.01		0.19		0.00		0.00		0.00	

*** Coefficient significant at $P \leq 0.05$ or better.

** Coefficient significant at $P \leq 0.05$ or better.

* Coefficient significant at $P \leq 0.10$ or better.

Number of observations: 67

Table 8. Tobit regression results for criterions

	CS		AR		MR	
	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.	Coeff.	Std. Dev.
Age	-0.01	0.02	0.04	0.03	-0.03	0.04
Education	0.00	0.02	-0.03	0.03	0.04	0.03
SocSec	-0.02	0.03			0.01	0.06
Income	0.02	0.03	0.05	0.04	-0.06	0.05
ResInd	-0.06	0.04			0.11	0.07
Fampop	0.06	0.03			-0.05	0.06
OwnHouse	0.00	0.03	0.06	0.05	-0.06	0.05
HeardReef	0.04	0.03	0.03	0.06	-0.08	0.06
HeardPro	-0.07	0.05	0.17**	0.08	-0.10	0.08
NEP	0.09**	0.03	0.06	0.06	-0.04	0.06
TRA	0.00	0.00	0.00*	0.00	0.00	0.00
AfReef	0.00***	0.00			0.00**	0.00
Constant	-0.31	0.14	0.50	0.24	0.81	0.26
sigma	0.10	0.01	0.18	0.02	0.18	0.02
Logarithmic Likelihood	61.33		111.13		19.31	
Likelihood Ratio Chi-Squared	26		16.12		16.68	
Likelihood > Chi-Squared	0.01		0.19		0.16	

*** Coefficient significant at $P \leq 0.05$ or better.

** Coefficient significant at $P \leq 0.05$ or better.

* Coefficient significant at $P \leq 0.10$ or better.

Number of observations: 67

approach for decision making process, proposed AR deployment was assessed by comparing some alternative scenarios included as marine reserve establishment and current status for the marine zone in question.

From the results covered for different alternatives for each criterion, it is thought as hard to give realistic priorities for different alternatives. As a result, by considering different alternatives, there was no distinct difference found among three criterions. With a high priority (0.63 ± 0.22) given by CF for AR deployment criterion as expected, proved actual support of a new AR deployment. Additionally, AR deployment criterion also got highest priority (0.59 ± 0.19) among RF while LR gave nearly same priorities for marine reserve establishment (0.46 ± 0.21) and AR deployment (0.45 ± 0.21) criterions. Additionally, this result can be supported by AR concept knowledge levels of focus groups which queried with a question as 'Have you ever heard of AR concept?', and CF, RF and LR gave 'yes' answer with 80%, 79.3% and 46.3% shares, respectively. This results show that big difference in terms of AR knowledge levels between LR and other two groups result from fishery cooperative in the region which is crucial point of interaction for CF and RF.

On the other side, current status scenario which is known as no good for future because of overfishing, lack of habitat and high nutrient and alluvion input to the coastal zone from Mount Ida via streams within 1 nautical mile and marine reserve establishment scenario which can be understood as closing areas and which may also not be known well by focus groups even if its function explained during the questionnaire survey that become a missing point for this study, was not considered as first priority by CF and RF.

From the results, it is easy to illustrate high attention of focus groups for conservation of the marine zone criterion with the results found as 0.44 ± 0.12 , 0.42 ± 0.13 and 0.38 ± 0.39 for CF, RF and LR, orderly. As expected, for second priority, CF ranked commercial fishing which is chosen as last priority by RF and LR while RF chose recreational fishing. However, scuba diving activities, decreasing conflicts among stakeholders and recreational fishing got nearly the same priorities after conservation for the marine zone alternative by LR. The results showed that different priorities given by three research group is a representative to show the conflicting opinions for the future use of proposed AR deployment, one side from the different use types and the other side from the

conservation and decreasing conflicts among stakeholders in the marine zone.

Relationships between criteria and alternatives within the AHP scheme and socioeconomic variables of respondents was put forward via tobit analysis for each alternative. First, education level and social security ownership of respondents were found to be positively correlated with choosing recreational fishing alternative. Being environmentalist that was analyzed via new environmental paradigm and total family population were found as positively related to commercial fishing alternative. As expected, conservation of the marine zone alternative were found to be positively related to having a social security and being environmentalist alternatives.

For scuba diving activities alternative, it was determined that respondents who are responsible to look after more than two individuals gave lower priority to scuba diving activities. In addition, negative relationship was found between scuba diving activities and being environmentalist. And, respondents who have a house and respondents who heard about AR concept gave higher priority to scuba diving activities alternative. Lastly, total recreational activity days were positively related to scuba diving activities alternative. For decreasing conflicts among stakeholders alternative, total recreational activity days and being heard about national AR project were found to have positive relationship. Respondents who attend more total recreational activities showed tendency to attend more scuba diving activities.

For current status criterion, unexpectedly, respondents who indicated to attend more recreational activities after AR

deployment gave higher priority to current status criterion, and this can be as a result of perception bias of respondents. On the other side, respondents who have knowledge about national AR project gave higher priority to AR deployment.

Under results obtained from a deep survey of stakeholders for a proposed AR deployment, the main focus point of this paper is to put forward some ideas from the management perspective with an assistance of testing an experimental scenario. Allocation of proposed AR sites were agreed by three focus groups with acceptance at rates over 50%. Apart from allocation, the most striking result from the survey covered future management authority for ARs. By considering CF who are the main beneficiaries of marine resources deservedly supporting the idea of fishery cooperative for management authority, and 27.6% of RF are also determined as a supporter of this idea. On the basis of this result, fishery cooperative or cooperatives in the region can be responsible for new AR site. LR who have little knowledge about AR and pilot project, however, questionably, supported the idea of a reef guard station under ministry. Even excluding another beneficiary of a future AR site, recreational divers who doubtless agree management authority under diving club, these three groups showed us distinct conflict with a questionable result which supports the idea of fishery cooperative for management authority.

For the long term sustainable use of AR sites, it is crucial to determine an effective management authority that is also provide transparency in use rights. Finally, this preliminary study regarding management perspectives of AR sites, can be a starting point to think through effective control and management of past and future AR sites in Turkey.

REFERENCES

- Alphonse, C., 1997. Application of the analytic hierarchy process in agriculture in developing countries. *Agricultural Systems*, 53:97-112. doi:10.1016/S0308-521X(96)00035-2
- Asafu-Adjaye, J., Tapsuwan, S., 2008. A contingent valuation study of scuba diving benefits: Case study in Mu Ko Similan Marine National Park. *Tourism Management*, 29(6):1122-1130. doi:10.1016/j.tourman.2008.02.005
- Braunschweig, T., Becker, B., 2004. Choosing research priorities by using the analytic hierarchy process: an application to international agriculture. *R&D Management*, 34:77-86. doi:10.1111/j.1467-9310.2004.00324.x
- Ditton, R.B., Osburn, H.R., Baker, T.L., Thailing, C.E., 2002. Demographics, attitudes, and reef management preferences of sport divers in offshore Texas waters. *ICES Journal of Marine Science*, 59:186-191. doi:10.1006/jmsc.2002.1188
- Forman, E.H., Selly, M.A., 2000. Decision by Objectives, How to Convince Others That You are Right. World Scientific. Singapore, 402 p.
- Gómez-Limón, J., Atance, I., 2004. Identification of public objectives related to agricultural sector support. *Journal of Policy Modeling*, 26:1045-1071. doi:10.1016/j.jpolmod.2004.07.005
- Gómez-Limón, J.A., Riesgo, L., 2008. Alternative approaches on constructing a composite indicator to measure agricultural sustainability. The Proceedings of the 107th EAAE Seminar. "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies". January 29th-February 1st, Sevilla, Spain. 324 p.
- Greene, W., 2003. *Econometric Analysis*. 5th ed. Prentice Hall. New Jersey. 206 p.
- Gujarati, N.D., 2004. *Basic Econometrics*. McGraw-Hill. Forth Edition, USA.
- Guo, L.S., He, Y.S. 1999. Integrated multi-criteria decision model: a case study for the allocation of facilities in Chinese agriculture. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73:87-94. doi:10.1006/jaer.1998.0393
- Günden, C., Miran, B., 2008. Analysis of Farmers' Fundamental Farm Management Decisions in Terms of Priority and Getting Support (in Turkish with English abstract). *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2):67-80.
- Günden, C., Miran, B., Uysal, Ö.K., Bektaş, Z.K., 2008. Determination of Consumer Preferences for Purchasing Place of Fresh Fruit and Vegetable Considered Food Safety, Quality and Price by using Analytic Hierarchy Process in İzmir (in Turkish with English abstract). *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 45(522):29-40.
- Hiett, R., Milon, J.W., 2002. Economic Impact of Recreational fishing and Diving Associated with Offshore Oil and Gas Structures in the Gulf of Mexico. DOI Minerals Management Service Document MMS Study, 10 p.
- Johns, G., Leeworthy, V.R., Bell, F.W., Bonn, M.A., 2001. Socioeconomic Study of Reefs in Southeast Florida Final Report prepared for Miami-Dade County, Florida by Hazen and Sawyer P.C. Miami, FL. 348 p.
- Kahraman, C., Cebeci, U., Ulukan, Z., 2003. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. *Logistics Information Management*, 16(6):382-394. doi:10.1108/09576050310503367

- Kahraman, C., Cebeci, U., Ruan, D., 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using Fuzzy AHP: The case of Turkey". *International Journal of Production Economics*, 87:171-184. doi:10.1016/S0925-5273(03)00099-9
- Karami, E., 2006. Appropriateness of farmers' adoption of irrigation methods: The application of the AHP model. *Agricultural Systems*, 87:101-119. doi:10.1016/j.agsy.2005.01.001
- Kauko, T., 2006. Expressions of housing consumer preferences: Proposition for a research agenda housing. *Theory and Society*, 23(2):92-108. doi:10.1080/14036090600773097
- Ko, W.H., Chiu, C.P., 2006. A new coffee shop location planning for customer satisfaction in Taiwan. *International Journal of the Information Systems for Logistics and Management (IJISLM)*, 2(1):55-62.
- Kong, F., Liu, H., 2005. Applying fuzzy analytic hierarchy process to evaluate success factors of e-commerce. *International Journal of Information and Systems Sciences*, 1(3-4):406-412.
- Mainuddin, M., Gupta, A., Onta, P., 1997. Optimal crop planning model for an existing groundwater irrigation project in Thailand. *Agricultural Water Management*, 33:43-62. doi:10.1016/S0378-3774(96)01278-4
- Milon, J.W., 1988. Travel Cost Methods For Estimating The Recreational Use Benefits Of Artificial Marine Habitat. *Southern Journal Of Agricultural Economics*, 87-101.
- Milon, J.W., Holland, S.M., Whitmarsh, D.J., 2000. Artificial Reef Evaluation With Application To Natural Marine Habitats. CRC Press. 246 p.
- Miran, B., 2003. Basic Statistics (*in Turkish*). Ege University Press. ISBN 975-9308800, Bornova, İzmir. 297 p.
- Morgana, O.A., Massey, D.M., Huth, W.L., Hall, R., 2008. Demand for Diving on Large Ship Artificial Reefs. *Marine Resource Economics*, 24:43-59.
- Oh, C., Ditton, R.B., Stoll, J.R., 2008. The Economic Value of Scuba-Diving Use of Natural and Artificial Reef Habitats. *Society & Natural Resources*, 21(6):455-468. doi:10.1080/08941920701681953
- Parra-López, C., Calatrava-Requena, J., 2006. A multifunctional comparison of conventional versus alternative olive systems in Spain by using AHP. International Association of Agricultural Economists Conference. Gold Coast, August 12-18, Australia.
- Pendleton, L.H., 2004. Creating Underwater Value: The Economic Value of Artificial Reefs for Recreational Diving. Report of Program in Environmental Science and Engineering Department of Environmental Health Sciences University of California, Los Angeles California Artificial Reef Enhancement Division. 234 p.
- Prakash, T.N., 2003. Land Suitability Analysis for Agricultural Crops: A Fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. Master of Science Thesis. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, The Netherlands. 57 p.
- Rezaei-Moghaddam, K., Karami, E., 2008. A multiple criteria evaluation of sustainable agricultural development models using AHP. *Environment Development and Sustainability*, 10:407-426. doi:10.1007/s10668-006-9072-1
- Qureshi, M.E., Harrison, S.R., 2003. Application of the Analytic Hierarchy Process to riparian revegetation policy options. *Small-scale Forest Economics, Management and Policy*, 2(3):441-458. doi:10.1007/s11842-003-0030-6
- Ramos, J., Santos, M.N., Whitmarsh, D., Monteiro, C.C., 2006. The Usefulness of the Analytic Hierarchy Process for Understanding Reef Diving Choices: A Case Study. *Bulletin of Marine Science*, 78(1):213-219.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process: Planning Priority Setting. Resource Allocation, McGraw-Hill, New York. 287 p.
- Saaty, T.L., 1990. How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48:9-26. doi:10.1016/0377-2217(90)90057-1
- Saaty, T.L., Vargas, L.G., Dellmann, K., 2003. The allocation of intangible resources: the analytic hierarchy process and linear programming. *Socio-Economic Planning Sciences*, 37:169-184. doi:10.1016/S0038-0121(02)00039-3
- Saaty, T.L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1: 83-98. doi:10.1504/IJSSCI.2008.017590
- Simona, M., Romana, B., 2006. Multifunctional agriculture: values and preferences of society. International Scientific Days 2006, "Competitiveness in the EU Challenge for the V4 countries". Faculty of Economic and Management SAU in Nitra. 267-273.
- Sutton, S.G., Bushnell, S.L., 2007. Socio economic aspects of artificial reefs Considerations for the Great Barrier. *Ocean & Coastal Management*, 50:829-846. doi:10.1016/j.ocecoaman.2007.01.003
- Turkish Statistical Institute (TSI), 2011. The Results of Address Based Population Registration System. <www.tuik.gov.tr>
- Wang, M., Liu, P., Ou, G., 2007. The Evaluation study of customer satisfaction based on gray-AHP Method for B2C Electronic-Commerce Enterprise. *Engineering Letters*, 15(1):157-162.
- Whitmarsh, D., Santos, M.N., Ramos, J., Monteiro, C.C., 2008. Marine habitat modification through artificial reefs of the Algarve (southern Portugal): An economic analysis of the fisheries and the prospects for management. *Ocean & Coastal Management*, 51(6):463-468. doi:10.1016/j.ocecoaman.2008.04.004

Comparison of the discard characteristics of diamond and square mesh codends in the Aegean Sea trawl fishery

Ege Denizi trol balıkçılığında baklava ve kare gözlü torbaların ıskarta özelliklerinin karşılaştırılması

Ejbel Çıra Duruer¹ • Zafer Tosunoğlu^{2*}

¹Coast Guard Command, 06100, Bakanlıklar, Ankara, Turkey

²Ege University, Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, Izmir, Turkey

*Corresponding author: zafer.tosunoglu@ege.edu.tr

Özet: Türkiye trol balıkçılığında 44 mm baklava gözlü torbaya bir alternatif olarak 40 mm kare gözlü torbanın kullanımı Eylül 2008'de kabul edilmiştir. Buna ilaveten, Avrupa Birliği tüm Akdeniz için bu göz açıklığı ve şeklinin kullanımını teklif etmiştir. Bu nedenle çalışma Ege Denizi'nde çok türün avcılığının yer aldığı demersal trol balıkçılığında farklı iki göz şekli ve açıklığındaki torbanın ıskarta özelliklerini karşılaştırmayı amaçlamıştır. Denemeler, Ege Denizi'nin Sığacık ve Kuşadası Körfezlerinde 30 Eylül - 25 Ekim 2007 tarihleri arasında ticari bir trol teknesi ile yürütülmüştür. Hedeflenmeyen türlerin miktarı, ıskarta av artı tesadüfi av ve ıskarta oranı ise yakalanan miktarın ıskartaya oranlanması ile tanımlanmış ve hesaplanmıştır. Çalışma süresince 21 geçerli trol operasyonu gerçekleşmiş, 53 tür yakalanmış ve bunlardan 11'i güverte üzerinde alıkonulmuştur. ıskarta oranı baklava gözlü torba (44 mm) için 0,42:1 ve kare gözlü torba (40 mm) için 0,25:1 olarak hesaplanmıştır. Baklava ve kare gözlü bu torbalar için toplam avın sırasıyla %30'u ve %20'si pazar değeri olmadığı için ıskarta edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, demersal trol torbasında kare gözlü ağların kullanımının ıskarta miktarını düşürdüğünü açığa çıkarmıştır. Akdeniz balıkçılığının kendine has özelliklerini de göz önünde bulundurarak, balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilir işletimini sağlamak için ağ göz şekli gibi ilave teknik düzenlemelerin uygulamaya alınması faydalı olacaktır.

Anahtar kelimeler: ıskarta, Baklava ve kare gözlü torbalar, Trol balıkçılığı, Ege Denizi.

Abstract: The use of 40 mm square mesh codends was adopted in September 2008 as an alternative to the 44 mm diamond mesh codend in Turkish trawl fishery. In addition, European Commission suggests using this mesh shape and size codend in whole Mediterranean. For this reason this study is aimed to compare the discard characteristics of two different mesh shape also mesh size codends of demersal trawlers on the multi-species fishery in the Aegean Sea. Fishing trials were carried out on board a commercial trawler between 30 September and 25 October 2007 in the Sığacık and Kuşadası Bays of the Aegean Sea. By-catch as discarded catch plus incidental catch and discard ratio as the ratio of discard to the actual retained catch are defined and calculated. During the study, 21 valid trawl operations were performed, 53 species were caught and 11 of these species were retained on board. The discard ratio has been calculated as 0.42:1 for diamond (44 mm) and 0.25:1 for square (40 mm) mesh codend. The 30% and 20% of total catch was discarded respectively for diamond and square mesh codends, due to the lack of market value. The result of the study reveals that using square-meshed nets at the codend will reduce the amount of discards. Taking into account the specific characteristics of Mediterranean fisheries, it will be appropriate to put into practice additional technical measures such as mesh shape in order to ensure sustainable exploitation of fishery resources.

Keywords: Discard, Diamond and square mesh codends, Trawl fishery, Aegean Sea.

INTRODUCTION

Shrimp fishery is one of the most important fishing sectors all over the world, but at the same time, this fishery is always subjected to discussions regarding discard and by-catch. Kelleher (2005), in his recent study, providing an update of the quantity of discards in the world's marine fisheries reported that, tropical shrimp trawl fisheries have the highest discard rate and account for over 27 percent of total estimated discards. There are widely differing estimates for the amount of by-catch in the various shrimp fisheries, partly resulting from different definitions of by-catch, different measurement systems of and the low level of actual monitoring (Gillett, 2008).

In Turkey, all of the shrimp catch is obtained during

capture fisheries. Annually, 358 tonnes of deep water rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* is landed in the Aegean Sea coast, which corresponds to the 12.9% of total deep water rose shrimp landings of Turkey (Anonymous, 2008a). Aegean Sea provides 8% of the marine fish landings of Turkey.

As in all fisheries management schemes on the world, there are also important regulatory actions targeting by-catch and discard reduction in Turkey (Anonymous, 2008b). However, despite these legal measures in effect, the multispecies character of the fishery, in other words, species diversity makes this harder. For the Mediterranean and the Black Sea, discard database accounts for only 24 percent of 1.5 million tonnes nominal catch from the Mediterranean and

Black Sea. Kelleher (2005) has reported that the Mediterranean has relatively fewer trawl grounds, which contributes to a relatively lower level of discards and a weighted discard rate of 4.9 percent.

Exploitation of fishery resources in a sustainable manner requires the use of selective fishing gears, in aspects of both size and species. It is mentioned that the characteristic of the Turkish conventional demersal trawl fleets is rather low selectivity. According to Turkish fisheries regulations there is no specification regarding the codend, except for the 44 mm diamond mesh size. Almost all the commercial trawlers in Turkish waters use polyethylene (PE) netting material in constructing the modified or conventional gear. The European Commission (E.C. Council Regulation, 1967/2006) have suggested that demersal trawl codends should be made of 40 mm square mesh instead of diamond mesh concerned with sustainable exploitation of fishery resources in Mediterranean Sea. For this aim a series of trawl hauls were performed both diamond (44 mm) and square (40 mm) mesh codends along the Turkish coast of southern Aegean Sea. In this study, discard ratio of diamond and square mesh codends were tested under commercial fishery conditions.

MATERIALS AND METHODS

Fishing trials were carried out on board a commercial trawler Hapuloğlu (23.8 m in length and 550 hp main engine power) under commercial fishing conditions, in the coastal fishing areas (3 miles beyond the coastline) off the Aegean Sea (Sığacık and Kuşadası Bays) between 30 September and 25 October 2007, during daytime. Average towing duration was 3.4 h (2.4 - 4.3 h) and towing speed was 2.5 knots (2.3 - 2.6). The depth of the fishing areas varied between 137-187 meters.

Detailed information on the 1200 mesh modified trawl net used in the experiments was found in Tosunoğlu and Aydın (2007). In addition, characteristics of the codends are as follows: Diamond mesh (a commercially used standard codend): PE 210 d/24 knotless, nominal 44mm (44.7mm±0.08), 400 meshes on its circumference and 5m in length. Square mesh (a PE 0.40*10 knotted, nominal 40mm (42.4±0.19 mm), 200 bars in circumference and 5m in length).

During the study, 21 valid trawl operations were performed; 11 with diamond and 10 with square mesh codends. Specimens escaping from the codends were collected by a cover of 24 mm mesh size. Following each haul, the trawl net was taken onboard and the codend was unloaded on the deck. No intervention was made to the routine of fishermen's behaviors such as sorting, selecting, discarding etc.

For discard, by-catch and incidental catch estimations, all of the catch taken on board was sorted as target, incidental and discard. In this study, incidental catch, by-catch, discard were identified and discard ratio was calculated according to operational definitions of Alverson *et al.* (1994), who define the discarded catch as the portion of the catch returned to the sea as a result of economic, legal or personal considerations; incidental catch as the retained catch of untargeted species; by-catch as discarded catch plus incidental catch, and discard ratio as the ratio of discard to the actual retained catch.

RESULTS

A total of 2.585 t biomass were hauled and 53 species were caught at the end of the valid trawl operations (21 hauls) performed with square and diamond mesh codends. According to the preferences of fishermen, catch was sorted as commercial and non commercial catch. In the catch composition, *P. longirostris* were regarded as the primary target catch, 10 species were regarded as incidental catch and 42 species were regarded as discard. The amounts of landed, discarded and escaped catch in diamond and square mesh codends for some selected species are shown in Table 1.

Amount of totally retained catch was 987.8 kg for diamond and 937.6 kg for square mesh codends (Table 2). Calculated discard ratios were 0.42:1 and 0.25:1 for diamond and square meshes respectively. Incidental catch for this fishery consisted of 11 species namely *Trachurus trachurus*, *Merluccius merluccius*, *Illex coindetti*, *Lophius piscatorius*, *Zeus faber*, *Loligo vulgaris*, *Raja asterias*, *Phycis blennoides*, *Pagellus bogaraveo*, *Trigla lucerna*, *Trigla lyra* and 42 species were discarded, due to their non-commercial value for the market.

Table 1. The amounts of landed, discarded and escaped catch in diamond and square mesh codends for some selected species

Species	Diamond			Square		
	Landed	Discarded	Escaped	Landed	Discarded	Escaped
<i>Parapenaeus longirostris</i>	540.0	16.5	148.3	559.7	1.8	111.7
<i>Merluccius merluccius</i>	55.8	31.2	8.1	39.3	8.1	15.9
<i>Trachurus trachurus</i>	277.6	26.4	333.8	206.6	10.5	424.4
<i>Phycis blennoides</i>	0.2	1.1	0.4	0.3	1.2	1.2
<i>Loligo vulgaris</i>	2.3	0.1	0.1	2.8	0.2	0.3
<i>Illex coindetti</i>	55.0	3.6	0.7	36.9	1.6	4.0
<i>Sephia orbignyana</i>	19.4	2.7	0.7	28.9	1.6	1.2
Other	37.5	343.0	241.8	63.2	210.5	218.4
Total	987.8	424.5	733.8	937.6	235.4	777.1

The amount of commercial shrimp (*P. longirostris*) which was the primary target species of the catch was 540 kg in diamond and 559 kg in square mesh codends. In diamond mesh codend, the species constituted the 54% of retained catch while this ratio was 59% in square mesh codend. Horse mackerel was the second for both codends in volume and constituted the 28% (277.6 kg) of the total catch for diamond

and 22% (206.6 kg) for square mesh codend. Hake also should be noted as the third species of the catch composition, which constitutes the 5% (55.6 kg) of the total catch for diamond and 4% (39.3 kg) of the total catch for square mesh codend. For diamond and square mesh codends, weight based discard and by-catch evaluations of the catch composition are shown in Table 2.

Table 2. Weight (kg) based discard and by-catch estimations for diamond and square mesh codends

	Discard weight	Landed catch weight	Ratio of discarded weight to landed weight	Ratio of discarded weight to total weight	Incidental catch	By-catch weight
Diamond	424.6	987.8 (1412.4)	0.42	0.30	447.8	872.4
Square	235.4	937.6 (1173.1)	0.25	0.20	378.0	613.5

A total of 234 298 *P. longirostris* was caught (excluding covers) in number and about 85% of this amount was marketed and a small fragment (about 5%) was discarded. Because of the high market demand for this species, only damaged and missed (onboard) individuals of these species were discarded.

DISCUSSION

The main finding of the study is that 40 mm square mesh codend catches lower discard whereas higher escapes than that of the 44 mm diamond mesh codend. This is valid not only for the primary target species but also for the landed main three species namely *Trachurus trachurus*, *Merluccius merluccius* and *Ilex coindetti*. *Loligo vulgaris* and *Phycis blennoides* are the unique exception of this evaluation with a very small fragment which is neglectible. Similar findings obtained in the size selectivity studies for these species by Aydın *et al.* (2009), Tosunoğlu *et al.* (2009) and Aydın and Tosunoğlu (2010). In the framework of by-catch and discard evaluation, this fishery as indicated in the results may not be defined with the high discard rates when compared to other crustacean trawl fisheries in Turkey (Kinacıgil *et al.*, 1999; Soykan *et al.*, 2006; Duruer *et al.*, 2008) and around the world (Saila, 1983; Harris and Poiner, 1990; Wassenberg and Hill, 1990; Alverson *et al.*, 1994). However, it is not easy to say the same for the by-catch. Availability of different species inhabiting in the joint living zones causes high by-catch rates, which may only be reduced by species selectivity. Ensuring the low discard rate is that having economic value of the significant part of the catch, at least at the present time. The main factors determining the status of the catch were based on economic and legal considerations. In other words, in deciding what is *catch* and what is *discard*, market demand and legal limitations will be effective. Due to high market values of most of the species caught, discard rates are not as high as expected.

In Turkey, most of the studies regarding the discard and by-catch estimations focus on prawn fishery. Kinacıgil *et al.* (1999) have reported the rates as 1:1 incidental catch and 1:3

by-catch in winter and, 1:3 incidental catch and 1:6 by-catch in spring for shrimp trawl. Soykan *et al.* (2006) have reported, 118.5 (6%) kg target catch, 317 (17%) kg incidental catch and 1.420 (77%) kg discards for shrimp trawls. Duruer *et al.* (2008) have reported 2.37:1 discard ratio for commercial penaid fishery in Mersin Bay (northeastern Mediterranean). Studies on the discard characteristics of Aegean Sea fisheries are rather limited.

In respect to by-catch and discard problems of this fishery, it should be emphasized that by-catch is originated from the multi species character of the fishery and the difficulty to select target species while eliminating the others. The extent to which mesh size regulations can be applied to reduce by-catch is limited in multispecies fishery. Changes in mesh size to avoid limited species may also result in underfishing of some species or overfishing of other species (Hanna, 1990).

Perception regarding the issue of what discard is in a given time or fisheries are highly important. High-grading is also valid for this situation, because of the differing market values of some species in time. For the purpose of discard estimation, Kelleher (2005) suggests a division of the catch into three groups; species always retained, species always discarded and species sometimes/partially discarded. Since the reason of discard, depends to the market value of the species caught and legal limitations, the extent of the problem will vary according to time and management actions. To eradicate discard and by-catch completely is almost impossible in multispecies fishery. But, measures targeting discard reduction, such as improvement species and size selectivity of the nets, will serve to decrease the labour and other costs of the fishery.

In most fisheries, unobserved fishery mortality (Alverson *et al.*, 1994) is disregarded. Mortality rates of by-catch and escapees are generally unknown and constitute a large source of uncertainty in estimates of overall fishing mortality (Davis, 2002). Studies on the survival rates of certain species in the Mediterranean are scarce (Metin *et al.*, 2004). In this study, however significant amount of fish and shrimp escaped for both codends, since the fate of the escapees is unknown

as in most cases, it is difficult to guess the magnitude of the unobserved fishery mortality and impacts on habitat and further study needs to be done.

Taking into account the specific characteristics of Mediterranean fisheries, it will be appropriate to put into practice additional technical measures such as mesh shape in

order to ensure sustainable exploitation of fishery resources. In comply with the technical provisions of *E.C. Regulation (E.C.) No 1967/2006, Concerning Management Measures for the Sustainable Exploitation of Fishery Resources in the Mediterranean Sea*, the results of the study reveals that using square-meshed nets at the codend will reduce the amount of discards.

REFERENCES

- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A., Pope, J.G., 1994. A Global Assessment of Fisheries By-catch and Discards. FAO Fisheries Technical Paper No. 339, Rome.
- Anonymous, 2008a. Fishery Statistics 2007 (in Turkish). Türkiye İstatistik Enstitüsü, Paper no. 3177, Ankara, 78 p.
- Anonymous, 2008b. Notification 2/1 regulating commercial fishing (in Turkish). SUR-KOOP, Su Ürünleri Kooperatifleri Merkez Birliği, Pozitif Matbaa, Ankara, 112 p.
- Aydın, C., Tosunoğlu, Z., Özbilgin, H., 2009. Selectivity of double and single codends for the deep-water rose shrimp, *Parapenaeus longirostris* (Lucas, 1846) (Decapoda, Penaeidae) in the Aegean Sea trawl fishery. *Crustaceana*, 82:233-240. doi:10.1163/156854008X380264
- Aydın, C., Tosunoğlu, Z., 2010. Selectivity of diamond, square and hexagonal mesh codends for Atlantic horse mackerel *Trachurus trachurus*, European hake *Merluccius merluccius* and greater forkbeard *Phycis blennoides* in the eastern Mediterranean. *Journal of Applied Ichthyology*, 26:71-77. doi:10.1111/j.1439-0426.2009.01376.x
- Davis, M.W., 2002. Key principles for understanding fish by-catch discard mortality. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 59(11):1834-1843. doi:10.1139/f02-139
- Duruer, E.Ç., Kinacıgil, T., Soykan, O., Tosunoğlu, Z., 2008. Contribution to some biological and fishery aspects of commercial penaid prawns in Mersin Bay (northeastern Mediterranean, Turkey). *Crustaceana*, 81: 577-585. doi:10.1163/156854008784092238
- E.C. Council Regulation NO 1967/2006, 21 December 2006 concerning management measures for the sustainable exploitation of fishery resources in the Mediterranean Sea, amending Regulation (EEC) No 2847/93 and repealing Regulation (E.C.) No 1626/94.
- Gillett, R., 2008. Global Study of Shrimp Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 475, Rome.
- Hanna, S., 1990. Mesh Size Regulations and By-Catch in West Coast Groundfish Fishery, Effects of Different Management Schemes on By-catch, Joint Catch and Discard, Summary of National Workshop, University of California, USA.
- Harris, A.N., Poiner, I.R., 1990. By-catch of prawn fishery of Torres Strait, composition and partitioning of the discards into components that float or sink. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41:37-52. doi:10.1071/MF9900037
- Kelleher, K., 2005. Discards in the World's Marine Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper No. 470, Rome.
- Kinacıgil, H.T., Çıra, E., İlkyaz, A.T., 1999. A preliminary study on the shrimp trawling by-catch in Taşucu Bay (Northeastern Mediterranean) (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16:99-105.
- Metin, C., Tokaç, A., Ulaş, A., Düzbastılar, F.O., Lök, A., Özbilgin, H., Metin, G., Tosunoğlu, Z., Kaykaç, H., Aydın, C., 2004. Survival of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) after escape from a trawl codend in the Aegean Sea. *Fisheries Research*, 70:49-53. doi:10.1016/j.fishres.2004.06.013
- Saila, S., 1983. Importance and Assessment of Discards in Commercial Fisheries. FAO Fisheries Circular No. 765, Rome, 62 p.
- Soykan, O., Kinacıgil, H.T., Tosunoğlu, Z., 2006. By-catch in Taşucu Bay shrimp trawl (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23:67-70.
- Tosunoğlu, Z., Aydın, C., 2007. Technical characteristics of demersal trawl nets recently used in the Turkish coast of the Aegean Sea. *Journal of FisheriesSciences.com*, 1:184-187. doi:10.3153/jfscm.2007022
- Tosunoğlu, Z., Aydın, C., Salman, A., Fonseca, P., 2009. Selectivity of diamond, hexagonal and square mesh codends for three commercial cephalopods in the Mediterranean. *Fisheries Research*, 97:95-102. doi:10.1016/j.fishres.2009.01.006
- Wassenberg, T.J., Hill, B.J., 1990. Partitioning of material discarded from prawn trawlers in Moreton Bay. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 41:27-36. doi:10.1071/MF9900027

Farklı yemlerin kırmızı kiskaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) juvenillerinde büyüme ve yaşama oranı üzerine etkileri

Effects of different feeds on growth and survival rate of early juveniles of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*)

Onur Karadal* • Gürel Türkmen

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*Corresponding author: onurkaradal@gmail.com

Abstract: Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) are one of the cultivated species all around the world. This species has become more popular in recent years with increasing interest in decapod species in freshwater aquariums. In this study, effects of different feeds (flake, stick, granule, *Tubifex*) on growth and survival of Australian red claw crayfish in aquarium conditions were investigated. The study was carried out in 12 glass aquariums with three replicates. A group of 15 early juveniles (average 0.0165 g of body weight) were placed in each aquarium. The crayfish were fed with *ad libitum* for 120 days. At the end of the study, the best weight gain was found on granule diet group and the lowest survival rate was found on *Tubifex* group statistically ($P<0.01$).

Keywords: Australian red claw crayfish, Aquarium, Feeding, *Cherax quadricarinatus*.

Özet: Kırmızı kiskaçlı kerevitler (*Cherax quadricarinatus*), Dünya'da yetiştiriciliği yapılan türlerden biridir. Son yıllarda akvaryumlarda eklemcabaklı türlerine olan ilginin artmasıyla beraber, kırmızı kiskaçlı kerevitler akvaryum sektöründe de en fazla ticareti yapılan türler arasına girmiştir. Bu çalışmada, farklı (pul, çubuk, granül, *Tubifex*) akvaryum yemlerinin kırmızı kiskaçlı kerevitlerde büyüme ve yaşama oranı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma 12 adet cam akvaryumda 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Her bir akvaryuma ortalama 0,0165 g ağırlığında 15 adet birey konulmuştur. Kerevitler 120 gün boyunca *ad libitum* şeklinde beslenmiştir. Çalışma sonunda, istatistiksel olarak en iyi ağırlık artışı granül yem ile beslenen grupta bulunmuştur. Gruplar arasında en düşük yaşama oranı ise *Tubifex* ile beslenen gruplarda bulunmuştur ($P<0,01$).

Anahtar kelimeler: Kırmızı kiskaçlı kerevit, Akvaryum, Besleme, *Cherax quadricarinatus*.

GİRİŞ

Akvaryum, dünyada milyonlarca meraklısı olan en popüler hobiler arasında yer almaktadır. Günümüzde akvaryum sektörünün, yaklaşık 4500 tür tatlısu balığı, 1450 tür deniz balığı ve 650 omurgasız türünün ele alındığı ve küresel sanayi haline geldiği bildirilmektedir (Miller-Morgan, 2010). Balıklar, akvaryumlarda ele alınan türlerin başında gelmesine karşın farklı canlı gruplarına olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Omurgasız canlılar bu anlamda en çok ele alınan canlılardır. Bu canlılar arasında karides, kerevit ve yengeç gibi eklemcabaklı türleri ön plana çıkmaktadır. Akvaryum canlılarını severler tarafından tercih edilen kerevit türleri arasında *Cherax quadricarinatus*, *Cherax destructor*, *Cherax tenuimanus*, *Astacopsis gouldi*, *Cambarellus patzcuarensis*, *Cambarellus shufeldtii*, *Procambarus clarkii* and *Procambarus alleni* gibi daha çok egzotik ve renkli türler ön plana çıkmaktadır (Wingenter, 2011). Kırmızı kiskaçlı kerevitler (*C. quadricarinatus*) ise dünya genelinde bu türler arasında gerek yetiştiricilik gerekse akvaryum sektöründe tercih edilen türlerin başında gelmektedir (Lawrence ve Jones, 2002). Bu türün sergilediği hızlı büyüme, üreme kolaylığı ve olumsuz ortam koşullarına uyum özellikleri kerevit yetiştiriciliğinde önemli kriterlerdir. Akvaryum sektörü açısından bakıldığında

akvaryum canlılarının adeta satış merkezi konumunda olan Singapur'da ticareti en çok yapılan kerevit türünün *C. quadricarinatus* olduğu ve ergin bireylerinin 2,5-7,5 TL arasında pazarlandıkları bildirilmektedir (Belle ve Yeo, 2010).

Türkiye'de akvaryum konusu yeni olup, 50-60 senelik bir geçmişe sahiptir. Popüler anlamda akvaryum merakı, 1980'li yıllarda artmaya başlamış ve bu dönemden sonra akvaryum balıklarının çok sayıda ve türde ithal edildiği görülmüştür (Türkmen ve Alpbaz, 2001). Ülkemizde de dünyaya paralel olarak akvaryum sektöründe balık haricinde diğer canlı gruplarına olan ilgi son yıllarda artmaya başlamıştır. Bu gruplar arasında karides, kerevit ve yengeç türleri başta gelmektedir. Bu türler, perakende akvaryum satış yerlerinden daha çok sanal canlı ticareti yapan internet sitelerinden sağlanmaktadır. *Cherax quadricarinatus* türü kırmızı kiskaçlı kerevitler Türkiye'de akvaryum sektöründe satışı yapılan 9 kerevit türü içerisinde yaygın ve popüler türlerden birisidir (Türkmen ve Karadal, 2012).

Bir canlının beslenme davranışı, beslenme statüsünün belirlenmesi ve üreme faaliyetleri açısından önemli (Hughes, 1993) olduğu kadar aynı zamanda canlının besin zincirindeki

yeriyle ilgili bilgi vermesi açısından da önemlidir (Poon vd., 2010). Kerevitler genel olarak omnivor veya detritivor olarak beslenirler. Bu sebeple doğada birçok ekosistemin besin zincirinde önemli rol oynamaktadırlar (Wingerter, 2011). Kerevitler, hayvansal kaynaklı olarak kurtlar, böcekler, yumuşakçalar ve zooplankton gibi canlılarla beslenirler (Güner ve Mazlum, 2010). Yeşil bitkilerle beslenen kerevitlerin asıl besin olarak yararlandıkları kaynaklar ise dekompoze olmuş bitki saplarının üzerinde bulunan bakteri, mantar ve diğer mikroorganizmalardır (James ve Huner, 1985). Bunun dışında kerevit yetiştiriciliği yapan işletmelerde yapay yemler kullanılmaktadır. Kırmızı kısıkaçlı kerevitlerle akvaryum koşullarında birçok farklı rasyonda yapay yem veya canlı yem çalışması (Barki vd., 1997; Pavasovic vd., 2006, 2007; Stumpf vd., 2011) yapılmış olmasına karşın, ticari akvaryum yemleriyle yapılan bir çalışma yoktur. Hobi olarak akvaryumlarda ele alınan canlılar doğal yaşam şartlarına kıyasla daha kısıtlı alan ve beslenme koşulları ile karşı karşıya kalırlar. Çoğu kez beslenme alışkanlıklarına uygun olmayan farklı formda ve tür isteklerini karşılamayan içerikte yemler ile beslenirler. Akvaryum koşullarında farklı formda kullanılan yemlerin balıklar üzerine etkilerini araştıran çalışmalar (Harpaz vd., 2005; Bahadır Koca vd., 2009; Siccardi vd., 2009) olmasına karşın kerevitler ile ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kırmızı kısıkaçlı kerevitler son yıllarda akvaryumlarda en çok ele alınan kerevit türlerinin başında gelmektedir. Çalışmada akvaryum koşullarında farklı formda ve yaygın olarak kullanılan akvaryum yemlerinin *Cherax quadricarinatus* türü kerevitlerde büyüme ve yaşama oranı üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada akvaryum balıkları üretimi yapan özel bir işletmeden temin edilen *Cherax quadricarinatus* türü ortalama 0,0165 g ağırlığında yavru kerevitler kullanılmıştır (Şekil 1). Kerevitler 4 farklı akvaryum yemi ile 120 gün boyunca beslenerek büyüme, gelişme ve yaşama oranları araştırılmıştır. Araştırmada akvaryum sektöründe yaygın kullanılan, farklı formda, besin içerikleri olabildiğince birbirine yakın ve aynı firmaya ait olan yemler seçilmiştir. Bu yemler; TetraMin® tropikal granül yem, TetraMin® pul yem, Tetra® Pond çubuk yem ve Tetra® Tubifex'dir (Tablo 1). Besleme günde 1 kez *ad libitum* şeklinde yapılmış *Tubifex* çok küçük parçalar halinde verilmiştir. Tüketilmeyen yemler ortamdaki sifon yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Çalışmada 47x31x34 cm boyutlarında cam akvaryumlar kullanılmış ve her bir akvaryuma 15 adet birey konulmuştur. Akvaryumların içerisine sığınak olarak birey sayısı kadar PVC boru yerleştirilmiştir. Deneme 3 tekrar ile yürütülmüştür (Şekil 2). Su sıcaklığı 25±1 °C ve fotoperiyod 14:10 (aydınlık:karanlık) şeklinde uygulanmıştır. Akvaryumlardaki sular haftada 1 kez %25 oranında aynı sıcaklıkta kloruz musluk suyu ile değiştirilmiştir. Total boy ölçümleri (mm) kumpas, ağırlık ölçümleri ise Sartorius, BL610 (0,01g) marka elektronik terazi ile 15 günde bir yapılmıştır. Ağırlık ölçüm değerlerinin daha sağlıklı alınabilmesi için ölçümden önce kerevitler kağıt havlu

ile kurulanmıştır. Araştırma sürecinde su kriterlerinden çözülmüş oksijen ölçümü (WTW-Oxi 315), pH (Sartorius PT-10), amonyak (HANNA C205), su sertliği (Aquamerck® 114652 toplam sertlik test kiti) ve alkalilik (Aquamerck® 111109 alkalilik test kiti) kullanılarak başlangıçta, su değişimlerinde ve deneme sonunda yapılmıştır.



(a)



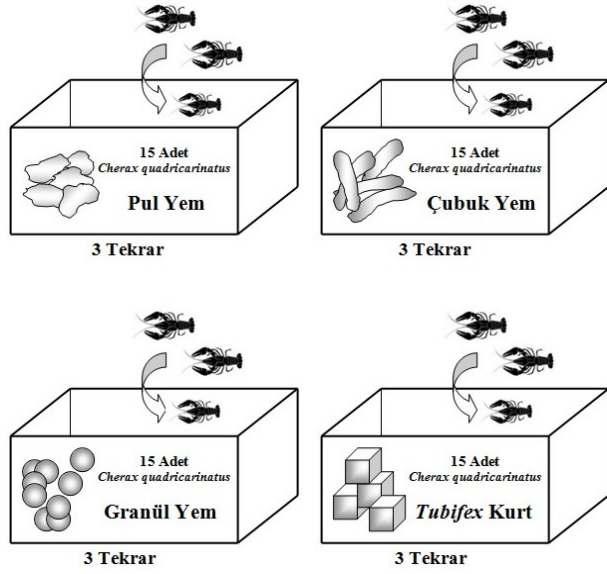
(b)

Şekil 1. Çalışmada kullanılan yavru kırmızı kısıkaçlı kerevitler (Orijinal).
a) Çalışma başlangıcındaki birey, b) 15 günlük birey.

Büyüme verilerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Test varsayımlarının geçerliliği için veriler arasındaki homojen dağılımın tespitinde Levene testi ve normalite analizinde Kolmogorov-Smirnov testi kullanılmıştır. İstatistik farklılık ortaya çıktığında ise grupların karşılaştırılmasında Student-Newman-Keuls (SNK) testinden yararlanılmıştır. Yaşama oranı verilerinin istatistiksel değerlendirmesi ise one-tail Fisher testi ile yapılmıştır. Verilerin bilgisayar ortamında istatistiksel değerlendirilmesi SPSS 15.0 paket programıyla sağlanmış ve grafikler MS Office Excel programıyla oluşturulmuştur. Tüm testlerde yanılma düzeyi $P<0,01$ olarak kabul edilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yemlerin içerikleri

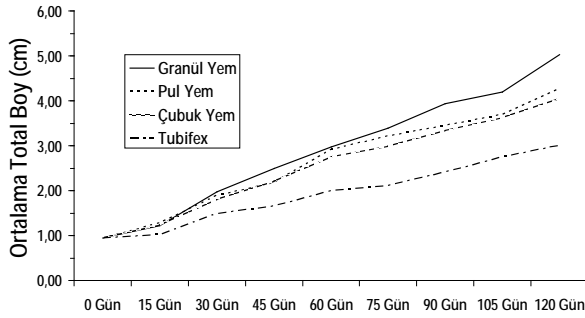
İçerik	TetraMin® Pul Yem	Tetra® Pond Çubuk Yem	TetraMin® Granül Yem	Tetra® Tubifex
Ham Protein (%)	46	46	47,5	52
Ham Yağ (%)	8	8	8,8	8
Ham Selüloz (%)	2	2	2	7
Ham Kül (%)	10	10	10	12
Nem (%)	6	6	8	8



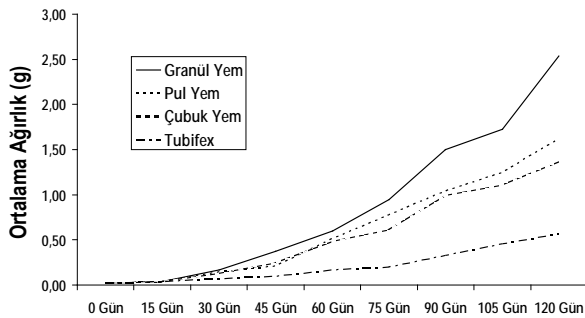
Şekil 2. Çalışma düzeneği

BULGULAR

Deneme sonunda farklı formda yemler ile beslenen kerevitlerin total boyları ve ağırlıkları arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmuştur ($P<0,01$). Ağırlık ve boy artışları incelendiğinde en iyi sonuç granül yem ile beslenen grupta tespit edilirken en düşük gelişim *Tubifex* ile beslenen grupta görülmüştür. Pul yem ve çubuk yem ile beslenen kerevitler ağırlık ve boy artışında ise en yüksek ve en düşük gruplar arasında bir gelişim sergilemişlerdir (Şekil 3, 4).

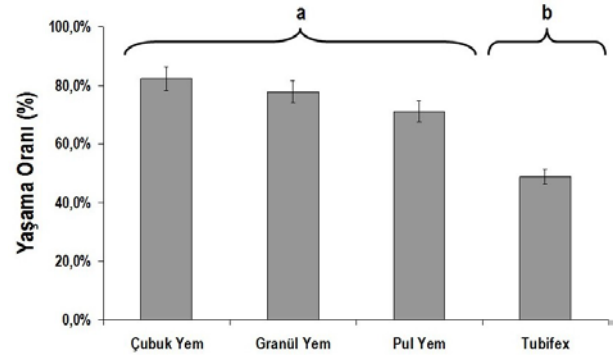


Şekil 3. Gruplar arasındaki ortalama total boyların çalışma süresince değişimi



Şekil 4. Gruplar arasındaki ortalama ağırlıkların çalışma süresince değişimi

Araştırma sonunda ortalama total boylar, granül yem ile beslenen grupta $5,02\pm0,22$ cm, pul yem ile beslenen grupta $4,27\pm0,17$ cm, çubuk yem ile beslenen grupta ise $4,05\pm0,25$ cm ve *Tubifex* ile beslenen grupta ise $3,01\pm0,15$ cm olarak kaydedilmiştir. Ağırlık artışları incelendiğinde ise granül yem ile beslenen grupta $2,54\pm0,19$ g, pul yem ile beslenen grupta $1,62\pm0,21$ g, çubuk yem ile beslenen grupta $1,36\pm0,14$ ve *Tubifex* ile beslenen grupta ise $0,57\pm0,11$ g'a ulaşmıştır. Gruplar arasındaki total boy ve ağırlık artışlarında gözlenen farklılıklar 60. günden sonra belirginleşmiştir. Çalışma sonunda yaşama oranları, çubuk yem ile beslenen grupta %82,2, granül yem ile beslenen grupta %77,7, pul yem ile beslenen grupta %71,1 ve *Tubifex* ile beslenen grupta %48,9 olarak gerçekleşmiştir. Granül yem, pul yem ve çubuk yem ile beslenen gruplarda yaşama oranları arasında istatistiksel olarak fark görülmezken *Tubifex* ile beslenen grupta ise düşük yaşama oranı tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Gruplar arasındaki yaşama oranlarının istatistiksel dağılımı ($P<0,01$). Her bir sütun üzerinde standart hata çubukları gösterilmiştir.

Çalışma boyunca ölçülen su kriterleri incelendiğinde; çözülmüş oksijen 5-6 mg/l, pH için 7,2-8,0, amonyak için 0,08 mg/l'nin altında, alkalinite için 85-95 mg/l, sertlik için 115-125 mg/l ve nitrit için 0-0,02 mg/l aralıklarında gözlenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın bulguları; akvaryumlarda ele alınan kırmızı kısıkaçlı kerevitlerde (*Cherax quadricarinatus*) granül yemle beslenen bireylerin en iyi ve en hızlı büyüme ve gelişime sahip olduklarını göstermiştir. Pul yem ve çubuk yem ile beslenen gruplarda orta dereceli, *Tubifex* ile beslenen grupta ise en az büyüme kaydedilmiştir ($P<0,01$). En fazla mortalite *Tubifex* kurtları ile beslenen grupta görülmüştür.

Çalışmada akvaryum sektöründe yaygın bir şekilde kullanılan ticari yemler kullanılmıştır. Metts vd. (2007), diğer kerevit türlerinde olduğu gibi kırmızı kısıkaçlı kerevitlerin de suni yemlere verimli bir şekilde uyum sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Kullanılan yemlerin tümü yüksek protein oranına sahiptirler (%46-52). Thompson vd. (2004) yaptıkları çalışmada, %22, %32 ve %42 protein oranlarına sahip yemlerle kırmızı kısıkaçlı kerevitlerde büyüme ve gelişim oranlarını araştırmışlardır. Çalışmalarında en iyi sonucu en fazla protein içeriğine sahip (%42) yemle beslenen grupta

bulmuşlardır. Thompson vd. (2006) ise yine kırmızı kiskaçlı kerevitlerde 180 g kg⁻¹ ve 280 g kg⁻¹ protein miktarına sahip yemlerle yaptıkları çalışmada yine en iyi gelişimi en yüksek protein miktarına sahip (280 g kg⁻¹) gruplarda bulmuşlardır. Kırmızı kiskaçlı kerevitlerle benzeri amaçla yapılan diğer çalışmalarda da en iyi büyüme ve gelişme protein içeriği en yüksek yemle beslenen gruplarda bulunmuştur (Rouse ve Kahn, 1998; Webster vd., 2004).

Jones ve De Silva (1997), yabilerde (*Cherax destructor*) farklı protein, selüloz ve kül içerikli yemlerle yaptıkları çalışmada, yüksek protein içerikli yemlerin sindirilebilirliğini %80-95 oranında bulurken, yüksek selüloz içerikli yemlerin sindirilebilirliğini ise %57 oranında bulmuşlardır. Viau ve Rodríguez (2010) ise kırmızı kiskaçlı kerevitlerin ilk dönemlerinde kabuk değişimi, kanibalizm ve sindirim sistemindeki morfolojik değişimler sırasında yüksek oranlarda mortalite görülebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan tüm yemlerin protein içeriği oldukça yüksektir. Literatürdeki bilgiler baz alındığında denemede kullanılan tüm yemlerin beklenen sindirim oranlarının birbirlerine yakın olabileceği düşünülmektedir. Ancak, sadece *Tubifex* yeminin selüloz oranı diğerlerine göre oldukça yüksektir. Kerevitlerin ilk dönemlerinde sindirim sistemlerinde oluşan morfolojik değişimlere paralel olarak, selüloz oranı fazla olan *Tubifex* yemle beslenen gruplarda sindirim oranının daha az olması beklentisine paralel olarak en yavaş gelişimin ve en düşük yaşama oranının bu grupta görülmesi beklenen bir durumdur.

Akvaryumlarda kullanılan farklı formlardaki yemlerin büyüme ve yaşama oranı üzerine etkileri daha çok akvaryum balıkları üzerinde araştırılmıştır. Harpaz vd. (2005), *Iepistes (Poecilia reticulata)* yavrularının beslenmesinde farklı formlardaki toz yem ve pul yemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonunda büyüme ve gelişimde toz yem pul yeme oranla daha iyi sonuç vermiştir. Bahadır Koca vd. (2009), melek balıklarıyla (*Pterophyllum scalare*) yaptıkları çalışmada farklı yemlerin büyüme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada canlı yem kullanılırken, farklı formlarda pul ve pelet yem de kullanılmıştır. Çalışma sonunda en iyi ağırlık artışı ve spesifik

büyüme oranı pelet yemle beslenen gruplarda görülmüştür. Siccardi vd. (2009), zebra balıkları (*Danio rerio*) ile yaptıkları çalışmada, beslemede pelet, pul ve çubuk yemleri kullanmışlardır. Ele alınan canlıya göre doğru formdaki yem seçimi öncelikle canlı açısından önemli bir gereksinimdir. Çalışma sonucunda büyüme ve gelişimde alınan en iyi sonuçların sırası ile pelet > pul > çubuk yemi ile beslenen gruplarda gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalar ışığında elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında çok yakın paralellik göstermektedir.

Kerevitler kumlu, çamurlu ve çakıllı tatlısu bentik alanlarında yaşayan eklembacıklılardır. Bu yüzden kerevitlerin beslenme alışkanlıkları dip bölgesine göre şekillenmiştir. Kerevitlerin akvaryum ortamında kullanılan batan yemlere daha kolay ulaşabilmeleri beslenme davranışları dikkate alındığında daha kolay gözükmemektedir. Birçok akvaryum forumunda kerevitler için batma özelliğine sahip karides yemleri önerilmektedir (Anonymous, 2012). Çubuk yem yüzme özelliğine sahip bir yem iken pul yem bir süre yüzeyde kalan ve daha sonrasında batabilen bir yemdir. Granül yem ise suya atıldığında batan bir özellik göstermektedir. Kerevitler bu özelliğinden dolayı yeme daha çabuk ulaşırlar. Granül yemin yapısal ve besin içeriklerini daha az kayıpla canlıya aktarabilme özellikleri dikkate alındığında elde edilen sonuçlar bu bilgi ve verileri doğrular niteliktedir.

Akvaryum sektöründe kullanılan yemlerin özellikleri ve sayıları her geçen gün artış gösterse de canlı türüne özgü yem yapımı satış kaygıları sebebiyle halen pratikte mümkün görünmemektedir. Günümüzde daha çok büyük tür gruplarına yönelik ya da birçok tür tarafından kullanılan söz konusu akvaryum yemleri kullanılmaktadır. Çalışmada kırmızı kiskaçlı kerevitlerin (*Cherax quadricarinatus*) akvaryumlarda bakımı dikkate alındığında granül yem kullanımının daha doğru olacağı görülmüştür. Ayrıca bu çalışmada elde edilen sonuçların, akvaryumlarda ele alınan kerevit türleri üzerine ileriye dönük çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2012. How to care for Freshwater Crayfish and Crabs. Ornamental Aquatic Trade Association. <<http://www.waterzoo.co.uk/uploads/OATAguides/51.pdf>> (20.12.2012).
- Bahadır-Koca, S., Diler, İ., Dulluc, A., Yiğit, N.Ö., Bayrak, H., 2009. Effect of different feed types on growth and feed conversion ratio of angel fish (*Pterophyllum scalare* Lichtenstein, 1823). *Journal of Applied Biological Sciences*, 3(2):7-11.
- Barki, A., Levi, T., Shrem, A., Karplus, I., 1997. Ration and spatial distribution of feed affect survival, growth, and competition in juvenile red-claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, reared in the laboratory. *Aquaculture*, 148:169-177.
- Belle, C.C., Yeo, D.C.J., 2010. New observations of the exotic Australian Red-Claw Crayfish, *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) (Crustacea: Decapoda: Parastactidae) in Singapore. *Nature in Singapore*, 3:99-102.
- Güner, Ö., Mazlum, Y., 2010. Farklı protein seviyelerindeki dietlerinin yavru tatlı su kerevitlerinin (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) büyüme, yaşama oranları ve vücut kompozisyonları üzerine etkileri (in Turkish with English abstract). *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 6(2):1-10.
- Harpaz, S., Slosman, T., Segev, R., 2005. Effect of feeding guppy fish fry (*Poecilia reticulata*) diets in the form of powder versus flakes. *Aquaculture Research*, 36:996-1000. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01308.x
- Hughes, R.N., 1993. Introduction. In: *Diet Selection: An Interdisciplinary Approach to Foraging Behaviour*. Hughes, R.N. (Ed.), Blackwell Scientific Publications, London, pp. 1-9.
- James, W.A., Huner J.V., 1985. Freshwater prawns. In: *Crustacean and Mollusk Aquaculture in the United States*. Huner, J.V., Brown, E.E. (Eds.), Avi Publishing Company, Inc, Westport, Connecticut, USA, pp. 1-54.

- Jones, P.L., De Silva, S.S., 1997. Apparent nutrient digestibility of formulated diets by the Australian freshwater crayfish *Cherax destructor* Clark (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture Research*, 28:881-891.
- Lawrence, C., Jones, C., 2002. *Cherax*. In: *Biology of Freshwater Crayfish*, Holdich, D.M. (Ed.), Blackwell Science, United Kingdom, pp. 645-666.
- Metts, L.S., Thompson, K.R., Xiong, Y., Kong, B., Webster, C.D., Brady, Y., 2007. Use of alfalfa hay, compared to feeding practical diets containing two protein levels, on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian Red Claw Crayfish, *Cherax quadricarinatus*, grown in ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38(2):218-230.
- Miller-Morgan, T., 2010. A Brief Overview of the Ornamental Fish Industry and Hobby. In: *Fundamentals of Ornamental Fish Health*, Roberts, H.E. (Ed.), Blackwell Publishing, USA, pp. 25-32.
- Pavasovic, A., Richardson, N.A., Mather, P.B., Anderson, A.J., 2006. Influence of insoluble dietary cellulose on digestive enzyme activity, feed digestibility and survival in the red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens). *Aquaculture Research*, 37:25-32. doi:10.1111/j.1365-2109.2005.01389.x
- Pavasovic, A., Anderson, A.J., Mather, P.B., Richardson, N.A., 2007. Effect of a variety of animal, plant and single cell-based feed ingredients on diet digestibility and digestive enzyme activity in redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868). *Aquaculture*, 272:564-572. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.08.027
- Poon, D.Y.N., Chan, B.K.K., Williams, G.A., 2010. Spatial and temporal variation in diets of the crabs *Metopograpsus frontalis* (Grapsidae) and *Perisesarma bidens* (Sesamidae): implications for mangrove food webs. *Hydrobiologia*, 638:29-40. doi:10.1007/s10750-009-0005-5
- Rouse, D.B., Kahn, B.M., 1998. Production of Australian red claw *Cherax quadricarinatus* in polyculture with Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 29(3):340-344.
- Siccardi, A.J., Garris, H.W., Jones, W.T., Moseley, D.B., D'Abramo, L.R., Watts, S.A., 2009. Growth and survival of Zebrafish (*Danio rerio*) fed different commercial and laboratory diets. *Zebrafish*, 6(3):275-280.
- Stumpf, L., Calvo, N.S., Castillo Díaz, F., Valenti, W.C., López Greco, L.S., 2011. Effect of intermittent feeding on growth in early juveniles of the crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquaculture*, 319:98-104. doi:10.1016/j.aquaculture.2011.06.029
- Thompson, K.R., Muzinic, L.A., Engler, L.S., Morton, S.R., Webster, C.D., 2004. Effects of feeding practical diets containing various protein levels on growth, survival, body composition, and processing traits of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) and on pond water quality. *Aquaculture Research*, 35:659-668. doi:10.1111/j.1365-2109.2004.01063.x
- Thompson, K.R., Metts, L.S., Muzinic, L.A., Dasgupta, S., Webster, C.D., 2006. Effects of feeding practical diets containing different protein levels, with or without fish meal, on growth, survival, body composition and processing traits of male and female Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) grown in ponds. *Aquaculture Nutrition*, 12:227-238.
- Türkmen, G., Albaz, A., 2001. Studies on Aquarium Fish Imported to Turkey and the Results (in Turkish with English abstract). *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(3-4):483-493.
- Türkmen, G., Karadal, O., 2012. The survey of the imported freshwater Decapod species via the ornamental aquarium trade in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(15):2824-2827. doi:10.3923/javaa.2012.2824.2827
- Viau, V.E., Rodríguez, E.M., 2010. Substrate selection and effect of different substrates on survival and growth of juveniles of the freshwater crayfish *Cherax quadricarinatus* (von Martens 1868) (Decapoda, Parastacidae). *Aquaculture International*, 18:717-724. doi:10.1007/s10499-009-9292-0
- Webster, C.D., Thompson, K.R., Muzinic, L.A., Yancey, D.H., Dasgupta, S., Xiong, Y.L., Rouse, D.B., Manomaitis, L., 2004. A preliminary assessment of growth, survival, yield, and economic return of Australian red claw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, stocked at three densities in earthen ponds in a cool, temperate climate. *Journal of Applied Aquaculture*, 15(3-4):37-50. doi:10.1300/J028v15n03_03
- Wingerter, K., 2011. Freshwater Crustaceans, Part Two: Crayfishes and Crabs. *TFH Magazine*, May 2011:82-84.

Oreochromis niloticus dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyumun koruyucu etkisi

The protective effect of calcium on aluminum toxicity in *Oreochromis niloticus* tissues

Hikmet Y. Çoğun* • Gönül Uras

Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Kilis, Türkiye
*Corresponding author: hcogun@kilis.edu.tr

Abstract: In our study, the protective effect of calcium on the accumulation of aluminum in muscle, liver, gill and kidney of *Oreochromis niloticus* were investigated. The fish were exposed to 0.1 mg lt⁻¹ Al, 0.1 mg lt⁻¹ Al+0.1 mg lt⁻¹ Ca, 0.1 mg lt⁻¹ Al+1.0 mg lt⁻¹ Ca and 1.0 mg lt⁻¹ Al, 1.0 mg lt⁻¹ Al+1.0 mg lt⁻¹ Ca and 1.0 mg lt⁻¹ Al+10.0 mg lt⁻¹ Ca mixtures for 7, 14 and 21 days. Aluminum accumulations in tissues were measured by ICP-MS. Aluminum accumulation exposure tissues highest accumulation occurred in the kidney followed by gill, liver and muscle. In all exposure period, accumulation of aluminum in whole tissues of *O. niloticus* decreased in the presence of calcium. In both mixed exposure (Al+Ca) concentrations, significantly reduced the accumulation of aluminum in the kidney, gill and liver of *O. niloticus*.

Keywords: Aluminum, Calcium, Accumulation, *Oreochromis niloticus*.

Özet: Çalışmamızda, kalsiyumun *Oreochromis niloticus*'un kas, karaciğer, solungaç ve böbrek dokularında alüminyum birikimi üzerine engelleyici etkileri incelenmiştir. Balıklar 7, 14 ve 21 gün sürelerle 0.1 mg lt⁻¹ Al, 0.1 mg lt⁻¹ Al+0.1 mg lt⁻¹ Ca, 0.1 mg lt⁻¹ Al+1.0 mg lt⁻¹ Ca ve 1.0 mg lt⁻¹ Al, 1.0 mg lt⁻¹ Al+1.0 mg lt⁻¹ Ca ve 1.0 mg lt⁻¹ Al+10.0 mg lt⁻¹ Ca karışımının etkisine bırakılmıştır. Dokularda alüminyum birikimi ICP-MS ile belirlenmiştir. Çalışılan dokularda en yüksek alüminyum birikimi böbrek dokusunda oluşmuş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. Etkide kalınan tüm sürelerde *O. niloticus*'un dokularında alüminyum birikimi kalsiyum varlığında azalmıştır. Denenen tüm karışımlarda (Al+Ca) *O. niloticus*'un böbrek, solungaç ve karaciğer dokularında alüminyum birikimini önemli ölçüde engellemiştir.

Anahtar kelimeler: Alüminyum, Kalsiyum, Birikim, *Oreochromis niloticus*.

GİRİŞ

Alüminyum periyodik cetvelin III A grubu elementlerinden olup, atom numarası 13 olan yumuşak ve hafif bir metal olup mat gümüşümsü renktedir. Alüminyum günümüz tıbbında kan durdurucu ve damar büzücü olarak kullanılmaktadır. Alüminyum doğada denge halinde bulunur Yerkabuğunun %8'i alüminyumdan oluştuğu gibi besinlerde, suda ve hayvansal dokularda bol miktarda bulunmaktadır (Koivistoinen, 1980). Alüminyum canlı organizmalarda besin yoluyla çok düşük düzeylerde alınımlıdır. Bu düşük seviyeli alüminyum zararlı değil, fakat yüksek konsantrasyonlarda son derece zehirli olmaktadır.

Alüminyum tatlı su balıklarında akut iyon regulasyonu rahatsızlıklarına hatta solungaçlarda Al³⁺olarak depolanmasına sebep olur (Poleo, 1995). Alüminyum balık solungaçlarını fonksiyonlarını etkilediğinden iyon regulasyonu ve solunumu etkiler (Neville, 1985; Howells vd., 1994). Alüminyum birçok katyonlar Ca, Mg, Na ve H⁺lerle balık solungaç yüzeylerine bağlanmada rekabet eder (Exley vd., 1991).

Su ortamının sıcaklığı (Heath, 1987), pH'sı (Cogun ve

Kargın, 2004), tuzluluğu (Viarengo, 1985) ve suyun sertliği (Wood, 2001) gibi su değişkenleri balığın metal alım düzeyini ve toksisitesini etkilemektedir. Bu gibi çevresel faktörlerin yanı sıra balığın yaşı, ağırlığı, metabolik aktivitesi, beslenme alışkanlığı, üremesi gibi faktörlerde metal alımını ve toksisitesini etkilemektedir (Heath, 1987; Romeo vd., 2000).

Kalsiyumun suyun kalitesini belirtmede ve canlı organizmada verimliliğin artışında çok önemli bir iyon olduğu belirtilmiştir (Berntssen vd., 2003). Genel olarak sucul organizmalarda kalsiyum yapısal, elektriksel iletimde kasların kasılmasında salgı hücrelerinin sekresyonunda, ekstraselüler protein ve enzimlerde kofaktör olarak ve intraselüler regülasyonda önemli biyolojik işlevleri olan bir iyondur (Hunn, 1985). Kalsiyum yapısal olarak kemik, pul gibi iskelet dokularında hem de yumuşak dokularda (membran akıcılığı ve bütünlüğü, hücre adhezyonu) önemli işlevi bulunmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar bize göstermiştir ki kalsiyum ve diğer ağır metaller örneğin çinko solungaç alım bölgesinde rekabete girmiştir (Hongstrand vd., 1998). Hem kalsiyum hem çinkonun solungaçlardaki giriş bölgesi klorit

hücrelerinin apikal zarlarıdır (Hongstrand vd.,1995; Galvez vd., 1998; Spry ve Wood, 1998).

Bu çalışmada; 7, 14 ve 21 günlük uygulama sürelerinde *Oreochromis niloticus* balıklarında alüminyum toksisite etkisinin gideriminde kalsiyum kullanılarak incelenmiştir. Alüminyum+kalsiyum (Al+Ca) etkisinde balıklarda solungaç, kas, karaciğer ve böbrek dokularında metal birikimi ve kalsiyumun alüminyum toksisitesinde koruyucu etkisi araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma Ekim ayında *Oreochromis niloticus*'lar Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi yetiştirme havuzlarından alınarak ve üç ay süre ile 40X100X40 cm boyutlarındaki dokuz (9) stok akvaryum içerisinde laboratuvar koşullarına adaptasyonları ve uygun boy-ağırlığa ulaşması sağlanmıştır. Balıklar 3 ay süre sonunda 12.55±0.19 cm boy ve 24.18±1.51 g ağırlığına ulaşmışlardır.

Deneyler 20±1 °C sıcaklıkta yürütülmüş, akvaryumlar merkezi havalandırma sistemi ile havalandırılmış ve günde sekiz saat aydınlanma (8 saat gündüz/16 saat gece) periyodu uygulanmıştır. Balıklar, günde iki kez olmak üzere balık ağırlığının %1'i kadar hazır balık yemi (Pınar Balık Yemi, Türkiye) ile beslenmiştir.

Deney iki seri olarak yürütülmüştür. Birinci seride 7, 14 ve 21 gün sürelerde alüminyumun 0.1 mg lt⁻¹ derişimi, 0.1 mg lt⁻¹ Al + 0.1 mg lt⁻¹ Ca ve 0.1 mg lt⁻¹ Al +1.0 mg lt⁻¹ Kalsiyum, ikinci seride alüminyumun 1.0 mg lt⁻¹ ortam derişimi, 1.0 mg lt⁻¹ Al +1.0 mg lt⁻¹ Ca ve 1.0 mg lt⁻¹ Al +10.0 mg lt⁻¹ kalsiyum maruz bırakılmıştır.

Deneylerde her bir seride 40X100X40 cm. boyutlarında olan ve her birinin içerisinde 18 balık bulunan 4 cam akvaryum kullanılacak şekilde iki seride yapılmıştır. Birinci seride bu akvaryumlardan herbirine 50'şer litre su ve ilkinde 0.1 mg lt⁻¹ alüminyum derişimi, ikincisine 0.1 mg lt⁻¹ Ca derişimi ve son olarak üçüncüsüne 10 katı kadar (1.0 mg lt⁻¹) kalsiyum alüminyum ile birlikte (0.1 mg lt⁻¹ Al +1.0 mg lt⁻¹ Ca) çözeltileri konulmuştur. İkinci seride ise ilk akvaryuma 1.0 mg lt⁻¹ alüminyum derişimi ikincisine aynı alüminyum derişimli Ca ve üçüncüsüne 10 katı kadar (10.0 mg lt⁻¹) Ca alüminyum ile birlikte (1.0 mg lt⁻¹ Al+10.0 mg lt⁻¹ Ca) çözeltileri konulmuştur. Her seride dördüncü akvaryum kontrol olarak kullanılmıştır. Deneyler üç tekrarlı olarak yürütülmüş ve her tekrarda iki balık kullanılmıştır.

Deney ortamında metallerin derişiminin zamana bağlı değişimler olabileceği için deney boyunca akvaryum suları ve metallerin derişimleri iki günde bir değiştirilmiştir. Kullanılan kalsiyum CaCl olmuş, Alüminyum ise AlCl₃6H₂O (Merck) olmuş, deney boyunca çözeltiler deiyonize su ile taze hazırlanmıştır. Bu hazırlanan çözeltiden uygun derişimler uygun sulandırma ile akvaryumlara uygulanmıştır.

Her deney süresi bitiminde akvaryumdan kepçe ile alınan balıklar önce çeşme suyu ile iyice yıkanmış ve kurutma kağıdı

ile yüzeylerinde bulunan su damlacıkları alınmıştır. Daha sonra balıkların kas, solungaç ve karaciğer dokularının diseksiyonu yapılmıştır. Doku ve organlar etüvide 150°C'de 48 saat süreyle kurumaya bırakılmıştır. Kuru ağırlıkları belirlenen doku ve organlar deney tüplerine aktararak üzerlerine 2 mL. nitrik asit (Merck, % 65, Ö. A. : 1.40) ve 1 mL. perklorik asit (Merck, % 60, Ö. A. :1.53) eklenmiş (Muramoto, 1983) ve çeker ocakta 120°C'de 3 saat süreyle yakılmıştır. Yakımı tamamlanan örnekler polietilen tüplere aktarılmış ve üzerleri deiyonize su ile 5 mL.'ye tamamlanarak alüminyum analizine hazır hale getirilmiştir. Doku ve organlardaki Alüminyum analizleri Perkin Elmer ICP-MS ile saptanmıştır.

Deneylerden elde edilen verilerin istatistik analizleri "Regresyon analizi" ve "Student-Newman Keul's Test (SNK)" testleri uygulanarak yapılacaktır (Rohlf ve Sokal, 1969; Sokal ve Rohlf, 1969).

BULGULAR

Tüm sürelerde (7, 14 ve 21. gün) 0.1 ve 1.0 mg lt⁻¹ alüminyum ortam derişimlerinin çalışılan tüm dokularda alüminyum birikimi istatistiksel olarak ayırım göstermiştir (P<0.01). Alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda gerçekleşmiş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir.

Denenen tüm sürelerde alüminyum+kalsiyum karışımına bırakılan balıkların dokularındaki alüminyum birikiminin, doğrudan alüminyum etkisine bırakılan balıklara oranla düşük olduğu saptanmıştır (Tablo 1-3; SNK; P<0.01).

7. günde *O. niloticus* doku ve organlarındaki alüminyum düzeylerini kalsiyum önemli derecede alüminyum birikimini azalmıştır. Kalsiyum etkisinde azalmalar alüminyumun yalnız etkisine göre karşılaştırıldığında 0.1 mg lt⁻¹ Al etkisinde en fazla sırasıyla solungaç, karaciğer, böbrek ve kas dokusunda (%69, %51, %28 ve %18) olmuştur. 1.0 mg lt⁻¹ Al etkisinde en fazla karaciğer dokusu, bunu böbrek, solungaç ve kas dokusunda (%51, %49, %39 ve %13) olmuştur (Tablo 1).

O. niloticus balıklarının 14. günde alüminyum ve Al+Ca karışımlarının doku ve organlarda birikimi Tablo 2'de gösterilmiştir. Bu süre sonunda etkide kalınan alüminyum derişiminin yalnız etkisi ile karşılaştırıldığında alüminyum+kalsiyum karışımında önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalma 0.1 mg/L alüminyum ortam derişimi etkisine göre Al+Ca karışımında en fazla karaciğer dokusunda (yaklaşık 2 kat), bunu böbrek, solungaç ve kas dokuları (yaklaşık %27, %22 ve %6) izlemiştir. 1.0 mg lt⁻¹ alüminyum ortam derişimi etkisinde ise böbrek ve solungaç dokusunda azalma %82 ve %65 kadar olmuştur (Tablo 2).

O. niloticus 21. günde doku ve organlarındaki alüminyum düzeyleri her iki alüminyum ortam derişimleri ve bunların kalsiyumlu karışımları etkisindeki balıkların dokularında alüminyum birikimi istatistiksel olarak anlamlıdır. Kalsiyum etkisinde önemli derecede alüminyum birikimi azalmıştır. Kalsiyum etkisinde azalmalar alüminyumun yalnız etkisine

göre karşılaştırıldığında 0.1 mg lt⁻¹ Al etkisinde en fazla solungaç dokusu, bunu karaciğer, böbrek ve kas dokusunda (%59, %41, %23 ve %14) izlemiştir (Tablo 3). (%76, %61, %37 ve %33) izlemiştir. 1.0 mg lt⁻¹ Al etkisinde en

Tablo 1. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etkisinde 7. günde alüminyum birikimi (µg Al/g. k.a.).

Derişimler (mg/L)	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	2.33±0.05	ax	1.16±0.01	bx	4.80±0.35	cx	29.44±0.43	dx
0.1 Al	1.64±0.02	ay	4.76±0.06	by	6.39±0.08	cy	77.85±0.44	dy
0.1 Al+0.1 Ca	1.48±0.01	ayz	4.16±0.01	bz	6.44±0.29	cy	76.83±0.41	dy
0.1 Al+1.0 Ca	1.38±0.01	az	3.14±0.14	bt	3.78±0.10	bz	60.00±0.50	cz
0.0	3.20±0.05	ax	1.30±0.01	bx	4.69±0.04	cx	31.10±0.63	dx
1.0 Al	3.60±0.14	ay	4.70±0.93	by	6.81±0.04	cy	85.70±0.29	dy
1.0 Al+1.0 Ca	3.43±0.08	axy	3.70±0.10	az	6.38±0.28	by	61.03±0.57	cz
1.0 Al+10.0 Ca	3.13±0.03	ax	3.10±0.01	at	4.87±0.35	bx	57.57±0.29	ct

*: a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z ve t harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0,01). $\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata.

Tablo 2. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etkisinde 14. günde alüminyum birikimi (µg Al/g. k.a.).

Derişimler (mg/L)	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	2.39±0.01	ax	1.39±0.01	bx	4.73±0.33	cx	29.33±0.28	dx
0.1 Al	1.92±0.03	ay	3.43±0.11	by	5.17±0.46	cy	89.37±0.31	dy
0.1 Al+0.1 Ca	1.61±0.04	az	1.50±0.17	bx	4.84±0.10	cx	80.64±0.29	dz
0.1 Al+1.0 Ca	1.21±0.01	az	1.25±0.03	ax	4.21±0.52	bz	78.17±0.54	ct
0.0	3.23±0.03	ax	1.40±0.01	bx	4.69±0.05	cx	30.33±0.33	dx
1.0 Al	3.97±0.01	ay	3.73±0.17	ay	7.42±0.37	by	91.78±0.26	cy
1.0 Al+1.0 Ca	3.65±0.02	az	1.91±0.01	bz	5.60±0.12	cz	68.24±0.07	dz
1.0 Al+10.0 Ca	3.26±0.09	at	1.52±0.02	bt	4.48±0.07	cx	50.88±0.46	dt

*: a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z ve t harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0,01). $\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata.

Tablo 3. *O. niloticus* doku ve organlarda alüminyum ve alüminyum+kalsiyum karışımının etkisinde 21. günde alüminyum birikimi (µg Al/g. k.a.).

Derişimler (mg/L)	Kas		Karaciğer		Solungaç		Böbrek	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	*
0.0	2.33±0.02	ax	1.44±0.01	bx	4.80±0.01	cx	28.66±0.33	dx
0.1 Al	2.69±0.16	ay	1.96±0.03	by	5.89±0.14	cy	62.31±0.72	dy
0.1 Al+0.1 Ca	2.23±0.01	ax	1.69±0.01	bx	4.57±0.13	cx	55.33±0.61	dz
0.1 Al+1.0 Ca	2.01±0.02	az	1.21±0.02	bz	3.33±0.12	cz	45.33±0.33	dt
0.0	3.31±0.01	ax	1.43±0.01	bx	4.80±0.01	cx	32.23±0.03	dx
1.0 Al	4.71±0.07	ay	2.59±0.03	by	8.59±0.28	cy	95.73±0.36	dy
1.0 Al+1.0 Ca	4.03±0.02	az	1.93±0.01	bz	7.59±0.04	cz	88.16±0.03	dz
1.0 Al+10.0 Ca	4.10±0.02	az	1.83±0.03	bt	5.37±0.09	ct	77.35±0.17	dt

*: a, b, c ve d harfleri organlar arası ayrımı belirlemek; x, y, z ve t harfleri derişimleri belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harflerle gösterilen veriler arasında istatistik ayırım vardır (P<0,01). $\bar{X} \pm S\bar{x}$: Aritmetik ortalama ± Standart hata.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada alüminyum ve alüminyum-kalsiyum karışımının belirlenen derişimlerinin 21 gün süreyle etkisi sonunda balıklarda mortalite gözlenmemiştir. Bu da seçilen alüminyum ve kalsiyum derişimlerin *O. niloticus* türü için öldürücü olmadığını gösterir. Yine belirlenen süre ve ortam derişimlerinin etkisinde doku ve organlarda yüksek derişimlerde metal birikiminin meydana gelmesine karşın mortalitenin gözlenmemesi balıkta var olan homeostatik denge mekanizmalarının iyi çalıştığının bir göstergesidir (Thomas vd., 1985; Tort vd., 1987).

Ortamda bir stres etkeninin bulunması balıkları çok hızlı etkilemektedir. Herhangi bir stres yemlere ilgisizliğe, akvaryumlarda bir tarafa toplanarak ve hareketlerinde bir azalma olarak kendini gösterir (Buckley vd., 1982; McGeer vd., 2000). Araştırmamızda deney süresince alüminyum ve kalsiyum ortam derişimlerinin etkisinde bulunan balıkların kontrol balıklarına oranla hareketsiz oldukları ve verilen yemleri almadıkları gözlenmiştir.

Alüminyum sucul ortamlarda ciddi ekolojik problemlerle toksisiteye neden olan zararlı bir metal olup şu ana kadar bilinen bu metalin normal fizyolojik fonksiyonları yoktur

(Nayak, 2002). Fizyolojik değişiklikler farklı balık türlerinde alüminyumun kardiyovasküler olarak ilgisi (Laitinen ve Voltonen, 1995), hematolojik (Barcoroli ve Martinez, 2004), solunum, iyon düzenleme, üreme (Vuorinen vd., 2003), metabolik (Brodeur vd., 2001) ve endokrin (Waring vd., 1996) rahatsızlıkları solungaç yapısal hasarlarla (Peuranen vd., 1993) ilgilidir. Alüminyum tatlı su balıklarında akut iyon regülasyonu solunum rahatsızlıklarına hatta solungaçlarda Al^{+3} olarak depolanmasına sebep olur (Poleo, 1995). Yapılan bazı araştırmalarda alüminyum alımı anemiye neden olmakta, kemik hasarları bırakmakta, bebeklerin erken doğumlarında beyin hasarlarına, böbrek fonksiyonlarını bozmaktadır (Sedman vd., 1985; D'Arcy, 1985; McGraw vd., 1986). Alüminyum özellikle asitli sulara temel bir toksikandır (Dickson, 1978).

Çalışmamızda alüminyum birikimi en fazla böbrek dokusunda gerçekleşmiş, bunu solungaç, karaciğer ve kas dokusu izlemiştir. Çalışılan tüm doku ve organlarda kalsiyum alüminyum birikimini azaltma eğilimi göstermiş ve koruyucu etki yapmıştır. Kalsiyum denenen tüm sürelerde alüminyum birikiminin azaltılmasında en fazla solungaç dokusunda, bunu karaciğer, böbrek ve kas dokusu izleyen etki yapmıştır.

Yapılan birçok araştırmada su ortamında bir metalin varlığında balıkta kalsiyumun etki mekanizmaları 1) Çözülebilir metalin sert sulara özelliğinin değişmesine, 2) sert sulara solungaç geçirgenliğinin azalmasına ve dolayısıyla metal alınımının azalmasına ve 3) Sert sulara klor hücrelerinin artış sonucu metal atılımının artmasına bağlı olabileceğini belirtmişlerdir (Pascoe vd., 1986; Baldisserotto vd., 2004). Araştırmacılar çeşitli omurgalı ve omurgasız hayvanlar üzerinde yaptıkları çalışmalarda kalsiyum ve magnezyumun metal birikimini azalttığını saptamışlardır (Gagnon vd., 1998; Comhaire vd., 1994; Barron ve Albeke, 2000; Hollis vd., 2000; Baldisserotto vd., 2004). Yapılan bir araştırmada metalin alınımının ve atılımının suyun sertliği ile ilişkili olduğunu ve balıkların metalleri sert suda daha fazla atabildiklerini veya daha azaldıklarını saptamıştır (Pascoe vd., 1986).

Balıkların metalleri alınımı ve eliminasyonu ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır (Allen, 1994; Regoli ve Orlando, 1994; Suresh vd., 1995; Riget vd., 1997; Baden vd., 1999). Bu araştırmaların birçoğunda metal toksisitesini azaltmada kullanılan şelatlaştırıcı maddelerle ilgili araştırmalardır (Friedhein vd., 1978; Graziano vd., 1985; Klavassen, 1985). Özellikle metal toksisitesinin azalmasında EDTA, NTA, sitrat gibi maddeler veya zeolit gibi madenlerde seçilmektedir (Simon, 1981; James vd., 1998; Cogun ve Şahin, 2012). Balıklarda ortamda kalsiyum bulunması durumunda doku ve organlarda çinko (Hardy ve Shearer, 1985; Barron ve Albeke, 2000), bakır (Wurtz ve Perschbacher, 1994), kobalt (Comhaire vd., 1994) ve alüminyum (Glynn vd., 1992) gibi metallerin de düzeylerinin azaldığı belirtilmiştir. Kadmiyumun etkisine bırakılan *O. mykiss*'de sudaki yüksek kalsiyum derişimleri, solungaç, karaciğer ve böbreklerde kadmiyum birikimini azalttığı ve dokularda kadmiyum birikimine karşı kalsiyumun

engelleme etkisi yaptığı belirtilmiştir (Hollis vd., 2000).

Balıklarda metal birikimi, doku ve organlar arasında ayrım göstermekle birlikte genellikle metabolik bakımdan aktif doku ve organlarda yüksek derişimlerde meydana gelmektedir (Amiard vd., 1987). Metal birikimi bakımından doku ve organlar arasında saptanan bu ayrım, doku ve organların işlevlerindeki farklılıkla açıklanabilir (Cicik ve Erdem, 1992; Melgar vd., 1997).

Solungaçlar, bir balığın saatte yaklaşık 48 litre suyun geçtiği önemli bir organdır. Bu nedenle balık solungaçları dış ortamdaki metaller için toksikolojide ilk hedef dokudur ve metalin vücuda girişinde önemli bir yer olduğu belirtilmiştir (Pelgrom vd., 1995; Tao vd., 1999). Alüminyum tatlı su balıklarında akut iyon regülasyonu, solunum rahatsızlıkları ve solungaçlarda Al^{+3} olarak depolanmasına sebep olur (Poleo, 1995). Alüminyum balık solungaç fonksiyonlarını etkilediğinde mukus salgısının artmasına ve solunumu etkiler (Neville, 1985; Mc. Donald vd., 1989; Howells vd., 1994). Bu araştırmada *O. niloticus*'da böbrekten sonra en yüksek Al birikimi solungaçlarda olmuştur. Bu büyük bir olasılıkla solungaçların geniş bir yüzey alanına sahip olması ve solungaçları kaplayan mukusun metalleri tutmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca alüminyumun solungaç dokusunda yüksek derişimde birikimi de, kontaminasyon sonucunda solungaç dokusunda meydana gelen mukus salgınımı ve yapısal bozuklukla açıklanabilir (Pratap ve Bonga, 1993).

Yaptığımız çalışmada alüminyum derişimleri etkide kalınan süreye bağlı olarak balığın solungaçlarında arttığı saptanmıştır. Al+Ca etkisinde *O. niloticus* solungaçlarında Al birikimi en fazla azalma 21. günde yaklaşık %76 kadardır. Solungaç dokusunda alüminyum birikimi (I) fazla miktarda mukus oluşumu (Muniz ve Leivestad, 1980), (II) Alüminyum birçok katyonla (Ca, Mg, Na ve H) solungaç yüzeylerine bağlanmada rekabet etmesi (Exley vd., 1991), (III) kalsiyumun su ortamını sert hale getirerek metallerin çökmesine sebep olması ile sudaki Al konsantrasyonunu azaltması (Dietrich ve Schlatter, 1989) ile dokularda Al birikimini azaltmıştır.

Balıklarda böbrekler metallerin atılımını sağlayan önemli bir organdır. Yaptığımız çalışmada en fazla alüminyum birikimi dokular arasında böbrekler olduğu saptanmıştır. Al+Ca karışımında ise yalnız Al etkisindeki balıklara göre Al birikiminde bir azalma olmuştur. En fazla azalma 14. günde yaklaşık %82 kadar olmuştur. Bu azalma sudaki Al düzeylerinin kalsiyum tarafından azaltılması sayesinde olmaktadır. Ancak tüm doku ve organlar karşılaştırıldığında bu azalma çok fazla olmamıştır. Bunun sebebi metal bağlayıcı proteinlerin sentezinin yapımı yerinin böbrekler olmasından (Schulz-Baides, 1974; Thomas vd., 1985; Wood, 1988) dolayı olabilir.

Karaciğer metal biriktirmede çok önemli indikatör bir organdır. Balıklarda karaciğer, metallerin depolanmasında ve detoksifikasyonunda görev yapan önemli bir organdır (Ali vd., 2003). *O. niloticus* ile yapılan bu çalışmada karaciğerin

alüminyum birikiminde böbrek ve solungaçtan sonra geldiği saptanmıştır. Karaciğer ağır metallerin en fazla biriktiği bir organdır (Olsson ve Haux, 1986; Hollis vd., 2001; Cogun ve Kargın, 2004). Balıklarda karaciğer metallothionein gibi detoksifikasyon proteinlerinin başlıca sentezlendiği yerdir (Olsson ve Haux, 1986; Cinier vd., 1999). Araştırmamızda *O. niloticus*'da alüminyumun karaciğerde birikmesi, alüminyum depolanma ve detoksifikasyon mekanizmasının etkin bir şekilde işlediğini göstermektedir. Karaciğerde alüminyum birikiminin Al+Ca karışımında önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır. Bu azalma en fazla 14. günde kontrol balıklarına göre yaklaşık 2 kat kadardır. Azalmanın sebebi kalsiyumun su ortamında su sertliğini yükseltmesi ve sert sularda alüminyum gibi metallerin daha az aktif olmasıyla balık tarafından birikiminde az olmasına neden olmaktadır. Bazen ise metalin varlığı karaciğerde metallothionein sentezini teşvik ettiği saptanmıştır (Reichert vd., 1979).

Balıklarda kaslar, metal biriktirmede metabolik olarak aktif bir doku değildirler. Tatlı su balıklarıyla yapılan araştırmalarda kas dokusunun alüminyum diğer dokulara oranla düşük

düzeyde biriktirdiği saptanmıştır (Tulasi vd., 1992; Kargın, 1998). Çalışmamızda da alüminyum birikimi kas dokusunda diğer doku ve organlara göre az olmuştur. Kalsiyum varlığında ise bir azalma saptanmıştır. Kalsiyum varlığında alüminyum birikiminde en fazla azalma 21. günde yaklaşık %14 oranında olduğu saptanmıştır.

Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki; kalsiyum, *O. niloticus*'u alüminyum toksisitesine karşı korumuştur. Alüminyum birikimi etkide kalınan süreye ve ortam derişimine bağlı olarak artma gösterirken, alüminyum+kalsiyum karışımında alüminyum birikimi *O. niloticus* doku ve organlarında önemli düzeyde azalmıştır. Bu azalmanın kalsiyumun su ortamının sertliğini arttırması ile ortamdaki alüminyum derişimini azaltarak dokularda birikimini azaltması şeklinde olduğu düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma 2012/LTP/002 no'lu proje kapsamında Kilis 7 Aralık Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna ve proje ekibine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ali, B.A., Al-Ogaily, S. M., Al-Asgah, N.A., Gropp, J. 2003. Effect of sublethal concentrations of copper on the growth performance of *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Ichthyology*, 19:183-188. doi:10.1046/j.1439-0426.2003.00440.x
- Allen, P. 1994. Mercury accumulation profiles and their modification by interaction with cadmium and lead in the soft tissues of the cichlid *Oreochromis aureus* during chronic exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 53:684-692. doi:10.1007/BF00196940
- Amiard, J.C., Amiard-Triquet, C., Berthet, B., Métyer, C. 1987. Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 106:73-89. doi:10.1016/0022-0981(87)90148-1
- Baden, S.P., Eriksson, S.P., Gerhardt, L. 1999. Accumulation and elimination kinetics of manganese from different tissues of the Norway Lobster *Nephrops norvegicus* (L.). *Aquatic Toxicology*, 46:127-137. doi:10.1016/S0166-445X(98)00123-4
- Baldisserotto, B., Kamunde, C., Matsuo, A., Wood, C.M. 2004. Acute waterborne cadmium uptake in rainbow trout is reduced by dietary calcium carbonate. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 137:363-372.
- Barcarolli, I.F., Martinez, C.B.R. 2004. Effects of aluminium in acidic water on hematological and physiological parameters of the neotropical fish *Leporinus macrocephalus* (Anostomidae). *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 72:639-646. doi:10.1007/s00128-004-0291-6
- Barron, M.G., Albeke, S. 2000. Calcium control of zinc uptake in rainbow trout. *Aquatic Toxicology*, 50:257-264. doi:10.1016/S0166-445X(99)00099-5
- Berntssen, M.H.G., Waagbo, R., Toften, H., Lundebye, A.K. 2003. Effects of dietary cadmium on calcium homeostasis, Ca mobilization and bone deformities in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Parr. Aquaculture Nutrition*, 9:175-183. doi:10.1046/j.1365-2095.2003.00245.x
- Brodeur, J.C., Okland, F., Finstand, B., Dixon, D.G., Mc Kinley, R.S. 2001. Effects of subchronic exposure to aluminum in acidic water on bioenergetics of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49:226-234. doi:10.1006/eesa.2001.2054
- Buckley, J.T., Roch, M., McCarter, J.A., Rendell, C.A. and Matheson, A.T. 1982. Chronic exposure of coho salmon to sublethal concentrations of copper-I. Effect on growth, on accumulation and distribution on of copper and on copper tolerance. *Comparative Biochemistry and Physiology* 72C, 1:15-19.
- Cinier, C.C., Ramel, M.P., Faure, R., Garin, D., Bouvet, Y. 1999. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 122:345-352.
- Cicik, B., Erdem, C. 1992. *Tilapia nilotica*'da bakırın karaciğer ve kas dokularındaki nicel protein derişimlerine etkileri. *Biyokimya Dergisi*, XVII:51-64.
- Cogun, H.Y., Kargın, F. 2004. Effects of pH on the mortality and accumulation of copper in tissues of *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 55:277-282. doi:10.1016/j.chemosphere.2003.10.007
- Cogun, H.Y., Şahin, M. 2012. Nil *Tilapia (Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758)'da kurşun toksisitesinin azaltılmasında zeolitin etkisi. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 18(1):135-140.
- Comhaire, S., Blust, R., Ginneken, L.V., Vanderborght, O.L.J. 1994. Cobalt uptake across the gills of the common carp, *Cyprinus carpio*, as a Function of the calcium concentration in the water of acclimation and exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology* 109 C, 1:63-76.
- D'Arcy, P.F. 1985. Aluminium toxicity and the premature infant. *Pharmaceutical International*, 6:190-191.
- Dickson, W. 1978. Some effects of the acidification of Swedish lakes. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie*, 20:851-856.
- Dietrich, D., Schlatter, C. 1989. Aluminium toxicity to rainbow trout at low pH. *Aquatic Toxicology*, 15:197-212. doi:10.1016/0166-445X(89)90036-2
- Exley, C., Chappell, J.S., Birchall, J.D. 1991. A mechanism for acute aluminum toxicity in fish. *The Journal of Theoretical Biology*, 151:418-428. doi:10.1016/S0022-5193(05)80389-3

- Friedhein, E., Graziano, J.H., Popovac, D., Dragaric, D., Kaul, B. 1978. Treatment of lead poisoning by 2,3-dimercaptosuccinic acid. *Lancet*, 2:1234-1236. doi:10.1016/S0140-6736(78)92103-7
- Gagnon C., Vaillancourt, G., Pazdernik, L. 1998. Influence of water hardness on accumulation and elimination of cadmium in two aquatic mosses under laboratory conditions. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 34(1):12-20. doi:10.1007/s002449900280
- Galvez, F., Webb, N., Hogstrand, C., Wood, C.M. 1998. Zinc binding to the gills of rainbow trout: the Effect of long term exposure to sublethal zinc. *The Journal of Fish Biology*, 52:1089-1104. doi:10.1111/j.1095-8649.1998.tb00957.x
- Glynn, A., Norrgren, L., Malmborg, O. 1992. The influence of calcium and humic substances on aluminium accumulation and toxicity in the minnow, *Phoxinus phoxinus* at low pH. *Comparative Biochemistry and Physiology* 102C, 3:427-432.
- Graziano, J.H., Siris, E.S., Lolacono, N., Silverberg, S.J., Turgeon, L. 1985. 2,3-Dimercaptosuccinic acid as an antidote for lead intoxication. *Clinical Pharmacology & Therapeutics*, 37:431-438. doi:10.1038/clpt.1985.67
- Hardy, R.W., Ve Shearer, K.D. 1985. Effects of dietary calcium phosphate and zinc supplementation on whole body zinc concentration of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42:181-184. doi:10.1139/f85-022
- Heath, A.G., 1987. Water pollution and fish physiology. CRC Pres. 24 pp. Florida USA.
- Hongstrand, C., Reid, S.D., Wood, C.M. 1995. Ca²⁺ versus Zn²⁺ Transport in the gills of fresh water rainbow trout and the cost of adaptation to waterborne Zn²⁺. *The Journal of Experimental Biology*, 198:337-348.
- Hongstrand, C., Webb, N., Wood, C.M. 1998. Covariation in in hard and soft water. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45:2206-2215.
- Hollis, L., Mc Geer, J.C., Mcdonald, D.G., Wood, C.M. 2000. Effects of long term sublethal Cd exposure in rainbow trout during soft water exposure: implications for biotic ligand modelling. *Aquatic Toxicology*, 51:93-105. doi:10.1016/S0166-445X(00)00099-0
- Hollis, L., Hogstrand, C., Wood, C. M. 2001. Tissue-specific cadmium accumulation, metallothionein induction, and tissue zinc and copper levels during chronic sublethal Cd exposure in juvenil rainbow trout. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 41:468-474. doi:10.1007/s002440010273
- Howells, G., Dalziel, T.R.K., Reader, J.P., Solbe, J.F. 1994. Aluminum and fresh waterfish water quality criteria. Howells, G. (Ed) Water quality for freshwater fish. Gordon and Breach Science Publication, pp. 55-115.
- Hunn, J.B. 1985. Role of calcium in gill function in freshwater fishes. *Comparative Biochemistry and Physiology* 82A, 543-547. doi:10.1016/0300-9629(85)90430-X
- James, R., Sampath, K., Selvamani, P. 1998. Effect of EDTA on reduction of copper toxicity in *Oreochromis mossambicus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 60:487-493. doi:10.1007/s001289900651
- Kargin, F. 1998. Metal concentrations in tussues of the freshwater fish *Capoeta barroisi* from the Seyhan River (Turkey). *Water Air and Soil Pollution*, 60(5):822-828.
- Koivistoinen, P. 1980. Mineral element composition of Finnish foods: N, K, Ca, Mg, P, S, Fe, Cu, Mn, Zn, Mo, Co, Ni, Cr, F, Se, Si, Rb, Al, B, Br, Hg, As, Cd, Pb and ash. *Acta Argiculture Scandinavica*, 22:171-175.
- Klavassen, C.D. 1985. Heavy metals and heavy metals antagonist. Gilman, A.G., Goddman, L.S., Rail, T.W., Murad, F. (Eds). The Pharmacological basis of Therapeutics. pp. 1605-1627, Mc Millan, New York, USA.
- Laitinen, M., Voltonen, T. 1995. Cardiovascular, ventilatory and haematological responses of brown trout (*Salmo trutta* L.) to the combined effects of acidity and aluminium in humic water at winter temperatures. *Aquatic Toxicology*, 31:99-112. doi:10.1016/0166-445X(94)00060-4
- Mc Donald, D.G., Tang, Y., Boutilier, R.G. 1989. Acid and ion transfer across the gills of fish: mechanisms and regulation. *Canadian Journal of Zoology*, 67:3046-3054. doi:10.1139/z89-428
- McGeer, J.C., Szebedinszky, C., Mc Donald, D.G., Wood, C.M., Muramoto, S. 2000. Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health*, A18(3):455-461.
- Mc Graw, M., Bishop, N., Jameson, R., Robinson, M.J., O'Hara, M., Hewitt, C.D., Day, J.P. 1986. Aluminum content of milk formulae and intravenous fluids used in infants. *Lancet*, i:157. doi:10.1016/S0140-6736(86)92293-2
- Melgar, M.J., Perez, M., Garcia, M.A., Alonso, J., Miquez, B. 1997. The toxic and accumulative effects of short term exposure to cadmium in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Veterinary & Human Toxicology*, 39:79-83.
- Muniz, I. P., Leivestad, H. 1980. Toxic effects of aluminium on the brown trout, *Salmo trutta* L. In: Drablns. D., Tollan, A. (eds.) Proc. Int. Conf Ecol. Impact Acid Precip.. Sande-fjord, Norway, SNSF project, Oslo-As, p. 320-321.
- Muramoto, S. 1983. Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and freshwater. *Journal of Environmental Science and Health*, A18(3):455-461. doi:10.1080/10934528309375113
- Nayak, P., 2002. Aluminium impacts and disease. *Environmental Research* 89A, 101-115. doi:10.1006/enrs.2002.4352
- Neville, C.M. 1985. Physiological response of juvenile rainbow trout, *Salmo gairdneri*, to acid and aluminum-prediction of field responses from laboratory data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 42:2004-2019. doi:10.1139/f85-248
- Olsson, P.E., Haux, C. 1986. Increased hepatic metallothionein content correlate to cadmium accumulation in environmentally exposed Perch (*Perca fluviatilis*). *Aquatic Toxicology*, 9:231-242. doi:10.1016/0166-445X(86)90011-1
- Pascoe, D., Evans, S.A., Woodworth, J., 1986. Heavy metal toxicity to fish and influences of water hardness. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 15:481-487. doi:10.1007/BF01056559
- Pelgrom, S.M.G.J., Lock, R.A.C., Balm, P.H.M., Wendelaar Bonga, S.E. 1995. Integrated physiological response of tilapia, *Oreochromis mossambicus*, to sublethal copper exposure. *Aquatic Toxicology*, 32:303-320. doi:10.1016/0166-445X(95)00004-N
- Peuranen, S., Vuorinen, P.J., Vuorinen, M., Tuurala, H. 1993. Effects of acidity and aluminium on fish gills in laboratory experiments and in the field. *The Science of the Total Environment*, 134(S2):953-967.
- Pratap, H.B., Wendelaar Bonga, S.E. 1993. Effects of ambient and dietary cadmium on pavement cells, chloride cells and Na⁺-ATPase of the fresh water teleost *Oreochromis mossambicus* at normal and high calcium levels in the ambient water. *Aquatic Toxicology*, 26:133-150. doi:10.1016/0166-445X(93)90010-X
- Poleo, A.B.S. 1995. Aluminium polymerization – a mechanism of acute toxicity of aqueous aluminium to fish. *Aquatic Toxicology*, 31:347-356. doi:10.1016/0166-445X(94)00083-3
- Regoli, F., Orlando, E. 1994. Seasonal variation of trace metal concentrations in the digestive gland of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis*: Comparison between a polluted and a non-polluted site. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 27:36-43. doi:10.1007/BF00203885
- Reichert, W.L., Federigh, D.A., Malins, D.C. 1979. Uptake and metabolism of lead and cadmium in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 63C:229-234.
- Riget, F., Dietz, R., Johansen, P. 1997. Zinc, cadmium, mercury and selenium in Greenland fish. *Meddelelser om Grønland Bioscience*, 48:1-29.
- Rohlf, J.F., Sokal, R.R. 1969. Statistical Tables. W. H. Fremon and Company, San Francisco. 253 pp.

- Romeo, M., Bennani, N., Gnassia-Barelli, M., Lafaurie, M., Girard, J.P. 2000. Cadmium and copper display different responses towards oxidative stress in the kidney of the sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Aquatic Toxicology*, 48:185-194. doi:10.1016/S0166-445X(99)00039-9
- Schulz - Baides, M. 1974. Lead uptake from the sea water and food, and lead loss in the common Mussel *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 25:177-193. doi:10.1007/BF00394964
- Sedman, A., Bozynski, M., Karra, M., Chan, J. 1985. Risk factors for aluminum (Al) toxicity in childhood. *The International Pediatric Nephrology*, 3C:134.
- Simon, C.M. 1981. Design and operations of a large scale commercial penaeid shrimp hatchery. *Journal of the World Mariculture Society*, 12:322-334. doi:10.1111/j.1749-7345.1981.tb00305.x
- Sokal, R.R., Rohlf, J.F. 1969. "Biometry" W. H. And Freeman and Company, San Francisco. 776 pp.
- Spry, D.J., Wood, C.M. 1998. Zinc influx across the isolated, perfused head preparation of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in hard and soft water. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 45:2206-2215. doi:10.1139/f88-257
- Suresh, A., Sivaramakrishna, B., Radhakrishnaiah, K. 1995. Cadmium induced changes in ion levels and ATPase activities in the muscle of the fry and fingerlings of the freshwater fish, *Cyprinus carpio*. *Chemosphere*, 30(2):365-375. doi:10.1016/0045-6535(94)00403-H
- Tao, S., Liu, C., Dawson, R., Cao, J., Li, B. 1999. Uptake of particulate lead via the gills of fish (*Carassius auratus*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 37:352-357. doi:10.1007/s002449900524
- Thomas, D.G., Brown, M.W., Shurben, D., Solbe, J.F.D.G., Cryer, A., Kay, J. 1985. A comparison of the sequestration of cadmium and zinc in the tissues of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Following exposure to the metals singly or in combination. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 82:55-62.
- Tort, L., Torres, P., Flos, R. 1987. Effects on dogfish haematology and liver composition after acute copper exposure. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 87C(2):349-353.
- Tulasi, S.J., Reddy, P.U., Rao, J.V.R. 1992. Accumulation of lead and effects on total lipids and lipid derivatives in the freshwater fish *Anabas testudines*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 23:33-38. doi:10.1016/0147-6513(92)90019-Y
- Viarengo, A. 1985. Biochemical effects of trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 16(4):153-158. doi:10.1016/0025-326X(85)90006-2
- Vuorinen, P.J., Keinänen, M., Peuranen, S., Tigerstedt, C. 2003. Reproduction, blood and plasma parameters and gill histology of vendace (*Coregonus albula* L.) in long-term exposure to acidity and aluminum. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54(3):255-276. doi:10.1016/S0147-6513(02)00078-7
- Waring, C.P. Brown, I.A. Collins, J.E., Prunet, P. 1996. Plasma prolactin, cortisol, and thyroid responses of the brown trout (*Salmo trutta*) exposed to lethal and sublethal aluminum in acidic soft waters. *General and Comparative Endocrinology*, 102:377-385. doi:10.1006/gcen.1996.0081
- Wood, C.M. 1988. Acid-base and ionic exchanges at gills and kidney after exhaustive exercises in the rainbow trout. *The Journal of Experimental Biology*, 136:461-481.
- Wood, C.M. 2001. Toxic responses of the gill. Schlenk, D., Benson, W.H. (Eds), Target organ toxicity in marine and freshwater teleost. Taylor and Francis, London, pp. 1-87.
- Wurtz, W.A., Perschbacher, P.W., 1994. Effects of bicarbonate alkalinity and calcium on the acute toxicity of copper to juvenile channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, 125:73-79. doi:10.1016/0044-8486(94)90284-4

Using of the computer software for the sustainable rainbow trout cage culture: A case study in Gökçekaya Dam Lake (Ankara, Turkey)

Ağ kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için bir bilgisayar yazılımının kullanımı: Gökçekaya Baraj Gölü (Ankara, Türkiye)

Beril Özdal • Serap Pulatsu*

Ankara University, Agriculture Faculty, Department of Fisheries, 06110, Ankara, Turkey

*Corresponding author: spulatsu@agri.ankara.edu.tr

Özet: Bu araştırmanın amacı, ağ kafeslerde sürdürülebilir yetiştiricilik için geliştirilen ve -Ağ Kafeslerde Yetiştiriciliğe İlişkin Karar Destek Sistemi- olarak adlandırılan bilgisayar yazılımını Gökçekaya Baraj Gölü'nde ağ kafeslerde gökkuşuğu alabalığı yetiştiriciliği yapan yüksek kapasiteli (950 ton yıl⁻¹) bir işletmede kullanmaktır. Bilgisayar yazılımının modülleri olan: i) alan sınıflandırması, ii) alan seçimi, iii) taşıma yoğunluğu-taşıma kapasitesi ve iv) ekonomik değerlendirme, seçilen ağ kafes işletmesinde uygulanmıştır. Ağ kafes işletmesi, alan sınıflandırması ve alan seçimi modüllerini oluşturan kriter (su- sediment kalitesi, hidrometeoroloji ve sosyoekonomi) ve alt kriterler bağlamında - kötü, orta ve iyi olarak sınıflandırılmıştır. Bir diğer bilgisayar yazılım modülü olan ağ kafeslerde taşıma yoğunluğu değeri, yüksek kapasiteli işletme için 17,72 kg m⁻³ olarak saptanmıştır. Baraj gölünün taşıma kapasitesi ise, ağ kafes işletmesi verilerine göre 2.056 ton yıl⁻¹ olarak tahmin edilmiştir. Ekonomik değerlendirme modülünde, taşıma yoğunluğu ve bazı ekonomik parametrelere göre sermayenin geri dönüş oranı \cong %127 olarak hesaplanmıştır. Gökçekaya Baraj Gölü örneğinde kullanımı önerilen programın, hızlı ve kolay uygulanabilir olması nedeniyle, Türkiye'de farklı ekosistemlerde dağılım gösteren ağ kafes işletmelerinin yönetimi ve yetiştiriciliğinin çevresel etkilerinin izlenmesi konusunda anahtar rol oynayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Ağ kafeslerde yetiştiricilik, Taşıma kapasitesi, Bilgisayar yazılımı, Baraj gölü, MOM, CADS_TOOL, *Oncorhynchus mykiss*.

Abstract: The aim of this research is application of a computer software for the developing sustainable cage aquaculture named -Cage Aquaculture Decision Support Tool- on high capacity (950 tons year⁻¹) rainbow trout cage farm in Gökçekaya Dam Lake. The modules of the computer software program: i) site classification, ii) site selection, iii) holding density-carrying capacity and iv) economic appraisal is applied at selected cage farm. The cage farm is classified into three categories - poor, medium, and good- according to set of criteria (water- substrate qualities, hydrometeorology and socioeconomic) and sub-criteria of site classification and site selection modules. Holding density which is the other computer software module is determined in cage farm as 17,72 kg m⁻³. Carrying capacity of the dam lake is estimated in cage farm's inputs as 2.056 tons year⁻¹. In the economical appraisal module; return on investment are calculated as \cong 127% using cage-holding density and some economic parameters. Being a fast and easily applicable, the programme proposed to be used as a case study of the Gökçekaya Dam Lake, is thought to play a key role in the subject of the management of different cage farms in distinct ecological areas and monitoring of the environmental impacts of fish farming in Turkey.

Keywords: Cage culture, Carrying capacity, Computer software, Dam lake, MOM, CADS_TOOL, *Oncorhynchus mykiss*.

INTRODUCTION

In the recent years, a world-wide substantial increase in the intensive aquaculture caused an increase of awareness in the environmental impacts of fish farming and sustainable farming to become important. The environmental impact of the fish farming in inland water can be more dangerous than marine fish farming. While the most common changes in water quality are characterized by differences in nitrogen and phosphorus concentrations, changes in sediment quality also include differences in total nitrogen, total phosphorus, total carbon, organic matter and redox potential (Demir *et al.*, 2001, Apaslan and Pulatsu, 2008).

The importance of sustainable aquaculture, new models are developing or existent models are calibrating with the new technological and culture techniques. For example,

observation programs are used by governments in many countries to monitor aquaculture's environmental impact. Additionally, simulation models have been developed to estimate the effects of organic waste and wastewater from aquaculture mixing with the local waters. However, in order to prevent overuse of any single receiving environment and optimize the use of shore resources, systems are needed which combine modelling and observation programs with environmental quality standards. The MOM system (Modelling-Ongrowing Fish Farms-Monitoring) is one such system (Ervik *et al.*, 1997; Hansen *et al.*, 2001; Stigebrandt *et al.*, 2004).

The -Cage Aquaculture Decision Support Tool (CADS_TOOL)- is a computer program based on the MOM

system and developed in recent years in parallel with the increase in studies and the importance of this topic. This program comprises four modules and it was created by the Southeast Asian aquaculture industry to promote sustainable cage aquaculture, and is available for free download on the Australian Institute of Marine Science website (<http://data.aims.gov.au/cads>). The practical advantages of this program are that each module can be easily applied and that it can be used on any computer running Java (Halide *et al.*, 2009).

Because of the cage aquaculture in the dam lakes and in the reservoirs, there can be some differences at the nutrient levels. In Turkey's inland waters there are 1.587 licensed aquaculture facilities, with a total capacity of 160.933 tons year⁻¹. Gökçekaya Reservoir is one of Turkey's reservoirs that in recent years have begun to experience an increase in cage aquaculture. It is located on the Sakarya River on the border of Nallıhan County (Ankara Province) and was constructed for power production. It is reported that there are six approved and operational aquaculture projects with a capacity of 3.858 tons/year, and an additional 17 pre-approved facilities with a capacity of 13.200 tons/year in the reservoir (interview, Head of Department of Aquaculture, General Directorate of Fishing and Water Products, 2011).

In Turkey, there are limited researches about sustainable cage farming in inland water (Pulatsü, 2003; Verep *et al.*, 2003; Anonymous, 2005; Buyukcapar and Alp, 2006; Buhan *et al.*, 2010; Polat and Özmen, 2011). But for the sustainable farming, there's a necessity of a model which can give reliable results in a short time and has technological information about cage aquaculture. The programme proposed in the scope of the present research, has not been used in our country and in a dam lake in the context of sustainable aquaculture. For this purpose, - a decision support system for the sustainable cage aquaculture developing programme –shortly CADS_TOOL is used at rainbow trout cage farm with 950 tons year⁻¹ capacity in Gokcekaya Dam Lake. In this context, study is focused on:

- Identification of criteria and sub-criteria particular to site classification in accordance with data obtained from field and laboratory studies in context with the first module;
- Evaluation of suitable site selection using the second module of the above-mentioned program;
- Calculation of the holding density of the cages and estimation of the carrying capacity of Gökçekaya Reservoir based on the criteria of the third module;

Implementing economic evaluations of the systems considering the criteria of the fourth module.

MATERIALS AND METHODS

Study Site

Built with the aim of providing electricity to Eskişehir Province, Gökçekaya Dam Lake is located on the Sakarya River between Sarıyar and Yenice Reservoirs. The water from Gökçekaya Reservoir empties into Yenice Reservoir. In a study conducted in Gökçekaya Reservoir between the years 2005-2006, the reservoir's physicochemical water quality properties were determined and chlorophyll-a and algae species were detected; the reservoir's nutrient level was reported as mesotrophic (Akin *et al.*, 2008). This research was conducted on high capacity (950 tons year⁻¹) cage farm producing portion-sized rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in the dam lake.

Sampling

Water and sediment samples were taken in May and October 2011 in selected rainbow trout cage farm in Gökçekaya Dam Lake.

Application of the Cage Aquaculture Decision Support Tool (CADS_TOOL)

Data extrusion methods are presented below for the four modules (site classification, site selection, holding density, carrying capacity and economic appraisal) of the CADS_TOOL computer program developed by Halide *et al.* (2009) to promote sustainable cage aquaculture.

Site classification

Water quality: Lake water samples were collected from surface and filtered through a Whatman GF/C membrane filter and analyzed for ammonium. It was measured with nesslerization method (Anonymous, 1995). Dissolved oxygen (mg L⁻¹) and Secchi depth (m) were measured by oxygen meter and Secchi Disc in situ, respectively.

Substrat quality: Sediment samples were collected at cage bottom and then air-dried, homogenized by grinding, and finally passed through a 1.0-mm sieve for the texture analyzes in laboratory conditions. Redox potential (mV) was measured by pHmeter in situ. Organic matter (%) was determined by the loss of weight during ignition at 550°C for 2 h (Kacar, 1995).

Hydrometeorology: Current (cm s⁻¹) was measured using current meter in situ. Significant wave height (m)- the average height of the one-third highest wave in a continuous wave time series- was determined according to Halide *et al.* (2009). Water depth was mesured dropping a weighted line marked with depth increments and observing the total line required to reach the bottom.

Socioeconomic: All sub criteria were determined according to Halide *et al.* (2009). Proximity to market should be scored as "near" if the fish can reach the market fresh without requiring special infrastructure e.g. freezers.

Infrastructure should be scored as "available" if all means that keep the fish in fresh condition are available, such as appropriate transportation, freezers, etc. Regulations should be scored as "available" if laws preventing poaching and conflicts in coastal zone usage are in place, or that appropriate zoning laws are in place.

Site selection

In the computer program, the values produced by the site classification module are automatically transferred to the site selection module. Site selection, which is the second module of CADs_TOOL, is calculated using four different criteria. Predictions of relative importance (RI) values were assigned to the criteria and sub-criteria so that the total equaled 100. Using the predictive approach, the variable range specified by the criteria during the study and possible positive-negative contributions to aquaculture were considered. After the values were entered, site selection was determined automatically by the program.

Estimation of holding density

Simplified MOM method was used to determine holding density of the cage farm. Surface current is measured using a current meter. Critical oxygen- ammonium concentration (mg L^{-1}) in cage and critical bottom oxygen (mg L^{-1}) were determined according to Çelikkale (1994) and Halide *et al.* (2009), respectively. Food conversion ratio ($\text{FCR} = \text{Dry weight of feed consumed (g)} / \text{wet weight of gain (g)}$) was calculated according to Laird and Needham (1987). The length of the farm (L_f) was estimated according to Stigebrandt *et al.* (2004) and the equation is given below:

$$L_f = \frac{\text{The number of pens}}{\text{The number of pens in rows} \times (\text{Pen length} + \text{The distance between the pens}) - \text{The distance between the pens (m)}}$$

where pen length (L), for non-square pens L is taken as equal to the square root of the pen area.

Estimation of carrying capacity

In order to estimate Gökçekaya Reservoir's carrying capacity, the phosphorus budget model was used, which is based on data related to phosphorus consumption in inland water. Total-P concentration (mg m^{-3}) is measured according to the ascorbic acid method outlined in Anonymous (1995). 60 mg m^{-3} is chosen as the value for maximum acceptable [P] in temperature inland water bodies used for the culture of rainbow trout (Dillon and Rigler, 1974). Phosphorus content of fish (%) was determined according to Aşır and Pulatsü (2008). Morphometric and hydrologic characteristics of lake were obtained from Anonymous (2011).

Economic appraisal

The equations used for the economic appraisal module developed by Halide *et al.* (2009) are presented in Table 1.

Table 1. Input variables required for the economic appraisal (Halide *et al.* 2009)

Input variables	Economic appraisal formulae
Total weight of fish	Holding density (kg/m^3) x Cage volume (m^3)
Total fish biomass	Total weight of fish / Mean fish weight at harvest (kg)
Total number of seed	Total fish biomass / Survival rate of fish seed (%)
Fed needed to produce biomass at harvest	$\text{FCR} \times \text{Total weight of fish}$
Total costs for seed	Seed cost x Total number of seed
Total costs for fed	Feed cost x Fed needed to produce biomass at harvest
Total cost	(Total costs for seed + Total costs for fed + Cage cost) (1 + Interest rate)
Break-even price	Total cost / Total weight of fish
Revenue	Fish price x Total weight of fish
Profit	Revenue - Total cost
Return on investment (%)	$100 \times (\text{Profit} / \text{Total cost})$

RESULTS

Results from the application of the four modules that constitute the CADs_TOOL computer program in Gökçekaya Reservoir are presented below (Figure 1-5). The average values for measurements taken at the operations in May and October were used in the modules of the computer program.

Figure 1. Site classification of a rainbow trout farm

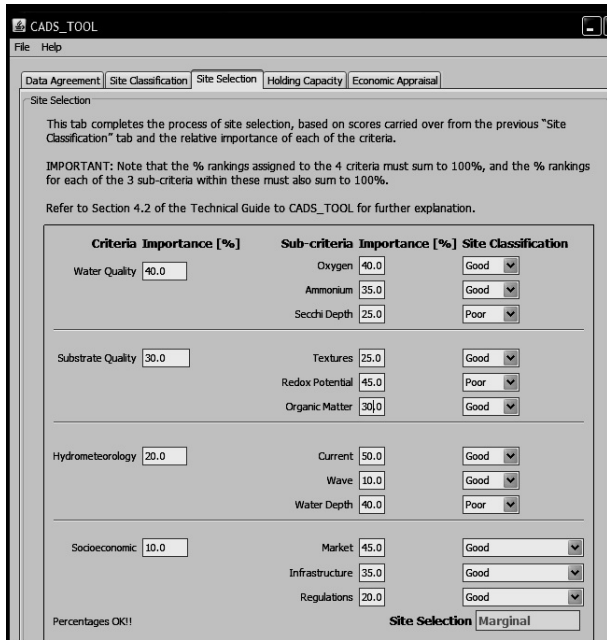


Figure 2. Site selection of a rainbow trout farm

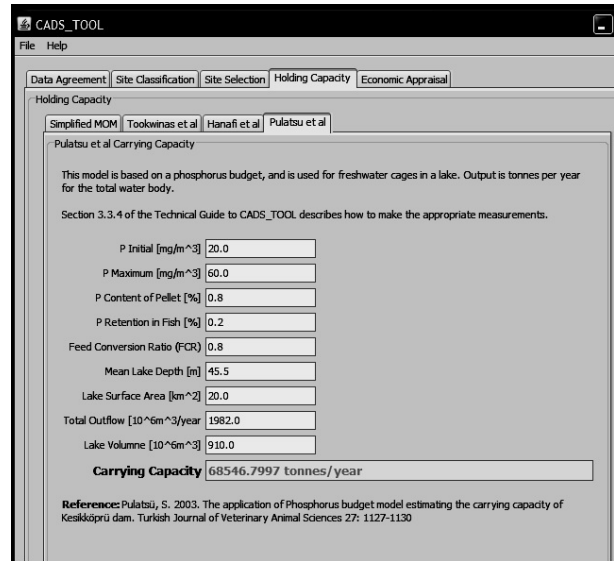


Figure 4. Carrying capacity of a rainbow trout cage farm determined by the phosphorus budget model

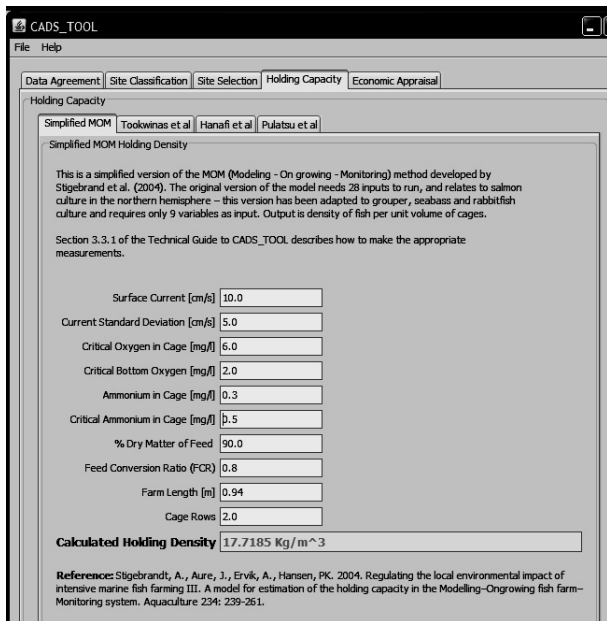


Figure 3. Holding density of a rainbow trout cage farm determined by the simplified MOM model

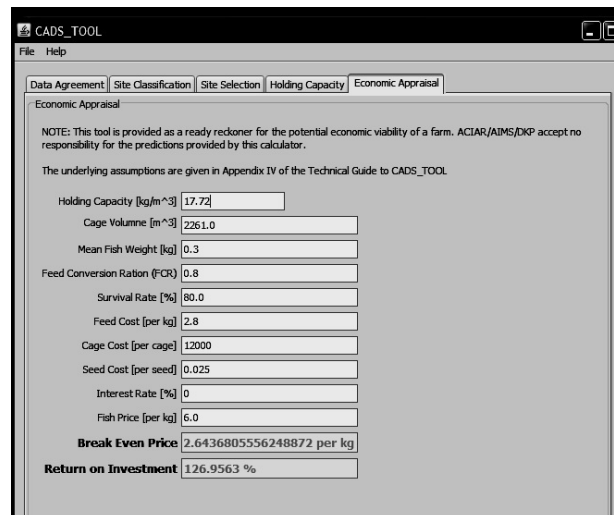


Figure 5. Economic appraisal of a rainbow trout farm

DISCUSSION

In the scope of the research, possibility of using the computer software, not applied before to the sustainable cage aquaculture in our country, was investigated in the case of Gökçekaya Dam Lake. Moreover, the program proposed for the sustainable aquaculture – modules of site classification, site selection, holding density and economic appraisal- was applied to the inland water ecosystem for the first time with the exception of marine ecosystems.

As a result of intensive aquaculture in reservoirs, several changes in the nutrient level of the lake can occur. Water column parameters are recognized as an important component in the observation of sustainable cage aquaculture. Since dissolved oxygen concentration is one of the especially important criteria for breeding fish in cage aquaculture, it is recommended that this criterion be observed separately from the others (Hansen *et al.*, 2001). The most criterion for the site classification in this study is water quality, and the selected sub-criteria show suitability with the site. Even though the criteria and sub-criteria of CADS_TOOL's site classification module proved suitable and adequate in the case of Gökçekaya Reservoir, potential modifications should be allowed for this module in order to adjust for various receiving environments, as stressed by Halide *et al.* (2009). In other words, the criteria chosen in this module should be able to reflect differences particular to the site and/or the sub-criteria should be adjustable.

CADS_TOOL's site selection module contains four different criteria, each with three sub-criteria. In this study, the levels of importance of some of the sub-criteria, taking into account the probability of environmentally-based threats to the receiving environment in the coming years, were accepted as water quality -40%, substrate quality -30%, hydrometeorology criterion -20%, and socio-economics criterion -10%. As in site classification, the user of CADS_TOOL must make decisions regarding relative importance values of the criteria and also regarding classification of the receiving environment in accordance with the importance of the criteria.

Stigebrandt *et al.* (2004) indicate that holding density in cage aquaculture systems is related with the size of the cage farm, characterized by the critical cage oxygen-ammonium concentration, the feed conversion ratio and number of rows of cages/cage length. Because it was thought that these parameters would also be important and sufficient in estimating the holding density of the active cage aquaculture operations in Gökçekaya Reservoir, the simplified MOM method was chosen to estimate holding density in this study.

Results related with the carrying capacity of Turkey's reservoirs make it possible to determine production levels that will not damage water quality or create a risk of eutrophication, giving direction to reservoir cage aquaculture operations. Studies exist which apply the phosphorus budget model (Dillon and Rigler, 1974) to various receiving environments in Turkey (Pulatsü, 2003; Verep *et al.*, 2003;

Anonymous, 2005; Buyukcapar and Alp, 2006; Buhan *et al.*, 2010; Polat and Özmen, 2011). Applying the carrying capacity module of CADS_TOOL, the carrying capacity of the reservoir, taking as a basis the total area of the lake and the acceptable (maximum) total phosphorus concentration of 60 mg m⁻³, was estimated for the high capacity aquaculture operation values as 68.547 tons year⁻¹. However, it was stated in the 'Protocol of the General Directorate of State Water Operations for Reservoirs with Proprietorship or in Possession of Planned Aquaculture', signed in 2004 (Anonymous, 2004) between the General Directorates of State Water Operations Agricultural Production and Development, that the area set aside for aquaculture must not exceed 3% of the reservoir's area at minimum water level. For this reason, the carrying capacity value for Gökçekaya Reservoir, according to high capacity operation values, should be only 2.056 tons year⁻¹.

The total capacity of the approved operational and pre-approved aquaculture sites in Gökçekaya Reservoir, the venue of this study, is approximately 17.058 tons, and hence it appears that the values delineated above for estimated carrying capacity have been greatly exceeded. It can be said that Gökçekaya Dam Lake has a high degree of use, and that the environmental impact of its cage aquaculture operations has exceeded its carrying capacity. In order to prevent excessive use of the receiving environment or to limit increasing use, monitoring levels should be chosen contingent on the degree of environmental impact. In addition, some components for disease control can also be integrated into the monitoring program if necessary. When economic evaluation, the final module of the CADS_TOOL program, was applied the capital return on investment was determined as \cong 127%.

The outputs of the computer program named CADS_TOOL recommended for use on selected cage farm in Gökçekaya Reservoir will provide basic data for monitoring the local impact of future aquaculture operations in the reservoir. Within the scope of this research, a suitable stocking level, proper feeding, a suitable flow rate and water depth were determined as criteria positively affecting water quality, and these components were in agreement with the results from CADS_TOOL. The criteria and sub-criteria for the modules of CADS_TOOL, constituting the basis of this study, can be developed by modifying them to reflect variations in the receiving environment's morphometric-hydrologic properties and the characteristic properties of cage aquaculture. Because the program is quick and easy to use, it is believed that it will play a key role in the management of cage aquaculture systems distributed among different ecosystems in Turkey and in monitoring aquaculture's environmental impact there.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by grants from The Scientific and Technical Research Council of Turkey, Project No: 1100949.

REFERENCES

- Akın, S., Atıcı, T., Katircioğlu, H. 2008. Physicochemical, toxicological and ecological analysis of Gökçekaya Dam Lake. *African Journal of Biotechnology*, 7 (4):444-449.
- Alpaslan, A., Pulatsü, S. 2008. The effect of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) cage culture on sediment quality in Kesikköprü Reservoir, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8(1):65-70.
- Anonymous. 1995. APHA, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th edition. John D., Ducas Co., USA, 1193 p.
- Anonymous. 2004. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Yönetmeliği. Tarım ve Köyşleri Bakanlığı 25507 Sayılı Resmi Gazete.
- Anonymous. 2005. Hirfanlı ve Kesikköprü Baraj Gölleri ve Havzalarında Kirlilik Araştırması. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 354 s.
- Anonymous. 2011. DSİ III. Bölge Müdürlüğü. <<http://www2.dsi.gov.tr/bolge/dsi3/>> (January 26, 2011).
- Aşır, U., Pulatsü, S. 2008. Estimation of the nitrogen - phosphorus load due to cage cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) in Kesikköprü Dam Lake: comparison of pelleted and extruded feed. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 32:417-422.
- Buhan, E., Koçer, M.A., Polat, F., Doğan, H.M., Dirim, S., Turgut Neary, E. 2010. Almus Baraj Gölü su kalitesinin alabalık yetiştiriciliği açısından değerlendirilmesi ve taşıma kapasitesinin tahmini. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(1):57-65.
- Buyukcapar, H.M., Alp, A. 2006. The carrying capacity and suitability of the Menzelet Reservoir (Kahramanmaraş-Turkey) for trout culture in terms of water quality. *Journal of Applied Sciences*, 6(13):2774-2778. doi:10.3923/jas.2006.2774.2778
- Çelikkale, M.S. 1994. İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi. Genel Yayın No: 124. Fakülte Yayın No: 2. Cilt I , Trabzon, 419 s.
- Demir, N., Kırkaç, M., Pulatsü, S., Bekcan S. 2001. Influence of trout cage culture on water quality, plankton and benthos in an Anatolian Dam Lake. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 53(3-4):115-127.
- Dillon, P.J., Rigler, F.H. 1974. A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 31:1771-1778. doi:10.1139/f74-225
- Ervik, A., Hansen, P.K., Aure, J., Stigebrandt, A., Johannessen, P., Jahnsen, T. 1997. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming I. The concept of the MOM System (Modelling-Ongrowing fish farms- Monitoring). *Aquaculture*, 158:85-94. doi:10.1016/S0044-8486(97)00186-5
- Halide, H., Stigebrandt, A., Rehbein, M., McKinnon, A.D. 2009. Developing a decision support system for sustainable cage aquaculture. *Environmental Modelling&Software*, 24:694-702. doi:10.1016/j.envsoft.2008.10.013
- Hansen, P.K., Ervik, A., Schaanning, M., Johannessen, P., Aure, J., Jahnsen, T., Stigebrandt, A. 2001. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming II. The monitoring programme of the MOM. *Aquaculture*, 194:75-92. doi:10.1016/S0044-8486(00)00520-2
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri 3: Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara, 705 s.
- Laird, L.M., Needham, T. 1987. Salmon and Trout Farming, Department of Zoology, Tillydrone Avenue University of Aberdeen. *Ellis Harwood Limited*, England, 255 p.
- Polat, F., Özmen, H. 2011. Almus Baraj Gölü'nde trofik seviyenin belirlenmesi ve gölün fosfor taşıma kapasitesinin araştırılması. *Ekoloji*, 20(78):53-59. doi:10.5053/ekoloji.2011.789
- Pulatsü, S. 2003. The application of phosphorus budget model estimating the carrying capacity of Kesikköprü Dam Lake. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 27(5):1127-1130.
- Stigebrandt, A., Aure, J., Ervik, A., Hansen, P.K. 2004. Regulating the local environment impact of intensive marine fish farming III. A model for estimation of the holding capacity in the modelling-ongrowing fish farms-monitoring system. *Aquaculture*, 234:239-261. doi:10.1016/j.aquaculture.2003.11.029
- Verep, B., Çelikkale, M.S., Düzgüneş, E., Okumuş, İ. 2003. Uzungöl'ün genel hidrografik özellikleri ve taşıma kapasitesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*, 1:148-157.

İÇİNDEKİLER CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE

- A comparative study on antioxidant and cytotoxic effects of *Oscillatoria amphibia* and *Spirulina platensis* C-phycocyanin and crude extracts.
Oscillatoria amphibia ve *Spirulina platensis*'in C-Fikosiyanin ve ham ekstraktlarının antioksidan ve sitotoksik etkileri üzerine karşılaştırmalı çalışma.
Zeliha Demirel, Sevde Uslu Hatipoğlu, Ayşe Nalbantsoy, F. Ferda Yılmaz, Burcu Tepedelen Erbaykent, İsmet Gurhan-Delilolu, Meltem Conk Dalay 1-7
- Barbun (*Mullus barbatus* L., 1758)'un zaman-mekansal dağılım modellemesi, İzmir Körfezi.
Modelling spatio-temporal distribution of Red Mullet (*Mullus barbatus* L., 1758), İzmir Bay.
Esin Yalçın, Raşit Gurbet 9-13
- Bir Nil Tilapya (*Oreochromis niloticus* L., 1758) popülasyonunda BLUP yöntemiyle hasat ağırlığı için damızlık değer tahmini.
Breeding value estimation for harvest weight in a Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L., 1758) population using BLUP.
Emel Özcan Gökçek, Bilge Karahan, Kutsal Gamsız 15-19
- Decisions of stakeholders for the proposed artificial reef deployment: Analytic hierarchy process approach.
Yerleştirilmesi amaçlanan yapay resifler için paydaşların kararları: Analitik hiyerarşi süreci yaklaşımı.
Sezgin Tunca, Bülent Miran, Vahdet Ünal 21-29
- Comparison of the discard characteristics of diamond and square mesh codends in the Aegean Sea trawl fishery.
Ege Denizi trol balıkçılığında baklava ve kare gözlü torbaların ıskarta özelliklerinin karşılaştırılması.
Ejbel Çıra Duruer, Zafer Tosunoğlu 31-34
- Farklı yemlerin kırmızı kısıkaçlı kerevit (*Cherax quadricarinatus*) juvenillerinde büyüme ve yaşama oranı üzerine etkileri.
Effects of different feeds on growth and survival rate of early juveniles of Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*).
Onur Karadal, Gürel Türkmen 35-39
- Oreochromis niloticus* dokularında alüminyum toksisitesi üzerine kalsiyumun koruyucu etkisi.
The protective effect of Calcium on Aluminum toxicity in *Oreochromis niloticus* tissues
Hikmet Y. Çoğun, Gönül Uras 41-47

TECHNICAL NOTE TEKNİK NOT

- Using of the computer software for the sustainable Rainbow Trout cage culture: A case study in Gökçekaya Dam Lake (Ankara, Turkey).
Ağ kafeslerde Gökkuşaağı Alabalığı yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği için bir bilgisayar yazılımının kullanımı: Gökçekaya Baraj Gölü (Ankara, Türkiye).
Beril Özdal, Serap Pulatsü 49-54