

# Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

www.egejfas.org

ISSN 1300 - 1590

## EgeJFAS

# Su Ürünleri Dergisi

Volume 32 Number 2

2015



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 Work submitted for publication must be previously unpublished, not under consideration for publication elsewhere and, if accepted, it should not then be published elsewhere.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

Soultsos, 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. Altınelataman (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 TUBITAK ULAKBIM TR Dizin, THOMSON REUTERS (Zoological Records), ASFA, CABI, GOOGLE SCHOLAR

### Corresponding Address

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

### ISSN

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

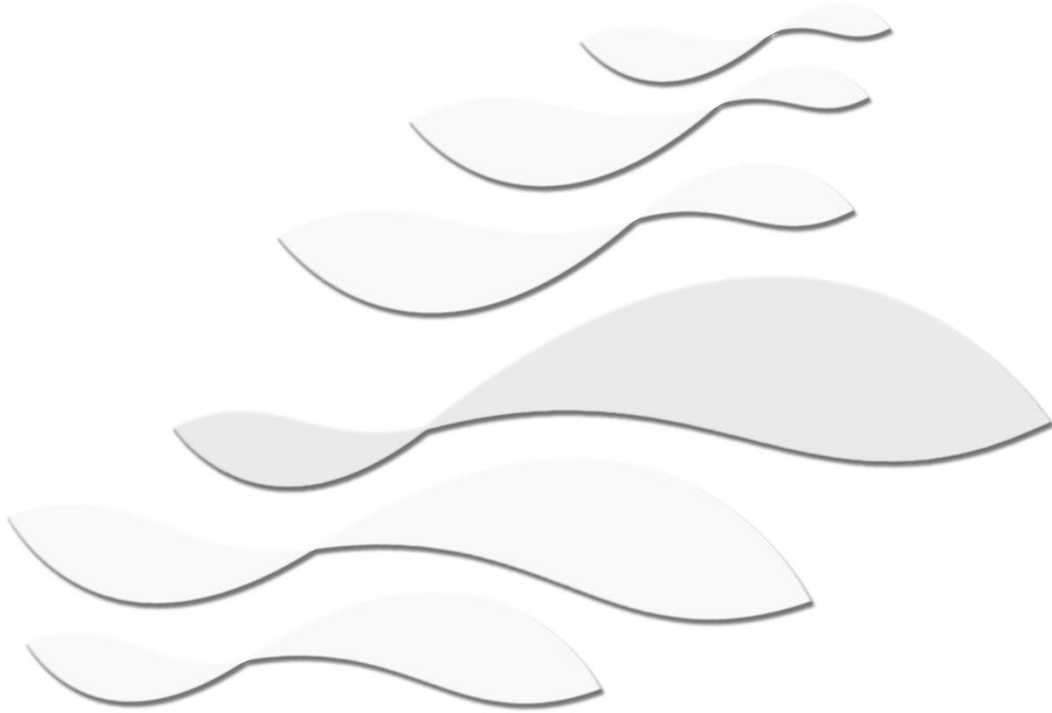
# Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences

Volume 32 Number 2

ISSN 1300 - 1590

# EgeJFAS

[www.egejfas.org](http://www.egejfas.org)



**Published by**

**Ege University Faculty of Fisheries, İzmir, Turkey**



---

**Su Ürünleri Dergisi**  
**Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**

---

**Sahibi Director**

Ertan TAŞKAVAK **Dekan Dean**  
Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ege University Faculty of Fisheries

**Yazı İşleri Müdürü Editor-in-Chief**

Ufuk ÇELİK

**Yazı İşleri Müdür Yardımcıları Co-Editors-in-Chief**

Gürel TÜRKMEN Hasan M. SARI

**Yardımcı Editörler Associate Editors**

Okan AKYOL Osman ÖZDEN  
Bilal ÖZTÜRK Haşmet ÇAĞIRGAN  
Tufan KORAY 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  
Mustafa ÜNLÜSAYIN Akdeniz University, Turkey  
Arif GÖNÜLÖL 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 KURLU 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  
Hülya SAYGI 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 Mol 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**

Halise KUŞÇU M. Tolga TOLON

**Tarandığı indeksler Indexed by** TUBITAK-ULAKBIM TR Dizin, THOMSON REUTERS (Zoological Records), ASFA, CABI

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

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

**Basım Printing**

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

**Basım Tarihi Printing Date**

2015

**İletişim Contact**

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

## Catch composition of set net (fixed stake trap) fisheries in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea

### Saros Körfezi'nin (Kuzey Ege Denizi) kıyıs al sularında ağ dalyan balıkçılığının av kompozisyonu

Serhat Çolakoğlu<sup>1\*</sup> • Adnan Tokaç<sup>2</sup> • Ali İşmen<sup>3</sup> • Hasan Yurdusev<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Çanakkale Provincial Directorate, 17100, Çanakkale, Turkey

<sup>2</sup> Ege University, Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, Izmir, Turkey

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, Marine Science and Technology Faculty, 17100, Çanakkale, Turkey

\*Corresponding Author: [serhat\\_colakoglu@yahoo.com](mailto:serhat_colakoglu@yahoo.com)

#### How to cite this paper:

Çolakoğlu, S., Tokaç, A., İşmen, A., Yurdusev, H., 2015. Catch composition of set net (fixed stake trap) fisheries in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 53-58. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.2.01

**Özet:** Ağ dalyan balıkçılığı (sabit tuzak), Kuzey Ege Denizi'nde (Türkiye) Saros Körfezi'nin kıyı sularında geleneksel olarak yapılmaktadır. Bu balıkçılık sistemleri kumlu çamurlu zeminler ile siğ deniz alanlarında balık yakalamak için kurulan pasif av araçlarıdır. 2010–2012 yılları arasında ağ dalyanları için balıkçılık sezonu olan Nisan–Ağustos dönemlerinde dört farklı ağ dalyanından avlanan balık türleri üzerinde çalışılmıştır. Araştırma bölgelerinden toplam 22 familyaya ait 37 balık türü yakalanmıştır. Baskın olan familyalar Clupeidae (%45,65), Carangidae (%16,51) ve Sparidae (%13,24) olup, *Sardina pilchardus* (%27,18), *Sardinella aurita* (%18,47) ve *Trachurus mediterraneus* (%16,42) adlı türlerin toplam av miktarı yakalanan tüm bireylerin %62,07 sini oluşturmaktadır. Tüm dalyanlarda, tür çeşitliliği (H'log2) ve eşitlik indeksi (J') indeks değerleri sırasıyla 0 – 1,566 ve 0 – 0,999 arasında değişmektedir. Bu çalışma ile; ağ dalyan balıkçılığının genel durumu irdelenmiş ve bu dalyanlarda avlanan balıkların bolluğu ve çeşitliliği hakkında bilgiler elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Ağ dalyan balıkçılığı, Av kompozisyonu, Tür çeşitliliği, Saros Körfezi, Kuzey Ege Denizi

**Abstract:** Set net (fixed stake trap) fisheries are performed according to traditional methods in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea (Turkey). These fisheries systems are the gear which is passively constructed for catching fish in shallow waters with sandy–muddy substrates. We studied the fish species caught by four set nets between April and August (set net fishing season) in 2010 – 2012. In total, 37 fish species belonging to 22 families were captured from the study areas. Clupeidae (45.65%), Carangidae (16.51%) and Sparidae (13.24%) were determined as dominant families, and the total catch amount of dominant species, *Sardina pilchardus* (27.18%), *Sardinella aurita* (18.47%) and *Trachurus mediterraneus* (16.42%), comprised 62.07% of the total catch. Species diversity (H'log2) and evenness (J') index values calculated for all set nets were 0 – 1.566 and 0 – 0.999, respectively. This study provides some general information about the status of set net fisheries as well as the diversity and abundance of the species caught from the set nets.

**Keywords:** Set net fisheries, catch composition, diversity, Saros Bay, North Aegean Sea

## INTRODUCTION

The set net (fixed stake trap) fishery is well known to be one of the oldest fishing methods in the world. Today, the set nets are used all over the world, particularly in the Far East (Japan, Taiwan etc.) (FAO, 2015). These fisheries systems are established with different sizes and types at certain times of the year (Deveciyan, 2011). In general, they consist of gear that is passively constructed for catching fish in shallow waters with sandy–muddy substrates. Setting up set nets in appropriate locations is also important in catching the fish that shoal in these set nets (Bök, 1991).

In different regions of the world, particularly in the Far

East, there have been several studies about diversity, catch composition and abundance so as to determine the potential catch of fixed stake trap fishing (Robertson and Duke, 1990; Liu et al., 1995; Chen et al., 1997; Jenq, 2004; 2010). However, relatively little is known regarding the status of set net fishing. Set net fisheries are used in the coastal areas of the Mediterranean Sea, Aegean Sea and Marmara Sea in Turkey. Along the coast of Saros Bay, these systems have been traditionally practised since the late 1970s. Set nets are constructed where the laws permit only these fishing operations in the region during the general fishing bans. Due to the high commercial value of the fish species, the set net fishery is one

of the most important coastal fisheries methods along the coast of Saros Bay. In this region, there are a total of 15 trap systems, and these have caught more than 100 tonnes of fish as the annual average (Anonyms, 2013). In the Çanakkale region (part of the Sea of Marmara and North Aegean Sea), the annual catch production was approximately 10.700 tonnes in 2011 (Anonyms, 2012). This comprises approximately 1% of the total caught fish.

Relatively little is known about set net fisheries in Saros Bay or in Turkey. This study aimed to determine the species diversity and the potential of set net fisheries in Saros Bay. Furthermore, the results will provide some information about sustainable coastal fisheries management, species diversity, catch composition, and the status of set net fishing in these regions.

## MATERIAL AND METHOD

### Set Net Catch Sampling and Collection of Data

Each set net was regularly visited between April and August (the set net fishing season) in the years 2010–2012 in four locations along the coastal waters of Saros Bay in the North Aegean Sea (Turkey) (Figure 1).

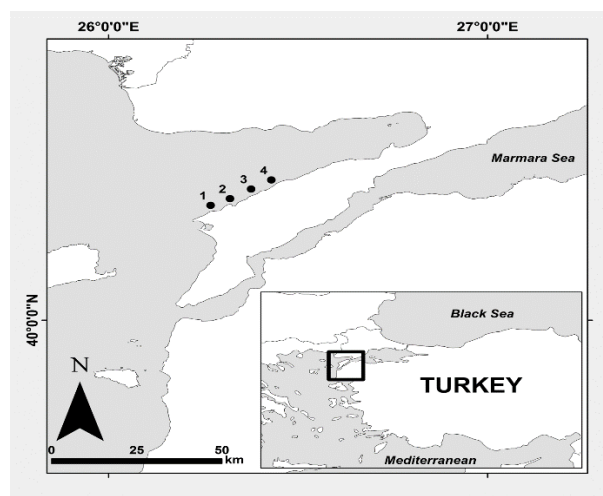


Figure 1. Sampling locations (1: M, 2: EL, 3: KL, 4: ML)

In general, fishing activity occurs from April to August (out of the normal fishing season) in Saros Bay. The mesh size and location of the set nets are listed in Table 1. We recorded the fish caught in one day, twice a week for each set net in the years 2010–2012. In addition, the set net catches were collected from fishermen's logbooks of catch data obtained by weight.

Table 1. Set net location, depth and mesh size used in the study

Location	Area	Coordinates	Depth (m)	Mesh size (mm)
Saros Bay	Mersinlik (M)	40° 21' 09"N – 26° 17' 36"E	10 – 30	10.5
		40° 21' 11"N – 26° 17' 40"E		
		40° 21' 11"N – 26° 17' 39"E		
		40° 21' 10"N – 26° 17' 36"E		
Saros Bay	Ece Limanı (EL)	40° 22' 04"N – 26° 19' 27"E	15 – 30	10.5
		40° 22' 07"N – 26° 19' 27"E		
		40° 22' 04"N – 26° 19' 26"E		
		40° 22' 07"N – 26° 19' 26"E		
Saros Bay	Koyun Limanı (KL)	40° 23' 11"N – 26° 21' 43"E	10 – 25	10.5
		40° 23' 13"N – 26° 21' 46"E		
		40° 23' 13"N – 26° 21' 46"E		
		40° 23' 10"N – 26° 21' 44"E		
Saros Bay	Manda Limanı (ML)	40° 24' 00"N – 26° 23' 09"E	10 – 30	10.5
		40° 24' 01"N – 26° 23' 12"E		
		40° 24' 01"N – 26° 23' 13"E		
		40° 23' 59"N – 26° 23' 09"E		

### Gear Description

Each fisheries system was constructed over a surface area of approximately 0.5 hectares (70 m width and 70–80 m length) at depths of up to 20–30 m, perpendicular to the shore in Saros Bay (North Aegean Sea). The set net was located just above

the average low tide line and consisted of a leader net, an entrance, a slope, a bag net and a final trap and all of them supported by galvanised pipe poles (Figure 2). At each location, the mesh size of all parts of the set nets was usually

constructed of 10.5 mm mesh. Four fishermen recovered the fish caught in the set net by removing the net in both final traps

(168 m<sup>2</sup>). Set nets were checked twice daily (at sunrise and sunset) and usually cleared only during low tide.

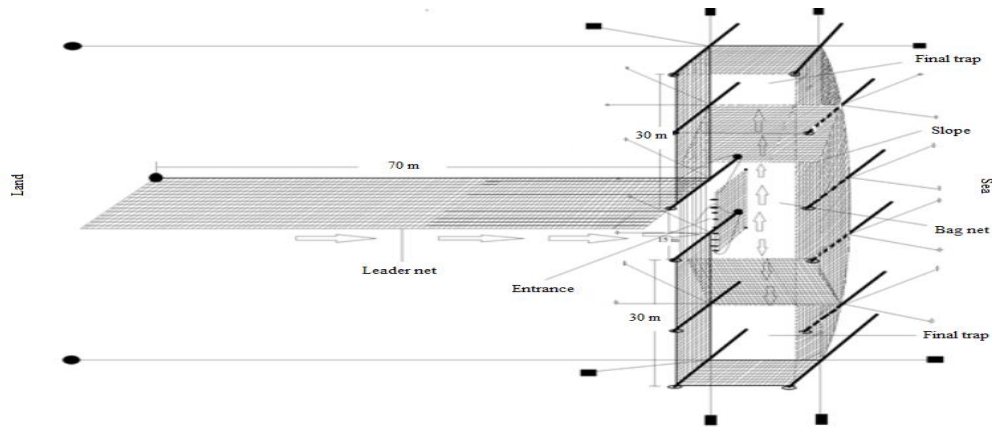


Figure 2. Illustration of a typical set net in Saros Bay

### Catch Composition and Diversity

To evaluate spatial variation in the productivity of the set net fishery, CPUE of monthly dominant species was used in the study. The CPUE of a set net was calculated by dividing the total catch by the number of fishing days within the set net. CPUE values are given with standard error values.

$$CPUE_i = \frac{Catch_i}{Fishing\ days_i}$$

where  $Catch_i$  is the sum of the catch within a set net and  $Fishing\ days_i$  is the sum of the fishing days in the set net. The differences between the total catch composition and CPUE were identified using Student t tests (Zar, 1984). Significant differences were considered for  $P < 0.05$ .

The Bray–Curtis similarity index was used to evaluate the similarities in the relationships between set nets. In this study, for each set net and month resulting from clustering, species diversity was estimated using the Shannon–Weaver diversity index ( $H'_{log2}$ ) and Pielou's evenness index ( $J'$ ) from the mean biomass. Multivariate analyses were conducted using PRIMER v6.0 (Clarke and Warwick, 2001). Differences between months in species richness according to years were tested with a one-way ANOVA.

## RESULTS

### Catch Composition

Total variation among the fish caught from four locations during the set net fishing season (April – August) from 2010 to 2012 is shown in Table 2. The highest value was 30,258 kg/year in 2012 and the lowest was 4,558 kg/year in 2010, with an average of approximately 19,840 kg/year. The captures for each set net show variation. The highest amount was caught in 2010 at ML (3,070 kg/year), in 2011 at M (12,843 kg/year) and

in 2012 at EL (14,453 kg/year). The most fish were captured from the set net in EL (average 7,246 kg/year).

Table 3 lists the total abundance of five fish species most caught as mean CPUE in kilograms per day, for four locations between April and August. We determined the highest CPUE value in 2010 at ML (*Sardina pilchardus*; average  $6.47 \pm 0.16$  kg/day), in 2011 at M (*Sardinella aurita*; average  $12.47 \pm 1.19$  kg/day) and in 2012 at EL (*Trachurus mediterraneus*; average  $10.75 \pm 0.48$  kg/day). The species bogue (*Boops boops*) was captured from all set nets in every year. In addition, the t-test results revealed no significant differences in the mean biomass between the total catch composition and CPUE for five fish species in all set nets ( $P < 0.05$ ).

### Diversity

A total of 39 fish species, representing 23 families, were captured from four set nets (Table 2). The maximum average number of fish species captured was 22 in 2012 and the minimum average number was 14 in 2010. Of the fishes caught from the four set nets, approximately 89% comprise six fish species, including sardine (*S. pilchardus*, 27.18%); round sardinella (*S. aurita*, 18.47%); mackerel (*T. mediterraneus*, 16.42%); bogue (*B. boops*, 12.30%); picarel (*Spicara smaris*, 10.21%) and yellowstripe barracuda (*Sphyraena chrysotaenia*, 4.37%) (Table 2). The total annual catch of these six most prevalent species was determined as stable every year. However, in 2010, sardine (*S. pilchardus*) was observed as unstable with catches from only the set net in ML. Approximately 99% of fishes caught in the study were pelagic species. The same captured species (*S. pilchardus*, *S. aurita* and *T. mediterraneus*) dominated in four different set nets. The highest average species diversity was obtained from set nets at ML (16) in 2010, M (24) in 2011 and EL (24) in 2012 (Table 2).



**Table 2.** The distribution of total weight (kg) of fish species caught from four set nets by year (2010 – 2012).

Family	Species	2010				2011				2012				%
		EL	KL	ML	M	EL	KL	ML	M	EL	KL	ML	M	
Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	-	-	1,980	-	-	12	3,108	3,132	3,120	684	3,012	1,128	27,18
	<i>Sardinella aurita</i>	180	84	276	216	936	110	12	3,816	3,216	638	-	1,512	18,47
Carangidae	<i>Trachurus mediterraneus</i>	-	44	84	108	1,152	12	84	708	3,288	1,332	-	2,964	16,42
	<i>Licia amia</i>	-	-	14	-	2	-	-	40	-	-	-	-	0,09
Belonidae	<i>Belone belone</i>	12	12	72	48	72	-	228	204	876	72	516	228	3,93
Sphyraenidae	<i>Sphyraena chrysotaenia</i>	84	24	324	96	264	-	72	573	348	72	60	684	4,37
Centracanthidae	<i>Spicara smaris</i>	27	120	60	60	2,340	48	432	1,716	696	228	-	348	10,21
	<i>Spicara maena</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	-	0,01
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	24	12	-	-	168	-	360	768	228	-	-	168	2,90
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	14	1	-	-	0,03
Loliginidae	<i>Loligo vulgaris</i>	1	1	20	2	24	-	7	54	38	21	24	17	0,35
Scombridae	<i>Scomber japonicus</i>	-	-	24	-	48	12	24	240	156	12	120	180	1,37
	<i>Scomber scombrus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	6	4	-	24	0,06
	<i>Sarda sarda</i>	2	11	4	-	3	-	6	129	32	-	-	22	0,35
Pomatomidae	<i>Pomatomus saltatrix</i>	-	-	15	17	-	16	25	51	31	10	16	29	0,35
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	-	4	12	9	9	1	12	33	-	-	2	3	0,14
	<i>Diplodus annularis</i>	1	-	-	1	7	-	-	1	13	1	1	-	0,04
	<i>Diplodus sargus sargus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	0,003
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	0,007
	<i>Oblada melanura</i>	2	1	2	7	1	-	-	25	90	7	11	27	0,29
Sparidae	<i>Pagellus bogaraveo</i>	-	-	-	-	-	-	-	10	82	30	1	1	0,21
	<i>Pagellus acerna</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	0,003
	<i>Sarpa salpa</i>	12	-	-	-	-	-	-	48	48	12	-	2	0,20
Sparidae	<i>Boops boops</i>	84	48	180	120	1,812	35	96	1,272	2,160	612	432	468	12,30
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	1	-	-	-	1	-	3	-	4	1	3	6	0,03
	<i>Sparus auratus</i>	-	-	-	-	1	-	-	2	1	-	1	-	0,008
	<i>Dentex dentex</i>	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	0,005
	<i>Merluccius merluccius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	0,003
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	1	-	2	1	2	-	-	2	-	-	-	2	0,017
Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	-	-	-	-	-	-	288	-	-	-	36	1	0,55
Scorpaenidae	<i>Scorpaena scrofa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	2	0,008
Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	0,003
Ommastrephidae	<i>Todarodes sagittatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	0,003
Mullidae	<i>Mullus surmelatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	0,003
	<i>Mullus barbatus</i>	-	1	1	1	2	-	2	5	-	-	-	-	0,02
Holocentridae	<i>Sargocentrum rubrum</i>	-	-	-	-	-	0,008	-	-	-	-	-	-	-
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	1	-	-	7	3	-	1	1	-	-	-	-	0,02
Sciaenidae	<i>Corvina umbra</i>	-	-	-	-	6	-	-	11	-	-	-	-	0,029
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i>	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	0,003
<b>TOTAL</b>		432	362	3,070	694	6,854	248	4,760	12,843	14,453	3,749	4,239	7,817	59,521



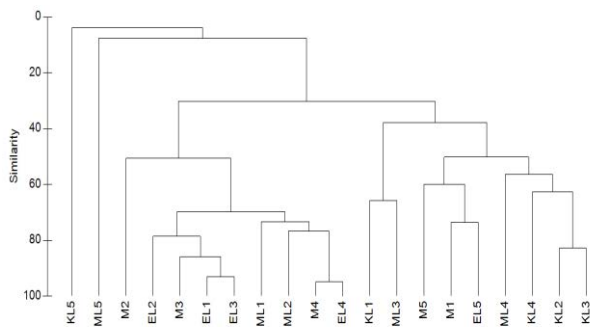
**Table 3.** The distribution of CPUE values (kg/day) of the five most frequently caught fish species from four set nets by year (2010 – 2012).

Species	2010				2011				2012			
	EL	KL	ML	M	EL	KL	ML	M	EL	KL	ML	M
<i>S. pilchardus</i>	-	-	6,47	-	-	0,04	10,16	10,24	10,20	2,24	9,84	3,69
<i>S. aurita</i>	0,59	0,27	0,90	0,71	3,06	0,36	0,04	12,47	10,51	2,08	-	4,94
<i>T. mediterraneus</i>	-	0,14	0,27	0,35	3,76	0,04	0,27	2,31	10,75	4,35	-	9,69
<i>S. smaris</i>	0,09	0,39	0,20	0,20	7,65	0,16	1,41	5,61	2,27	0,75	-	1,14
<i>B. boops</i>	0,27	0,16	0,59	0,39	5,92	0,11	0,31	4,16	7,39	2,0	1,41	1,53

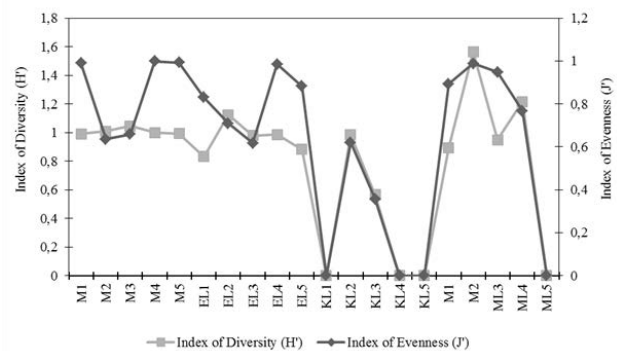
In this study, we observed an increase in species diversity from 2010 to 2012. Species diversity was found to be high in May every year. In April of 2010 the average minimum diversity caught was 9. The maximum diversity (28) was observed in May of 2012 and an average of 20 species were caught and in all locations. There were no significant differences ( $P < 0.05$ ) between monthly species richness according to years [F test (4, 10) = 2.227,  $P = 0.139$ ].

The Bray–Curtis similarity index was used to allow better visualisation of month-to-month similarity in set nets in the fishing season (April–August) (Figure 3). The dendrogram clusters the most similar samples and separates the most dissimilar samples. Those set nets that are clustered lower on

the dendrogram are most similar (i.e. EL1, EL3, M4, EL4). Fishes caught in August from the KL and ML set nets appeared as different groups in the analysis. These results indicate an overall similarity of approximately 37%, apart from the KL5 and ML5 set nets (Figure 3). The highest species diversity ( $H'$ ) and evenness index ( $J'$ ) values were observed in May (1.566, ML) and July (0.999, M), respectively. The lowest species diversity ( $H'$ ) and evenness index ( $J'$ ) values were observed as zero in April, July and August (KL) and August (ML). The species diversity ( $H'$ ) and evenness index ( $J'$ ) values of group 1 (KL5) and group 2 (ML5) significantly differed from those of group 3 (M2, EL2, M3, EL1, EL3, ML1, ML2, M4, EL4) and group 4 (KL1, ML3, M5, M1, EL5, ML4, KL4, KL2, KL3) ( $P < 0.01$ ) (Figure 4).



**Figure 3.** Bray–Curtis similarity dendrogram of fish species caught the set nets



**Figure 4.** Variations in  $H'_{log2}$  and  $J'$  of the catch in the set nets

## DISCUSSION

The set net trap is one of the most important fishing methods used in coastal fisheries of Saros Bay. Species migrating along the coastal areas of Saros Bay and utilising them for feeding, nursing and spawning grounds are caught by the set nets. In this study, 39 species, representing 23 families, were captured by the set nets at four locations. There is an abundance of commercial pelagic species such as

Scombridae, Carangidae, Istiophoridae, Belonidae, Coryphaenidae, Clupeidae and Molidae in the coastal waters of Saros Bay (İşmen et al., 2007). In China, 126 species were identified in the samples, including 102 fish species, 17 crustaceans, five Cephalopoda and two Medusa species, caught from set nets in the Yellow and Bohai Seas (Chen et al. 1997). Abou-Seedo (1992) reported the capture of a total of 76 species, representing 36 families, using a hadrah (fixed stake trap) in Kuwait Bay. Twenty-six dominant catch species,

including nine Scombridae, four Carangidae and 13 other families, have been determined from set nets along the eastern coast of Taiwan (Jenq, 2010).

In this study, species diversity ( $H'_{log2}$ ) and evenness index ( $J'$ ) values calculated for all set nets were 0 – 1.566 and 0 – 0.999, respectively. A study conducted using a set net along the eastern coast of Taiwan determined species diversity and evenness indices of 1.16 – 1.63 ( $H'$ ) and 1.20 – 1.63 ( $J'$ ), respectively (Jenq, 2010). According to our species diversity ( $H'_{log2}$ ) analysis, the average value at M was higher than that of the other set nets (April–August, the set net fishing season) and the value at ML was highest in May (1.566). The annual capture and abundance of species with set nets are almost affected by year. In Saros Bay, catches were at their lowest in 2010, whereas the record annual catches at the set nets fishing ground were at their highest in 2012. Although the set nets on the fishing grounds (M, EL, KL and ML) were identical along the coast of Saros Bay, the abundant fishing periods differed owing to the different locations of fishing sites. In addition, further studies on the differences in marine environmental factors or marine conditions affecting variances in fishing conditions among these set net fishing sites are required. In particular, in 2010, we observed mucilage resulting from a pollution source in the Sea of Marmara, along with the North Aegean Sea and

Saros Bay. The gelatinous algae secretions (mucilage) entered the nutrition competition and excessively increased phytoplankton composition in the sea (Tüfekçi et al., 2010). It is believed that this was the main cause of the decrease in species diversity and productivity of set nets in 2010. Tokaç et al., 1991 studied on the using of modern set net (Japanese type) in Turkish Seas and reported that demersal, semi-pelagic and pelagic species are caught together by this type of the set nets. It has also been reported that the important part of the catch is composed of red mullet, horse mackerel, boce, sole and especially shrimp.

The present study aims to determine the general status of set net fishing carried out in the coastal line of Saros Bay in the North Aegean Sea. To achieve this goal, catch composition, species diversity and abundance were investigated for the set net fishing method. In addition, the findings obtained from this research will aid in facilitating the development of conservation and sustainable fishing policies for set net fishing in Saros Bay.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank to Ali Yıldırım, A. Kadri Varlık and Necmi Pamukçu for their kindly help in the field work.

#### REFERENCES

- Anonyms, 2012. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Çanakkale Provincial Directorate Statistics, Çanakkale, Turkey.
- Anonyms, 2013. Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Çanakkale Provincial Directorate Statistics, Çanakkale, Turkey.
- Abou-Seedo, F.S., 1992. The abundance of fish caught by stake-traps (hadrah) in the intertidal zone in Doha, Kuwait Bay. *J. Univ. Kuwait-Sci.* 19(1), 91–99.
- Bök, T., 1991. Beykoz Dalyanı'nın işleyişi ve avcılığı üzerine araştırmalar. İstanbul Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. (3), 61.
- Chen, D., Liu, Q., Zeng, X., Su, Z., 1997. Catch composition and seasonal variation of set-net fisheries in the Yellow and Bohai Sea. *Fisheries Research*, 32, 61-68. doi: [10.1016/S0165-7836\(97\)00043-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(97)00043-X)
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, second ed., PRIMER-E: Plymouth.
- Deveciyan, K., 2011. Türkiye'de Balık ve Balıkçılık. Aras Yayıncılık, İstanbul, 2011.
- FAO, 2015. <http://www.fao.org/fishery/geartype/219/en>
- İşmen, A., Özen, O., Altınağaç, U., Özekinci, U., Ayaz, A., 2007. Weight–length relationships of 63 fish species in Saros Bay, Turkey. *J. Appl. Ichthyol.* 23, 707–708. doi: [10.1111/j.1439-0426.2007.00872.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2007.00872.x)
- Jenq, H.Y., 2004. Bycatch and discard of set-net fisheries in Taiwan. *FRI Special Publication*, 5, 139-146.
- Jenq, H.Y., 2010. Studies on the variation of fishing condition at Chiafong set-net fishing company. *Bulletin of National Kaohsiung Marine University*, 24, 43-66.
- Liu, C.C., Jiang, J.J., Jenq, H.Y., Ou, H.C., 1995. Studies of species composition and secular fluctuations of catch by set-net on the Shih-Yu-Shan fishing ground. *China fisheries (monthly)*, 514, 17-37.
- Robertson, A.L., Duke, N.C., 1990. Mangrove fish communities in tropical Queensland, Australia: spatial and temporal. *Marine Biology*, 104:369-379. doi: [10.1007/BF01314339](https://doi.org/10.1007/BF01314339)
- Tokaç, A., Gurbet, R., Alpbaz, A. 1991. Modern ağ dalyanların Türkiye'de uygulanabilirliği üzerine bir ön çalışma. *Ege J. Fish Aqua Sci.* Cilt:8 Sayı:29-30, Bornova İzmir.
- Tüfekçi, V., Balkıs, N., Beken, P.Ç., Ediger, D., Mantıkçı, M., 2010. Phytoplankton composition and environmental conditions of a mucilage event in the Sea of Marmara. *Turkish Journal of Zoology*, 34, 199–210. doi: [10.3906/biy-0812-1](https://doi.org/10.3906/biy-0812-1)
- Zar, J.H., 1984. Biostatistical Analysis. 2nd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.

## Gonad and gut indices of European Sea Urchin (*Paracentrotus lividus*, L, 1816) in Çesme Bay of Eastern Aegean Sea

### Çeşme Körfezi'ndeki (Doğu Ege Denizi) Avrupa Deniz Kestanesi'nin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816) gonad ve mide indeksleri

Aysun Küçükdermenci<sup>1\*</sup> • Aynur Lök<sup>1</sup> • Serpil Serdar<sup>1</sup> • Sefa Acarlı<sup>2</sup> • Deniz Acarlı<sup>2</sup> • Harun Yıldız<sup>2</sup> • Selçuk Yiğitkurt<sup>1</sup> • Ali Kırtık<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege University, Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, İzmir, Turkey

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart University, Marine Science and Technology Faculty, 17100, Çanakkale, Turkey

\*Corresponding Author: [aysun.kose@ege.edu.tr](mailto:aysun.kose@ege.edu.tr)

#### How to cite this paper:

Küçükdermenci, A., Lök, A., Serdar, S., Acarlı, S., Acarlı, D., Yıldız, H., Yiğitkurt, S., Kırtık, A., 2015. Gonad and gut indices of European Sea Urchin (*Paracentrotus lividus*, L, 1816) in Çesme Bay of Eastern Aegean Sea. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 59-63. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.2.02

**Özet:** Bu çalışmanın amacı Ege Denizi kıyılarında bulunan *Paracentrotus lividus* populasyonunun mide ve gonad verimini belirlemek ve gonad indeks değişimi üzerine çevresel koşulların etkisini değerlendirmektir. Bunu gerçekleştirmek için, oniki ay boyunca örnekler toplandı ve biyometrik ölçümler yapıldı. Kasım ve Mayıs ayları arasında su sıcaklığı çok fazla değişmemesine rağmen yaş gonad indeksi en soğuk aylardan biri olan Nisan ayında (14°C) pik (6.22±0.56 %) yaptı. Bu çalışmada, su sıcaklığının düşmesi gonad üretimini etkilediği fakat gonadı etkileyenin sadece sıcaklık olmadığı çünkü diğer soğuk aylar boyunca gonad indeksinin yüksek olmadığı belirlendi. Mide indeksi (GII) Ocak (% 6.31±0.71) ve Mayıs (% 6.07±0.70) ayları arasında daha yüksekti. Bu çalışmada mide indeksi ilkbaharda sonbahara göre daha yüksekti.

**Anahtar kelimeler:** *Paracentrotus lividus*, gonad, mide, sıcaklık, besin

**Abstract:** The objective of present study is to determine the gut and gonad yield of *Paracentrotus lividus* populations occurring along Aegean Sea coastline and to evaluate of the environmental conditions on the gonad indices variability. To achieve this, samples were gathered during twelve months and biometric measurements were done. The wet gonad index peaked (6.22±0.56 %) in one (April-14°C) of the coldest months (between November-May) even though water temperature was not change so much between November and May. It is determined that decreasing temperature affected gonad production but temperature is not only one factor effecting of gonad because of gonad indices were not high during the other cold months (between November-May) in this study. The higher gut index (GII) values were observed between January (6.31±0.71 %) and May (6.07±0.70 %). The gut index was higher in spring than in fall in this study.

**Keywords:** *Paracentrotus lividus*, gonad, gut, temperature, food

## INTRODUCTION

Physiological indices such as those defining the condition of the gonad and gut can be used to demonstrate nutritional situation and habitat quality (Murillo-Navarro and Jimenez-Guirado, 2012). The abiotic factors and the physiological indices all have an annual cycle and thus, they are all correlated naturally. Since the biomass of algal populations which diets of echinoderms fluctuates throughout the year, the availability of food resources for sea urchins is not completely consistent (Murillo-Navarro and Jimenez-Guirado, 2012). Therefore body indices can be differentiated through the year. Ebert (1988) suggest that as sea urchin grow, lantern, the body wall, and gut assume relatively smaller fractions of total wet weight whereas the coelomic fluid and gonad composite become relatively

larger. The variability in gonad condition has been described by different authors. Byrne (1990) indicated the gonad growth occurs during the coldest part of the year, coinciding with months with shorter days in Ireland. In the Mediterranean Sea, Lozano et al. (1995) concluded that the maturation of the gonads occurs during the winter and the main spawning during the spring or early summer, suggesting that the abundance of phytoplankton has an impact on the start of lay. Gonad quality is important for gonad yield in the commercial roe industry (Lozano et al., 1995). Gonad colour affects the gonad quality. Because the price of sea urchin roe is influenced by colour, texture, and taste. The gonad colour can range from a blond yellow to a dark orange or almost red depending on the local

market preferences. Dark brown or pale coloured gonads are not as covetable to the market.

The gut has a role in storing nutrients for transfer to the gonads for gametogenic objectives. The food consumption of the sea urchin impacts the yield of the gut (Lawrence et al., 1965). In general, sea urchin roe production was highest on the most preferred algal foods, usually kelps. On barren grounds, urchins produce significantly more roe in areas dominated by macrophytes than conspecifics (Vadas, 1977).

The request for high quality sea urchin roe has led to an extensive exploitation of sea urchin populations all over the world during the last three decades (Keesing, 1998; Andrew et al., 2002). In Turkey the situation is different because the sea urchin *P. lividus* roe has not known so much on the domestic market and there have been a number of attempts to export urchin roe to overseas markets such as Japan, but only a small amount has been exported. Fishing and aquaculture in Turkey require significant knowledge and resources about sea urchins because of the variable quality and wide distribution of animals that have good quality. The main objective of the present investigation was to study a sea urchin population from the shoreline near the city of Izmir (Aegean coast), in order to understand their state of gonad development throughout the year and temporal relationship (monthly) between the gonad and gut index.

## MATERIAL AND METHOD

Sea urchin individuals, *P. lividus*, were gathered between July 2003 to June 2004 from Çesme (038012°77'N; 026025°46'E), Izmir. On each sampling time, 60 specimens with test diameter were randomly collected by hand monthly at 0.5-1m depth. Sampled specimens were transported alive, in a container with seawater; they were processed immediately in Urla research laboratory. At the sampling site, the surface water temperature was measured with a mercury thermometer (ranged -10 to 100±0.5°C), salinity (‰) was determined with hand refractometer (NOW-Tokyo) every sampling time in Çesme.

The horizontal test diameter (perpendicular to the oral-aboral axes; with and without spines) of sea urchins were measured using sliding callipers (IP 66-Mitutoyo Absolute). After 5 min of drainage on a filter paper, each sea urchin was wet live weighted with 0.01g precision electronic laboratory scales (GE 412 Sartorius) and then sea urchins were dissected on peristomal membrane and gonad, gut were wet weighed. After weighing the gonad lops, gonad colour was determined by the same observer in natural daylight. Colour was assessed by ranking each gonad in categories from unacceptable to most desirable: dark orange (DO), bright orange (BO), yellow orange (YO) and mango orange (MO), respectively (Shpigel et al., 2005).

To eliminate differences due to smaller and bigger specimens, we considered to calculate the indices only specimens between 30-40 mm. In these samples, wet gonad index (WGI) and wet gut index were calculated as the ratio between the wet weight of the component (gonad or gut) and the total wet weight of the sea urchin expressed in mg:

WGI (%) = (Wet weight of gonad/Total wet weight of sea urchin)X100 (Agatsuma, 1998).

GII (%) = (Wet weight of gut / Total wet weight of sea urchin) X 100 (Guillou and Michel, 1994).

## Statistical Analysis

Results were expressed as the mean±standard error. The biometric measurements and the physiological indices were made of using by Microsoft Excel Program. Indices of the gonad were normalized using the arcsine transformation and then gonad subjected to analysis of variance (ANOVA) with time as factors and post-hoc LSD multiple mean comparison test were used with the software STATISTICA 7.1. All statistical significance tests were at the p<0.05 levels (Watts et al., 1998).

## RESULTS

At Çesme, mean size of *P. lividus* varied significantly over time (one-way ANOVA, p<0.05) and total sea urchin size frequency fluctuated from 10mm to 70mm. In size frequency figures, the test diameters of the total number echinoids samples; 40±10 mm test diameter individuals were usually obtained however in particular small numbers of sea urchins with test diameters of 70 mm were found in May 2004. Small urchins were the most abundant between February and July, especially in June, where a third of the total numbers were small. The size-frequency graphs illustrate a decrease at medium size (3 to 4cm in diameter) from February to June. There were temporal changes in the abundance of *P. lividus* with significantly more animals first month and after 9 month from the start of the study (Figure 1).

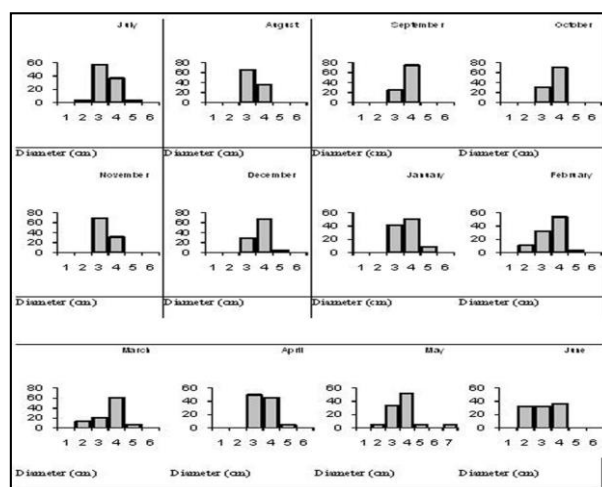
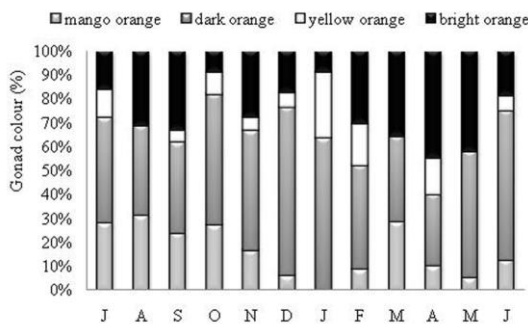


Figure 1. Size frequency of *P. lividus* in the sampling site

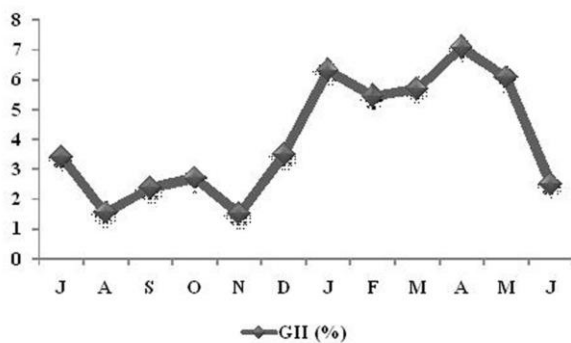


Monthly changes in the gonad colour of *P. lividus* are showed in Figure 2. Gonad colour ranged from dark orange (intermediate quality) to a mango-orange or bright orange (higher quality) throughout the year. Bright orange colour was observed through the year and it was maximum in April (45 %). Mango orange was maximum in August (31.25 %) and then a decrease was observed from October to February.



**Figure 2.** Histogram showing the changes in the gonad colour of *P. lividus*. Values are the percent of gonads in each colour category. Mango orange is most desirable; bright orange and yellow orange are acceptable; dark orange and pale yellow are unacceptable.

Over the period studied, there were significant differences between months in GII ( $p \leq 0.05$ ) % annual mean  $\pm$  se =  $4.00 \pm 0.57$ ). The lowest values occurred in late summer (August) and autumn (September, October, November) and then the increase was observed through the late winter and spring. The higher GII values were observed between January ( $6.31 \pm 0.71$  %) and May ( $6.07 \pm 0.70$  %) (Figure 4).

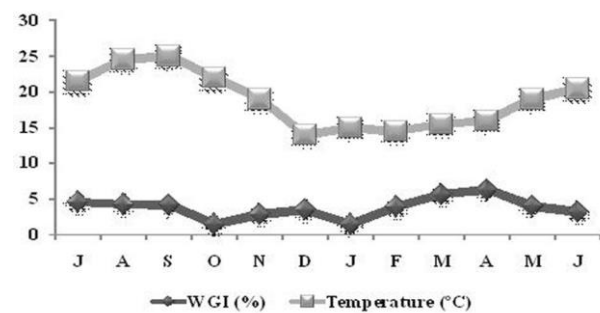


**Figure 4.** Monthly changes (mean  $\pm$  se) in the gut (GII) of the sea urchins

## DISCUSSION

Many processes such as competition, natural predation, recruitment, early mortality and food availability influence the size and viability of sea urchin populations (Jangoux, 1987; Turon, 1995; Sala and Zabala, 1996; Lopez et al., 1998). In shallow Mediterranean rocky reefs, intense exploitation

Figure 3 shows the mean annual changes in seawater temperature and wet gonad index (WGI) in the sampling site. The minimum WGI values were calculated in October ( $1.45 \pm 0.20$  %) and in January ( $1.46 \pm 0.35$  %). The WGI has one peak in April ( $6.22 \pm 0.56$  %). Although there is not significant relationship between WGI and temperature ( $r^2 = 0.06$ ) the lowest temperature values were obtained during December and April, coinciding with the highest GSI values.



**Figure 3.** The change of wet gonad index (WGI) and temperature

reduces the biomass and mean size of *P. lividus* (Guidetti et al., 2004). Conversely, accordingly to the results of this study, the mean size was not low because commercial sea urchin harvesting was not so much in this area. The size distributions suggest that the increase in *P. lividus* abundance in sand and boulder habitat at Cesme from February to July could be due to the February more recruitment episode whereas the later decrease until January was coupled to lower recruitment rates.

Gonad indices were changed according to regions and species, such as lower than 8 % (Spirlet et al., 1998) and 6-12 % (Spirlet et al., 2000) in France, 4.1-5.6 % for *P. lividus* in Algeria (Soualili and Guillou, 2009). According to our field observations, similar results (1.45 %-6.2 %) were obtained with others. Gonad yield varies with environmental conditions (Sanchez-Espana et al., 2004; Byrne, 1990) temperature (Spirlet et al., 2000), food availability (Senaratna et al., 2005) and photoperiod (Shpigel et al., 2005). Siikavuopio et al., (2006) stated that the adult green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) maximum gonad growth appeared to occur at a higher temperature (10°C, 12°C, 14°C) in summer than winter (4°C, 6°C, 8°C) in Norway. It has been demonstrated that *P. lividus* have a relationship between gonadal growth and decreasing temperature for both Mediterranean and Irish population and gonadal growth occurs during the coldest months in *P. lividus* in Ireland. (Byrne, 1990). Similarly, Crapp and Willis (1975) indicated that the gonad indices of *P. lividus* rose to peak values in late winter and late summer. In this study, gonad index peaked in one (April-14°C) of the coldest months (between November-May) even though

water temperature was not change so much between November and May. So we can say decreasing temperature affected gonad production but temperature is not only one factor effecting of gonad because the gonad indices were not high during the other cold months (between November-May).

In general, *P. lividus* species diets contained largely of seaweeds and food consumption affects the size of the gut (Lawrence et al., 1965). The gut index was higher in spring than in fall in this study (like as WGI). These differences are probably related to food availability and water content of gut. One possibility can be the lack of high quality algae in the subtidal during fall. Nutrients might be stocked in any one of the components of the sea urchin body, for example, the gonad, the gut, or body wall (Lawrence et al., 1965). Therefore food availability and quality affect gonad index and an increase in

nutrients even in winter months results increase in gonadal mass (Kelly and Cook, 2001). This probably occurs in this study because the increase of WGI during colder months (winter) was detected.

The sea urchin industry is based on the production of marketable gonads. Colour in sea urchin gonads is recognized as an important quality factor in marketability, with bright mango or yellow orange being the most desirable colour. In current study, the highest proportion of urchins exhibiting mango orange (the most desirable) gonad occurred during the second (2.) and seventh (7.) sampling dates (August and January) when are most suitable for market sea urchin gonads in west of Turkey. This intense gonad colouration can be attributed to high bioavailability of the algal pigments in Cesme sea urchin gonads.

## REFERENCES

- Agatsuma, Y., (1998). Aquaculture of the sea urchin (*Strongylocentrotus nudus*) transplanted from coralline flats in Hokkaido, Japan. *Journal of Shellfish Research* Vol. 17, No: 5, 1541-1547.
- Andrew, N.L., Agatsuma, Y., Ballesteros, E., Bazhin, A.G., Creaser, E.P., Barnes, D.K.A., Botsford, L.W., Bradbury, A., Campbell, A., Dixon, J.D., Einarsson, S., Gerring, P., Bebert, K., Hunter, M., Hur, S.B., Johnson, C.R., Juinio-Menez, M.A., Kalvass, P., Miller, R.J., Moreno, C.A., Palleiro, J.S., Rivas, D., Robinson, S.M.L., Schroeter, S.C., Steneck, R.S., Vadas, R.L., Woodby, D.A., Xiaoqi, Z., (2002). Status and management of world sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 40, 343-425.
- Byrne, M., (1990). Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*, 104: 275-289. doi: [10.1007/BF01313269](https://doi.org/10.1007/BF01313269)
- Crapp, G.B., Willis, M.E., (1975). Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) with notes on the reproductive cycle. *Journal of the Experimental Marine Biology and Ecology*, 20: 157-178. doi: [10.1016/0022-0981\(75\)90021-0](https://doi.org/10.1016/0022-0981(75)90021-0)
- Ebert, T.A., (1988). Allometry, design and constraint of body components and shape in sea urchins. *J. Nat Hist* 22: 1407-1425. doi: [10.1080/00222938800770841](https://doi.org/10.1080/00222938800770841)
- Guidetti, P., Terlizzi, A., Boero, F., (2004). Effects of the edible sea urchin, *Paracentrotus lividus*, fishery along the Apulian rocky coast (SE Italy, Mediterranean Sea). *Fisheries Research* 66, 287-297. doi: [10.1016/S0165-7836\(03\)00206-6](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00206-6)
- Guillou, M., Michel, C., (1994). The influence of environmental factors on the growth of *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea) *Journal of the Experimental Marine Biology and Ecology*, 178: 97-111. doi: [10.1016/0022-0981\(94\)90227-5](https://doi.org/10.1016/0022-0981(94)90227-5)
- Jangoux, M., (1987). Disease of Echinodermata. I. Agents microorganisms and protists *Dis. Aquat. Org.* 2, 147-162. doi: [10.3354/dao002147](https://doi.org/10.3354/dao002147)
- Keesing, J.K., Hall, K.C., (1998). Review of harvest and status of world sea urchin fisheries point to opportunities for aquaculture *J. Shellfish Res.* 17: 1505-1506.
- Kelly, M.S., Cook, E.J., (2001). The ecology of *Psammechinus miliaris*. Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. J. M. Lawrence, *Elsevier Science*: 217-224. doi: [10.1016/S0167-9309\(01\)80014-4](https://doi.org/10.1016/S0167-9309(01)80014-4)
- Lawrence, J.M., Lawrence, A.L., Holland, N.D., (1965). Annual cycle in the size of the gut of the purple sea urchin, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *Nature* 205: 1238-1239. doi: [10.1038/2051238a0](https://doi.org/10.1038/2051238a0)
- Lopez, S., Turon, X., Monterio, E., Palacin, C., Duarte, C.M., Tarjuelo, I., (1998). Larval abundance, recruitment and early mortality in *Paracentrotus lividus* (Echinoidea). Interannual variability and plankton-benthos coupling. *Mar Ecol Prog Ser* 172:239-251. doi: [10.3354/meps172239](https://doi.org/10.3354/meps172239)
- Lozano, J., Galero, J., Lopez, S., Turon, X., Polacin, C., Morera, G., (1995). Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122 197-191. doi: [10.3354/meps122179](https://doi.org/10.3354/meps122179)
- Murillo-Navarro, R., Jimenez-Guirado, D., (2012). Relationship between algal food and gut and gonad conditions in the Mediterranean sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lam.) *Mediterranean Marine Science* 13/2, 227-238. doi: [10.12681/mms.302](https://doi.org/10.12681/mms.302)
- Pearce, C.M., Daggett, T.L., Robinson, S.M.C., (2002). Effect of protein source ratio and protein concentration in prepared diets on gonad yield and quality of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* *Aquaculture* 214. 307-332. doi: [10.1016/S0044-8486\(02\)00041-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00041-8)
- Sala, E., Zabala, M., (1996). Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 140: 71-81. doi: [10.3354/meps140071](https://doi.org/10.3354/meps140071)
- Sanchez-Espana, A.I., Martín-Pita, I., Garcia, F.J., (2004). Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) from southern Spain. *Hydrobiologia*. Volume 519, Numbers 1-3. Pages: 61-72. doi: [10.1023/b:hydr.0000026485.40173.02](https://doi.org/10.1023/b:hydr.0000026485.40173.02)
- Senaratna, M., Evans, L.H., Southam, L., Tsvetnenko, E., (2005). Effect of different feed formulations on feed efficiency, gonad yield and gonad quality in the purple sea urchin *Heliocidaris erythrogramma*. Aquatic Science Research Unit, Muresk Institute, Curtin University of Technology, Perth, W. A., Australia. doi: [10.1111/j.1365-2095.2005.00340.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2005.00340.x)
- Shpigel, M., McBride, S.C., Marciano, S., Ron, S., Ben-Amotz, A., (2005). Improving gonad colour and somatic index in the European sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Aquaculture* 245: 101-109. doi: [10.1016/j.aquaculture.2004.11.043](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.11.043)
- Siikavuopio, S.I., Chritiansen, J.S., Dale, T., (2006). Effects of temperature and season on gonad growth and feed intake in the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*). Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research, N-9018, Tromsø, Norway.
- Soualili, D., Guillou, M., (2009). Variations in the reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Marine Biological Association of the United Kingdom*. Vol: 2.

- Spirlet, C., Grosjean, P., Jangoux, M., (1998). Reproductive cycle of echinoid *Paracentrotus lividus*: analysis by means of the maturity index. *Invertebrate Reproduction and Development*, 34:1-69-81 Daleban, Philadelphia.
- Spirlet, C., Grosjean, P., Jangoux, M., (2000). Optimization of gonad growth by manipulation of temperature and photoperiod in cultivated sea urchins, *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata). *Aquaculture*, 185: 85-99. doi: [10.1016/S0044-8486\(99\)00340-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00340-3)
- Vadas, R.L., (1977). Preferential feeding on optimization strategy in sea urchins. *Ecol. Monogr* 47:337-371. doi: [10.2307/1942173](https://doi.org/10.2307/1942173)
- Turon, X., Giribet, G., Lopez, S., Palacin, C., (1995). Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 122, 193-204. doi: [10.3354/meps122193](https://doi.org/10.3354/meps122193)
- Watts, S.A., Boettger, S.A., McClintock, J.B., Lawrence, J.M., (1998). Gonad production in the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Lamarck) fed prepared diets. *J. Shellfish Res.* 17: 1591-1595.





## Köprüçay Nehri (Antalya) Su Kalitesinin Epilitik Diyotomlarla Belirlenmesi

### Determination of Water Quality by Epilithic Diatome in Köprüçay River (Antalya)

Nezire Lerzan Çiçek\* • Ömer Osman Ertan

S.D.Ü Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, 32100, Isparta/Türkiye

\*Corresponding author: [lerzancek@sdu.edu.tr](mailto:lerzancek@sdu.edu.tr)

#### How to cite this paper:

Çiçek,N.L., Ertan, Ö.O., 2015. Determination of Water Quality by Epilithic Diatome in Köprüçay River (Antalya). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 65-78. doi: 10.12714/egejfas.2015.32.2.03

**Abstract:** Seasonal distribution and development of epilithic diatome and physicochemical features of stream have been investigated by monthly taken samples between February 2008-January 2009 from 7 station selected in Köprüçay River. The average values of physicochemical parameters have been determined; water temperature 13,94 oC, pH 8,09, conductivity 501,08 µS/cm, turbidity 26,95 NTU, bicarbonate (HCO-3) 197,99 mg/L, carbonat (CO-3) 5,74 mg/L, chloride (Cl-) 68,52 mg/L, ammonium nitrogen (NH4-N) 0,09 mg/L, nitrite nitrogen (NO-2-N) 0,005 mg/L, nitrate nitrogen (NO-3-N) 0,42 mg/L, phosphate phosphorus (PO4-3-P) 0,12 mg/L, dissolved oxygen 8,92 mg/L, organic matter 1,25 mg/L, biological oxygen demand (BOD5) 3,10 mg/L, total hardness 223,54 CaCO3 mg/L, sulphate (SO42-) 27,39 mg/L, calcium (Ca+2) 57,35 mg/L, magnesium (Mg+2) 19,93 mg/L, salinity 0,25 ppt. Total 119 taxa have been determined belong to Bacillariophyta as epilithic. In the benthic habitat, Navicula, Nitzschia, Cymbella, Gomphonema have had the highest number of taxa. Benthic species consistently observed in the stream have change according to seasonal but *Achnanthydium minutissimum*, *Cymbella affinis*, *Cocconeis placentula*, *Diatoma vulgare*, *Ulnaria ulna* had consistently observed. Water quality have been determined according to physicochemical values and algae and compared with each other. In the Köprüçay River for determined water quality according to algae have been applied Saprobi İndex (SI), Trophi Diatom İndex (TDI). 1th, 2th 3th, 4th, 5th, 6th stations were very little polluted organically, 7th station was little polluted organically. Physicochemical parameters have been evaluated according to the Klee (1991) methods, first 6 station was very little polluted organically according to physicochemical variation, 7th station was little polluted. Nitzschia has been taxa the most number of species. Frequency and dominance of epilithic algae growing in the stream have been investigated. Dominance taxa showed difference according to stations and month. Sørensen similarity index have been used in order to determine similarity between stations along the river. In the study area, while 3th and 4th sampling points have been areas the most similar to each other, 1th and 6th, 1th and 7th sampling points have been areas the less similar to each other.

**Keywords:** Diatome, Köprüçay river, Diatom Index, Water Quality

**Özet:** Şubat 2008-Ocak 2009 tarihleri arasında Köprüçay Nehri'nde seçilen 7 örnekerinden alınan aylık örneklerle akarsuyun fizikokimyasal özellikleri ile epilitik diyatomlarının mevsimsel dağılımları ve gelişimleri incelenmiş, fizikokimyasal veriler ile diyatomlar arasındaki ilişki belirlenmiştir. Fizikokimyasal parametrelerin ortalama değerleri; sıcaklık 13,94 oC, pH 8,09, E.C 501,08 µS/cm, bulanıklık 26,95 NTU, bikarbonat (HCO-3) 197,99 mg/L, karbonat (CO-3) 5,74 mg/L, klorür (Cl-) 68,52 mg/L, amonyum azotu (NH4-N) 0,09 mg/L, nitrit azotu (NO-2-N) 0,005 mg/L, nitrat azotu (NO-3-N) 0,42 mg/L, orta fosfat fosforu (PO4-3-P) 0,12 mg/L, çözünmüş oksijen 8,92 mg/L, organik madde 1,25 mg/L, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD5) 3,10 mg/L, toplam sertlik 223,54 CaCO3 mg/L, sülfat (SO42-) 27,39 mg/L, kalsiyum (Ca+2) 57,35 mg/L, magnezyum (Mg+2) 19,93 mg/L, tuzluluk 0,25ppt olarak tespit edilmiştir. Köprüçay Nehri'nde epilitik olarak Bacillariophyta'dan 119 takson saptanmıştır. Navicula, Nitzschia, Cymbella, Gomphonema en çok tür sayısına sahip takson olmuş, akarsuda sürekli gözlemlenen bentik türler örnekerleri ve mevsimlere göre farklılık göstermiş, ancak *Achnanthydium minutissimum*, *Cymbella affinis*, *Cocconeis placentula*, *Diatoma vulgare*, *Ulnaria ulna* sürekli olarak gözlenmiştir. Nitzschia en çok tür sayısı ile temsil edilen takson olmuştur. Fizikokimyasal değerlere ve algelere göre su kalitesi değerlendirilmesi yapılarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Köprüçay Nehri su kalitesinin diyatomelere göre belirlenmesi için Saprobi İndeksi (SI), Trophi Diatom İndeksi (TDI) kullanılmış, 1., 2., 3., 4., 5., ve 6. örnekerlerinin organik olarak az kirliliği, 7. örnekerinin ise organik olarak kirliliği belirlenmiştir. Fizikokimyasal değişkenler Klee (1991)'nin metoduna göre değerlendirilmiş, ilk altı örnekerinin organik olarak çok az kirliliği, 7. örnekerinin az kirliliği saptanmıştır. Akarsuda epilitik olarak gelişen algelerin baskınlıkları belirlenmiş, örnekerleri ve aylara göre baskın taksonlar değişiklik göstermiştir Akarsu boyunca örnekerleri arası benzerliğin saptanabilmesi için Sørensen benzerlik indeksi kullanılmış, çalışma alanında 3. ve 4. örnekeri birbirine en çok, 1. ve 6., 1. ve 7. örnekerleri en az benzer alanlar olmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Diyatome, Köprüçay Nehri, Diyatome indeksi, Su kalitesi

## GİRİŞ

Gelişen uygarlığın olumlu etkilerine karşın özellikle teknolojik gelişmeler çevre üzerinde olumsuzluklara neden

olmaktadır. Çevre kirliliği 20. yüzyılda insanlığın en önemli sorunu olmuştur (Palmer, 1980; Günööl ve Obalı, 1986). Hızla

artan dünya nüfusu, plansız kentleşme, endüstrileşme, savaşlar, nükleer denemeler, tarım ilaçları, yapay gübreler ve deterjanlar, kimyasal maddeler her geçen gün çevreyi kirletmektedir. Bunun sonucu olarak çok fazla kirlenen hava, su, toprak, canlıların yaşamını etkilemekte ve hastalıklara neden olan belli başlı tehlike kaynakları durumuna gelmektedir (Yaramaz, 1992). Su kaynakları kullanılabilirlik yönünden hem fizikokimyasal hem de canlı türlerine göre bazı kalite sınıflarına ayrılmıştır. Canlılar yaşadıkları ortamın değişimine oldukça duyarlıdır. Bu nedenle biyolojik yaklaşımlarla kimyasal değerlendirmelerin desteklenmesi gerekmektedir. Canlı türleri ortamdaki değişimlere farklı tepkiler göstermekte, bir kısmı değişime uyum sağlayamayarak yok olmakta, bir kısmı ise buldukları alanı terk etmektedir. Su kirliliği canlıları doğrudan etkilediği için kirliliğin belirlenmesi temelde biyolojik bir sorundur (Kazancı vd., 1997; Güler, 2003). Su kalitesinin biyolojik yönden sınıflandırılması ile ilgili çalışmalar her geçen gün daha çok önemsenmektedir. Son yıllarda yurt dışında su kalitesini biyolojik kriterlere göre belirleme çalışmaları güncellik kazanmış diatomelerin trofik durumun göstergesi olarak kullanılabilirliğini belirten çeşitli çalışmalar yapılmıştır. (Jüttner vd., 1996; Kelly 1998; Winter ve Duthe, 2000; Gómez ve Licursi, 2001; Elooranta ve Soininen 2002; Navarro vd., 2002; Lototskaya vd., 2011; Eassa vd., 2015). Ülkemizde de son yıllarda su kalitesinin biyolojik yönden belirlenmesine yönelik çalışmalar artış göstermiştir (Solak vd., 2007; Kalyoncu vd., 2009; Barlas vd., 2002; Gürbüz ve Kıvrak 2002; Solak 2011; Tokatlı 2012; Kıvrak vd., 2012; Tokatlı ve Dayioğlu 2014).

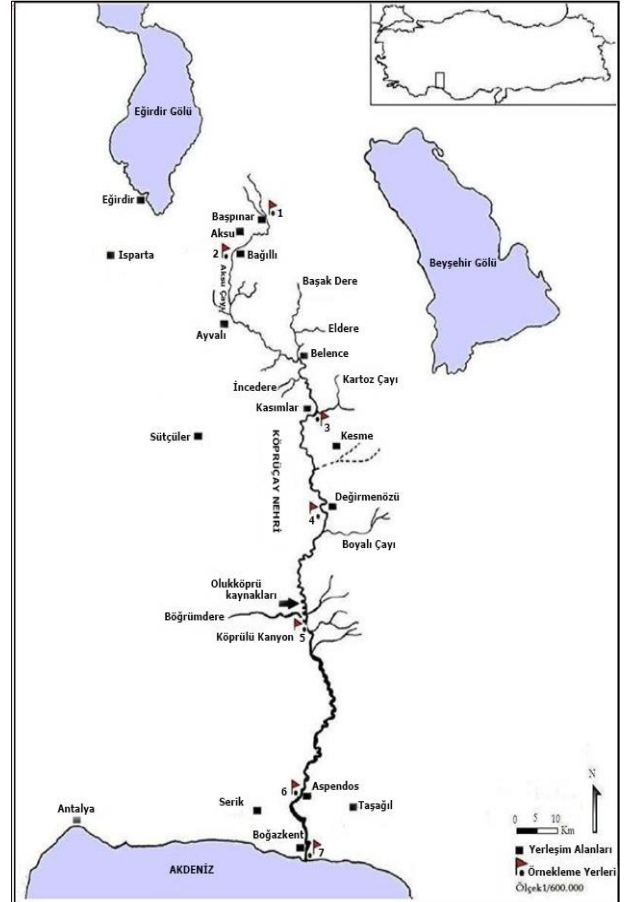
Algler yüzey sularında yoğun olarak bulunan yerleşik canlılardan biri olup birincil üretimden sorumludur. Bu bitkilerin çoğu su içerisindeki çeşitli materyallere (Taş, bitki, odun parçası, sediman vb.) tutunarak ve su sütununda asılı olarak gelişimlerini sürdürür. Sözü edilen canlılar su kirliliğinden çeşitli şekillerde etkilenmekte, bazıları kirlilik artışı ile tamamen ortadan kalkmakta, bazıları ise ortamda kalıp aşırı miktarda üreyerek ötrofik koşulların oluşmasına neden olmaktadır. Çeşitli araştırmacılar özellikle organik kirliliğin göstergesi olan türleri listelemiştir (Kolkwitz ve Marsson, 1902; Lange-Bertalot 1979; Sládeček, 1973). Diatomeler tatlısu, deniz ve acı sularda planktonik, epilitik, epipelik, epifitik olarak gelişebilen oldukça geniş bir dağılıma sahiptir (Palmer, 1980; Sládeček, 1986). Çevresel koşullarda meydana gelen değişimlere karşı özellikle suyun iyon içeriğine, pH değerine, organik madde ve nutrient miktarına karşı oldukça hassas olması, geniş bir coğrafik dağılım göstermesi, çoğu diyatome türünün ekolojilerinin çok iyi biliniyor olması, her türün farklı bir tolerans aralığı sahip olması sebebiyle, akarsu kirliliğinin göstergesi olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Round, 1993; McCormick ve Cairns, 1994; Kelly, 2000; Salomoni vd., 2006;

Potapova ve Charles, 2007).

Bu çalışmada araştırma alanı olarak seçilen Köprüçay Nehri, Akdeniz Bölgesi'nde 31-32 boylamları ile 37-38 enlemleri arasında yer alan, yan kollar hariç 156 km uzunluğunda, toplam havza alanı 2498 km<sup>2</sup> olan önemli su kaynaklarımızdan birisidir. Köprüçay Nehri'ni belirleyen Başpınar ve Değirmenözü Kaynakları ile Köprülü Kanyon Milli Park alanı içinde yer alan Olukköprü kaynakları bölgenin en önemli karst kaynakları arasındadır (Değirmenci, 1989; Küçük, 1997; Saplıoğlu ve Çimen, 2010). Çalışmamızda bu nehirdeki su kalitesinin fizikokimyasal ve biyolojik yönden saptanması; akarsu boyunca bulunan kirlilik kaynakları, bunların sisteme etkisi, Köprüçay Nehri suyunun değerlendirilmesi ve sistemdeki dengeyi sürmesi yönünde alınması gereken önlemler konusunda yararlı olabilecek bazı bulguların elde edilmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Seçilen 7 örnek yerinden (Şekil 1) Şubat 2008-Ocak 2009 tarihleri arasında aylık periyotlarda su ve epilitik alg örnekleri alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnek yerleri  
Figure 1. Research area and stations

Sıcaklık (0C) ve çözülmüş oksijen (mg/L) WTW Oxi 320 metre, elektriksel iletkenlik (25 0C  $\mu$ S/cm) ve tuzluluk (ppt) YSI 30 S-C-T metre, pH WTW 330-i pH metre ile araştırma alanında ölçülmüş, diğer analizler için su örnekleri 1 litrelik polietilen siyah renkli şişelerle yüzeyin hemen altından alınarak laboratuvara getirilmiştir. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ5 mg/L) WTW ONTOP IS 6 BOİ ölçüm seti kullanılarak su örneklerinin 20°C'de 5 gün süreyle etüvde (Nüve ES 500) bekletilerek, toplam sertlik (CaCO<sub>3</sub> mg/L) ve kalsiyum (Ca+2 mg/L) EDTA ile titre edilerek, magnezyum (Mg+2 mg/L) kalsiyum ve toplam sertlik sonuçlarından hesaplama yöntemiyle, klorür (Cl- mg/L) Mohr yöntemine göre AgNO<sub>3</sub> ile titre edilerek, sülfat (SO<sub>4</sub> 2- mg/L) Turbidimetrik yöntemle CECİL CE4003 marka spektrofotometreyle, bikarbonat (HCO<sub>3</sub>-) ve karbonat (CO<sub>3</sub>-) asitle titrasyonla, amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N mg/L), nitrat azotu (NO<sub>3</sub>-N mg/L), nitrit azotu (NO<sub>2</sub>-N mg/L), ortofosfat fosforu (PO<sub>4</sub>-3-P mg/L) Merk fotometrik test kiti kullanılarak NOVA 60 fotometreyle, bulanıklık (NTU) Turbiquant 1100-T ile laboratuvarında belirlenmiştir (APHA 2005, Baltacı 2000). Epilithik alg örnekleri taşlar üzerinden 25 cm<sup>2</sup>'lik alanı oluşturacak şekilde bir fırça yardımıyla fırçalanarak 250 ml'lik %4'lük formaldehit içeren örnek alma kaplarına alınıp laboratuvara getirilmiştir. Epilithik diyatomlar, eşit hacimde sülfirik asit ve nitrik asit karışımı ile kaynatılması ve asitin saf su ile yıkanarak giderilmesinin ardından entellan ile sürekli preparatları

yapılarak 10:100 büyütme Nikon marka mikroskopta incelenmiş ve her preparatta lamelin ortasından geçen düz hat üzerinde en az 200 diyatom kabuğu olacak şekilde sayılmıştır (Round, 1953). Epilithik diyatomların teşhisinde Hustedt, 1985; Krammer ve Lange-Bertalot 1986, 1988, 1991a, b yayınları kullanılmıştır. Teşhisi yapılan taksonların geçerlilik durumu www.algaebase.org veri tabanından kontrol edilmiştir (Guiry & Guiry, 2015). Fizikokimyasal veriler Klee (1991)'nin metoduna, biyolojik su kalitesi Rott vd., 1997, Saprobii İndeksi (SI), Coring vd., 1999, Trofi Diyatom İndeksi (TDI) Vogel, 2004'e göre belirlenmiştir. Sørensen Benzerlik indeksi MVSP 3.1 (Multi Variate Statistical Package) programı kullanılarak saptanmıştır.

## BULGULAR

Köprüçay Nehri epilithik diyatome florasında 119 takson tespit edilmiştir (Çiçek ve Ertan, 2012). Araştırma süresince Nitzschia cinsi en fazla türle temsil edilen takson olmuş bunu Navicula, Gomphonema ve Cymbella izlemiştir. *Diatoma vulgare*, *Meridion circulare*, *Ulnaria ulna* akarsu boyunca, *Achnanthis minutissimum*, *Cocconeis placentula*, *Cymbella affinis*, *Encyonema minutum*, *Gomphonema olivaceum* Altıncı örneklerinde, *Gomphonema parvulum* ve *Diatoma moniliformis* 5. örneklerinde sıklıkla saptanmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** İstasyonlarda tespit edilen diyatome taksonları ve % sıklık değerleri  
**Table 1.** The diatom taxa identified in stations and their frequency values %

	1. örn.	2. örn.	3. örn.	4. örn.	5. örn.	6. örn.	7. örn.
<b>BACILLARIOHYTA</b>							
<b>BACILLARIOPHYCEAE</b>							
<b>Mastogloiales</b>							
<i>Achnanthes exigua</i> Grunow	-	-	-	-	17	-	-
<b>Cocconeidales</b>							
<i>Achnanthis minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	80	92	92	91	100	75	83
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	10	8	-	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	40	100	58	91	100	100	83
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrenberg) Grunow	30	75	75	-	-	8	-
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson ex Kützing) Bukhtiyarova	40	8	-	9	25	-	-
<b>Bacillariales</b>							
<i>Denticula kuetzingii</i> Grunow	-	-	-	9	-	-	-
<i>Denticula</i> sp.	-	-	-	-	-	-	83
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	-	8	-	18	17	-	75
<i>Hantzschia virgata</i> (Roper) Grunow	-	-	-	-	-	-	8
<i>Nitzschia filiformis</i> (W. Smith) Hustedt	-	-	-	-	-	-	8
<i>Nitzschia fonticola</i> (Grunow) Grunow	-	-	-	-	75	-	-
<i>Nitzschia heufferiana</i> Grunow	-	-	-	-	8	-	-
<i>Nitzschia intermedia</i> Hantzsch	-	-	17	-	-	-	-
<i>Nitzschia levidensis</i> var. <i>salinarum</i> (Grun.) Krammer&Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	8
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	-	-	-	-	-	8	-
<i>Nitzschia linearis</i> var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow	-	-	8	-	-	-	-
<i>Nitzschia obtusa</i> W. Smith	-	-	-	-	-	-	17
<i>Nitzschia obtusa</i> var. <i>schweinfurthii</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	25
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	-	8	25	46	33	75	50
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	-	8	-	-	-	-	-
<i>Nitzschia sigma</i> (Kützing) W. Smith	-	-	-	-	-	-	17

Tablo 1 devamı.

Table 1 continued.

	1. örn.	2. örn.	3. örn.	4. örn.	5. örn.	6. örn.	7. örn.
<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch) W. Smith	-	-	8	27	8	75	25
<i>Nitzschia sublinearis</i> Hustedt	-	-	8	-	-	-	-
<i>Nitzschia</i> spp.	-	-	8	27	-	-	8
<i>Tryblionella granulata</i> (Grunow) D.G. Mann	-	-	-	-	-	-	50
<i>Tryblionella scalaris</i> (Ehrenberg) Silver & Hamilton	-	25	17	-	-	-	-
<b>Cymbellales</b>							
<i>Brebissinia lanceolata</i> (C. Agardh) Mahoney&Reimer	-	-	17	18	17	67	17
<i>Cymbopleura amphicephala</i> (Nägeli) Krammer	-	17	8	18	17	50	67
<i>Cymbopleura lata</i> (Grunow) Krammer	-	-	-	-	-	33	-
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	60	92	92	100	92	100	100
<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	-	8	-
<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	-	-	-	-	-	8	17
<i>Cymbella cymbiformis</i> C. Agardh	-	-	-	-	-	8	-
<i>Cymbella helvetica</i> Kützing	-	-	33	46	-	33	25
<i>Cymbella hustedtii</i> Krasske	-	-	8	-	-	-	-
<i>Cymbella neoleptoceros</i> Krammer	-	-	-	-	-	8	-
<i>Cymbella tumida</i> (Brébisson) van Heurck	-	-	33	36	-	50	33
<i>Encyonema caespitosum</i> Kützing	-	-	16,7	-	-	8,3	-
<i>Encyonema gracile</i> Rabenhorst	-	-	-	-	8	-	-
<i>Encyonema minutum</i> (Hilse) D. G. Mann	10	92	42	27	75	33	17
<i>Encyonema prostratum</i> (Berkeley) Kützing	-	-	17	-	8	42	8
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G. Mann	-	-	25	46	58	8	-
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	-	17	67	82	25	58	75
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	-	33	17	-	8	-	-
<i>Gomphonema affine</i> Kützing	-	-	33	27	-	33	17
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	20	-	-	-	25	-	-
<i>Gomphonema angustum</i> C. Agardh	20	8	42	36	8	42	25
<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg	-	-	17	-	-	-	-
<i>Gomphonema minutum</i> (C. Agardh) C. Agardh	30	33	17	9	8	8	-
<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson	30	50	33	46	33	92	58
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	60	92	25	46	92	58	33
<i>Gomphonema</i> sp.	-	8	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg	8	8	-	-	-	8	8
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	10	25	-	-	42	25	83
<b>Eunotiales</b>							
<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	8	-
<b>Naviculales</b>							
<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory de Saint Vincent) Cleve	-	-	-	-	-	-	8
<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	9	-	42	-
<i>Craticula accomoda</i> (Hustedt) D.G. Mann	50	-	-	-	-	-	25
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G. Mann	-	-	-	-	-	25	25
<i>Diploneis parma</i> Cleve	-	-	-	-	-	-	8
<i>Halamphora duseunii</i> (Brun) Levkov	-	-	-	-	-	-	17
<i>Halamphora normanii</i> (Rabenhorst) Levkov	-	-	-	-	-	-	17
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	-	50	-	-	-	-	58
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst	-	-	-	-	-	17	-
<i>Gyrosigma</i> spp.	-	-	33	-	-	58	33
<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G. Mann	-	-	-	-	-	-	8
<i>Luticola ventricosa</i> (Kützing) D.G. Mann	-	-	-	-	-	-	8
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	-	25	8	-	-	-	-
<i>Navicula angusta</i> Grunow	-	-	-	-	17	-	-
<i>Navicula capitatoradiata</i> Germain	-	67	58	55	17	67	17
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	-	-	-	-	58	100	58
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs	10	83	50	55	33	-	8
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	-	8,3	-	-	-	-	8
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	-	25	-	-	-	-	-

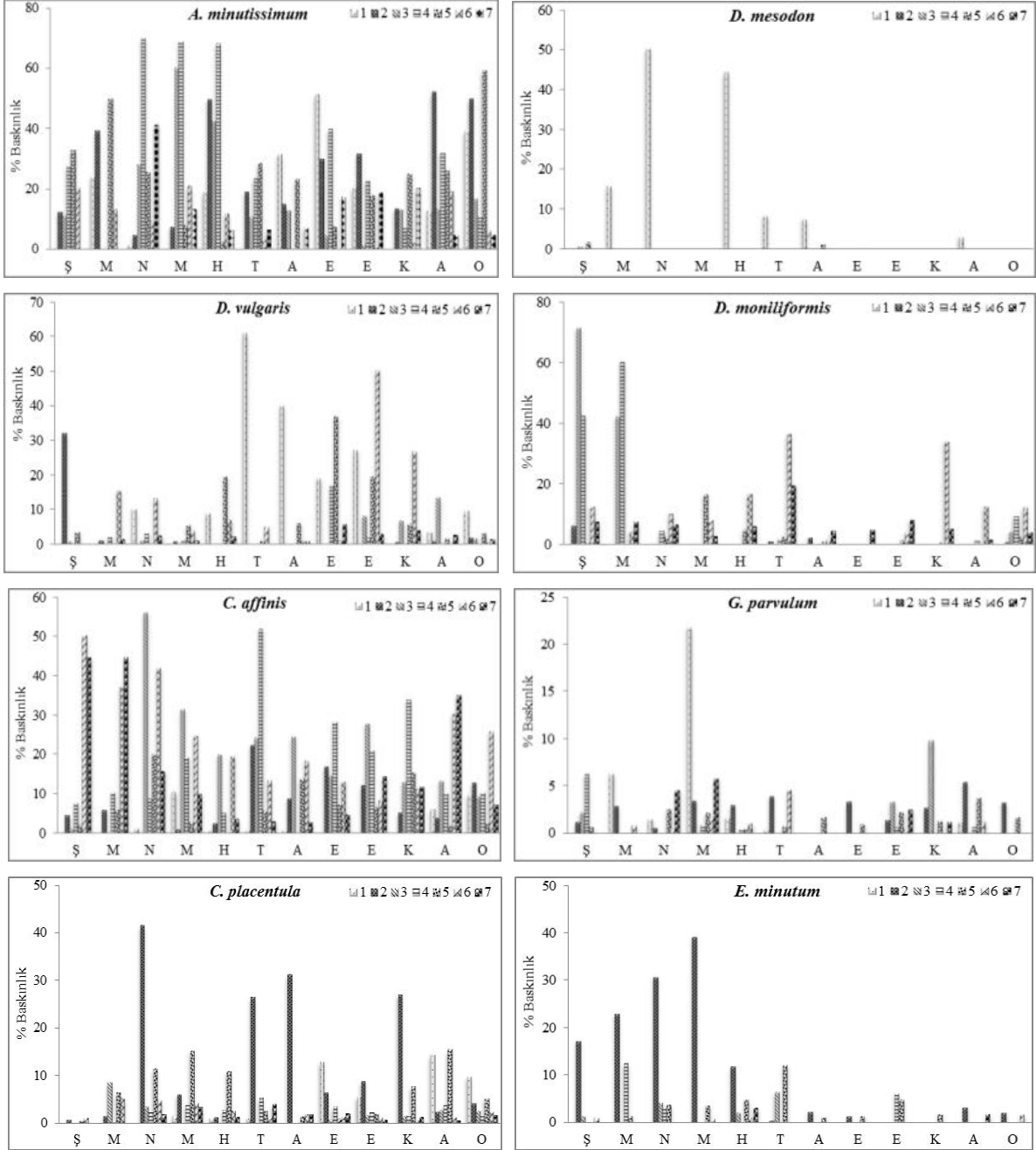
Tablo 1 devamı.

Table 1 continued.

	1. örn.	2. örn.	3. örn.	4. örn.	5. örn.	6. örn.	7. örn.
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	-	17	-	-	-	-	-
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	20	67	67	46	17	50	33
<i>Navicula rhyncocephala</i> Kützing	-	-	8	-	-	-	-
<i>Navicula</i> sp.	20	8	8	-	17	-	17
<i>Navicula salinarum</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	67
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	-	-	8	-	-	-	-
<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	-	8	-	-	33	33	-
<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfizer	-	-	-	-	-	-	8
<i>Neidium productum</i> (W. Smith) Cleve	-	-	-	-	-	17	-
<i>Parlibellus crucicula</i> (W.Smith) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin	-	-	-	-	-	8	-
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	-	-	-	-	-	8	-
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky	-	-	-	-	-	8	-
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	8	-
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	17
<i>Stauroneis</i> sp.	-	-	-	9	-	-	-
<b>Rhopalodiales</b>							
<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) (Brébisson)	-	-	8	-	-	-	-
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) O. Müller	-	25	17	18	-	-	8
<i>Rhopalodia gibba</i> var. <i>parallela</i> (Grunow) Holmboe	-	-	-	9	-	-	-
<b>Surirellales</b>							
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Brébisson) W.Smith	-	25	33	-	8	33	8
<i>Cymatopleura solea</i> (Brébisson) W.Smith	-	42	33	27	8	50	17
<i>Cymatopleura solea</i> var. <i>apiculata</i> (W.Smith) Ralfs	-	-	-	-	-	42	8
<i>Surirella angusta</i> Kützing	-	42	17	55	8	33	8
<i>Surirella linearis</i> W. Smith	-	-	-	-	-	33	-
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	-	67	33	46	42	42	17
<i>Surirella splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	-	-	-	-	-	8	-
<b>Thalassiophysales</b>							
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-	-	25	18	33	58	58
<b>COSCINODISCOPHYCEAE</b>							
<b>Melosirales</b>							
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	10	33	25	-	100	-	-
<b>FRAGILARIOPHYCEAE</b>							
<b>Licmophorales</b>							
<i>Ctenophora pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Williams & Round	-	-	-	-	-	-	33
<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	-	-	8	18	-	17	-
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal	-	-	8	-	-	-	-
<i>Ulnaria biceps</i> (Kützing) Compère	-	25	8	-	33	25	-
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	30	92	92	91	100	100	100
<b>Tabellariales</b>							
<i>Diatoma anceps</i> (Ehrenberg) Kirchner	-	-	-	-	-	-	17
<i>Diatoma ehrenbergii</i> Kützing	-	-	8	-	-	-	-
<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	60	-	8	-	17	-	-
<i>Diatoma moniliformis</i> (Kützing) Williams	-	33	50	64	75	92	100
<i>Diatoma vulgaris</i> Bory de Saint-Vincent	50	50	58	82	83	92	92
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.Agardh	60	42	17	46	100	17	-
<b>Fragilariales</b>							
<i>Astroniella</i> sp.	-	-	-	-	8	-	-
<i>Fragilaria</i> sp.	-	8	-	-	-	25	-
<i>Fragilaria acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	-	17	25	46	-	-	-
<i>Fragilaria construens</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	-	-	-	-	8
<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	-	-	-	-	-	-	17
<b>MEDIOPHYCEAE</b>							
<b>Thalassiosirales</b>							
<i>Cyclotella</i> sp.	20	33	-	-	-	-	-

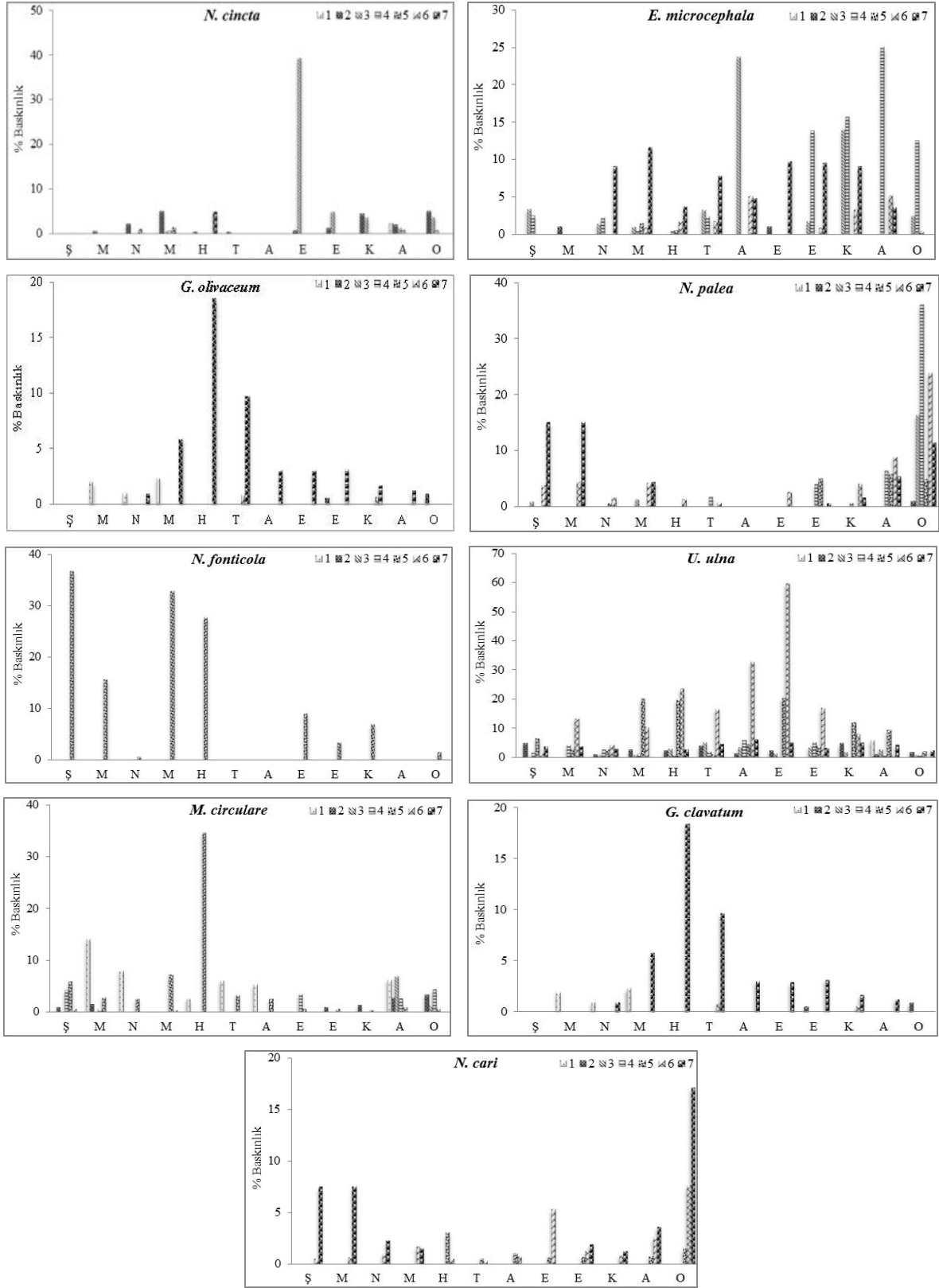
Baskın taksonlar ve yoğunlukları örneklerine göre değişiklik göstermiş, *A. minutissimum* tüm örneklerinde, *D. moniliformis* 2., 3. ve 4. örneklerinde baskın takson olarak

belirlenmiştir (Tablo 2). Baskın taksonların aylara ve örneklerine göre yüzde baskınlık değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Baskın taksonların aylara ve örneklerine göre baskınlık değerlerinin (%) değişimi  
Figure 2. The change of dominance value (%) for dominant taxa compared to the month and stations





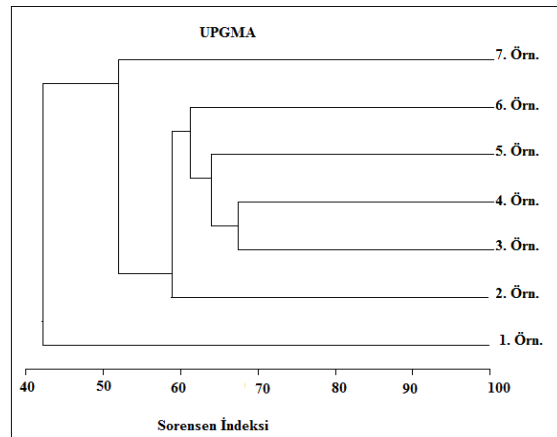
Şekil 2 devamı.  
Figure 2 continued.

**Tablo 2.** Baskın taksonların örnek yerlerindeki dağılımı  
**Table 2.** The distribution of dominant taxa in stations

Baskın Takson	Örnek yerleri						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Achnanthes minutissimum</i>	*	*	*	*	*	*	*
<i>Cymbella affinis</i>	-	-	*	*	-	*	*
<i>Encyonopsis microcephala</i>	-	-	*	-	-	-	-
<i>Cocconeis placentula</i>	*	*	-	-	-	-	-
<i>Ctenophora pulchella</i>	-	-	-	-	-	-	*
<i>Diatoma vulgare</i>	*	*	-	-	*	*	-
<i>D. mesodon</i>	*	-	-	-	-	-	-
<i>D. moniliformis</i>	-	*	*	*	-	*	*
<i>Encyonema minutum</i>	*	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema angustum</i>	-	-	*	-	-	-	-
<i>G. olivaceum</i>	-	-	-	-	-	-	*
<i>G. parvulum</i>	*	-	-	-	-	-	-
<i>Meridion circulare</i>	-	-	-	-	*	-	-
<i>Navicula cincta</i>	-	-	*	-	-	-	-
<i>Nitzschia fonticola</i>	-	-	-	-	*	-	-
<i>N. palea</i>	-	-	-	*	-	-	-
<i>Navicula cari</i>	-	-	-	-	-	-	*
<i>Ulnaria ulna</i>	-	-	-	-	*	*	-

Sørensen benzerlik indeksine göre, diyatome tür dağılımı ve birey sayısı bakımından 3. ve 4. örneği (%67) ile 3. ve 5. örneği (%64) birbirine en çok benzeyen; 1. ve 6. örneği ile 1. ve 7. örneği en az benzeyen noktalar olmuştur (Şekil 3). Fizikokimyasal analiz sonuçları Klee (1991)'nin metoduna göre değerlendirilmiş, 1., 3. ve 6. örneklerinin tüm aylarda

1., 2. örneğinin Eylül, Ekim, Ocak ayında I-II., 4. örneğinin Temmuz ve Ocak'ta I-II., 5. örneğinin Mayıs ve Temmuz aylarında I-II., diğer aylarda I. kalite su sınıfında, 7. örneğinin ise Mayıs'da II., Aralık'da I. ve diğer aylarda I-II. kalite su sınıfında yer aldığı bulunmuştur (Tablo 3).



**Şekil 3.** Örnek yerlerinin epilitik diyatomlar açısından benzerlik diyagramı (Cluster analizi)

**Figure 3.** Similarity dendrogram of stations in point of epilithic diatome (Cluster analysis).

Araştırma süresince belirlenen fizikokimyasal değişkenlerin maksimum, minimum ve ortalama değerleri Tablo 4'de verilmiştir.

Biyotik indekslerle belirlenen su kalite basamakları örnek yerlerine ve aylara göre farklılık göstermiştir (Tablo 3). Yıllık ortalama değerlerle 4. örneği su kalite sınıfı S1'ne göre I-II. (çok az kirli), TDI'ne göre I. (temiz), fizikokimyasal değerlendirmeye göre I. kalitede olduğu, S1'nin, TDI'ne ve Klee (1991)'ye göre yarım basamak negatif yönde sapma gösterdiği belirlenmiştir. Son örnekleme yeri olan nehirağzının S1'ne göre II (kirli), TDI ve Klee (1991)'ye göre I-II. su kalite sınıfında olduğu, S1'nin her iki değerlendirmeden yarım basamak negatif yönde sapma gösterdiği saptanmıştır. Diğer örnek yerlerinin ise her iki biyotik indekse göre I-II. su kalite sınıfında, Klee (1991)'ye göre ise I. sınıfta olduğu biyotik indekslerin fizikokimyasal sınıflandırmadan yarım basamak negatif yönde sapma gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 3.** Köprüçay Nehri'nde biyolojik ve fizikokimyasal su kalite sınıfları  
**Table 3.** Biological and physicochemical water quality classes in Köprüçay River

Biyotik İndeks	Aylar	1. örn.	2. örn.	3. örn.	4. örn.	5. örn.	6.örn.	7. örn.
		Değer-Sınıf	Değer-Sınıf	Değer-Sınıf	Değer-Sınıf	Değer-Sınıf	Değer-Sınıf	Değer-Sınıf
SI	Ş.	-	1,66 I-II	2,11 II	1,97 II	1,60 I-II	1,48 I-II	1,36 I-II
	M.	1,56 I-II	1,57 I-II	2,18 II-III	2,01 II	1,82 II	1,41 I-II	1,36 I-II
	N.	1,40 I-II	1,75 II	1,29 I	1,61 I-II	1,19 I	1,69 I-II	1,56 I-II
	M.	1,54 I-II	1,99 II	1,37 I-II	1,46 I-II	1,94 II	1,54 I-II	3,22 III-IV
	H.	1,43 I-II	1,77 II	1,40 I-II	1,59 I-II	1,91 II	1,67 I-II	1,88 II
	T.	1,46 I-II	1,53 I-II	1,39 I-II	1,32 I	1,89 II	1,88 II	1,98 II
	A.	1,57 I-II	1,69 I-II	1,33 I	-	1,79 II	1,41 I-II	2,38 II-III
	E.	1,73 I-II	1,55 I-II	1,72 I-II	1,38 I-II	1,71 I-II	1,33 I	1,71 I-II
	E.	1,73 I-II	1,56 I-II	1,46 I-II	1,39 I-II	1,65 I-II	1,63 I-II	1,58 I-II
	K.	-	1,82 II	1,35 I-II	1,32 I	1,56 I-II	1,90 II	1,51 I-II
	A.	1,68 I-II	1,81 II	1,52 I-II	1,45 I-II	1,71 I-II	1,56 I-II	1,36 I-II
	O.	1,60 I-II	1,68 I-II	1,80 II	1,59 I-II	1,81 II	1,66 I-II	1,79 II
<b>Yil. Ort.</b>	<b>1,57 I-II</b>	<b>1,69 I-II</b>	<b>1,58 I-II</b>	<b>1,55 I-II</b>	<b>1,72 I-II</b>	<b>1,59 I-II</b>	<b>1,81 II</b>	
TDI	Ş.	-	2,37 I-II	2,37 I-II	2,06 I-II	1,91 I-II	1,47 I	1,48 I
	M.	1,82 I	1,75 I-II	2,88 II-III	2,12 I-II	2,05 I-II	1,81 I	1,48 I
	N.	1,87 I-II	1,98 I-II	1,37 I	1,65 I	1,63 I	1,72 I	1,67 I
	M.	2,20 I-II	1,63 I	1,41 I	1,50 I	2,35 I-II	1,81 I	2,14 I-II
	H.	1,79 I-II	1,84 I-II	1,47 I	1,58 I	2,37 I-II	1,96 I-II	2,40 I-II
	T.	2,49 II	1,57 I	1,44 I	1,39 I	2,35 I-II	2,16 I-II	2,34 I-II
	A.	2,39 I-II	1,71 I	1,33 I	-	2,24 I-II	1,94 I-II	2,75 II
	E.	2,68 II-III	1,57 I	1,78 I-II	1,79 I-II	2,43 I-II	2,22 I-II	1,77 I-II
	E.	2,58 II	1,65 I	1,85 I-II	1,47 I	2,28 I-II	2,43 I-II	1,72 I
	K.	-	1,97 I	1,67 I	1,27 I	1,99 I-II	2,28 I-II	1,83 I-II
	A.	2,39 I-II	1,89 I-II	1,93 I-II	1,36 I	2,22 I-II	1,59 I	1,68 I
	O.	1,92 I-II	1,74 I	2,16 I-II	1,94 I-II	2,02 I-II	1,92 I-II	2,84 II-III
<b>Yil. Ort.</b>	<b>2,21 I-II</b>	<b>1,81 I-II</b>	<b>1,81 I-II</b>	<b>1,65 I</b>	<b>2,15 I-II</b>	<b>1,94 I-II</b>	<b>2,01 I-II</b>	
Fizikokimyasal su kalitesi (Klee 1991)	Ş.	-	1,17 I	1,17 I	1,17 I	1,17 I	1,08 I	1,58 I-II
	M.	1,08 I	1,17 I	1,08 I	1,08 I	1,08 I	1,08 I	1,75 I-II
	N.	1,08 I	1,17 I	1,00 I	1,00 I	1,00 I	1,14 I	1,50 I-II
	M.	1,33 I	1,33 I	1,33 I	1,42 I	1,50 I-II	1,42 I	2,08 II
	H.	1,17 I	1,17 I	1,17 I	1,17 I	1,17 I	1,25 I	1,75 I-II
	T.	1,08 I	1,33 I	1,33 I	1,50 I-II	1,83 I-II	1,17 I	1,83 I-II
	A.	1,08 I	1,17 I	1,33 I	-	1,25 I	1,08 I	1,83 I-II
	E.	1,00 I	1,58 I-II	1,00 I	1,17 I	1,08 I	1,08 I	1,66 I-II
	E.	1,16 I	1,75 I-II	1,25 I	1,17 I	1,17 I	1,25 I	1,83 I-II
	K.	-	1,33 I	1,25 I	1,25 I	1,42 I	1,33 I	1,75 I-II
	A.	1,00 I	1,42 I	1,33 I	1,08 I	1,08 I	1,17 I	1,25 I
	O.	1,00 I	1,66 I-II	1,33 I	1,66 I-II	1,17 I	1,33 I	1,50 I-II
<b>Yil. Ort.</b>	<b>1,09 I</b>	<b>1,35 I</b>	<b>1,21 I</b>	<b>1,24 I</b>	<b>1,24 I</b>	<b>1,19 I</b>	<b>1,69 I-II</b>	

**Tablo 4.** Köprüçay Nehri fizikokimyasal özelliklerinin örnek yerlere göre dağılımı.  
**Table 4.** Distribution of Köprüçay River physicochemical parameters according to the stations.

Parametre	Örnek yerleri						
	1	2	3	4	5	6	7
	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max	Ort.±SE Min.-Max
Sıcaklık °C	7,68±0,248	12,80±1,455	12,90±1,679	13,00±1,927	14,29±0,150	16,92±1,027	18,85±1,391
	6,50-9,50	4,30-20,00	5,30-24,70	5,70-26,40	13,60-15,30	11,70-22,10	12,20-25,60
pH	7,89±0,079	8,08±0,119	8,42±0,058	8,41±0,057	7,60±0,045	8,16±0,092	8,10±0,134
	7,49-8,20	7,43-8,87	8,04-8,65	8,10-8,70	7,35-7,90	7,55-8,52	6,74-8,50
E.C.(25 °C)	236,12±11,393	380,20±12,874	305,97±16,683	276,54±15,485	432,71±12,170	419,03±5,705	1394,11±439,674
µS/cm	188,00-314,20	325,80-470,00	215,00-385,00	212,00-368,00	343,00-500,40	386,70-450,00	438,50-4470,00
Bulanıklık	2,40±1,077	5,00±0,929	63,25±39,766	70,00±53,771	9,08±6,105	13,00±4,315	25,41±4,81
NTU	1,00-12,00	1,00-13,00	1,00-470,00	2,00-605,00	1,00-76,00	4,00-57,00	7,00-70,00
Bikarbonat	152,62±5,056	241,66±10,102	170,90±6,997	157,93±6,440	267,89±12,714	253,81±11,196	275,07±11,821
HCO <sub>3</sub> mg/l	125,66-170,80	123,20-322,80	126,27-215,30	122,00-189,71	170,80-319,03	195,20-303,20	187,88-309,90
Karbonat	0,00±0,000	2,95±1,322	6,85±1,657	5,86±1,517	0,00±0	3,85±1,315	3,15±1,388
CO <sub>2</sub> mg/l	0,00-0,00	0,00-12,00	0,00-16,20	0,00-15,00	0,00-0,00	0,00-9,60	0,00-13,80
Cl <sup>-</sup> mg/l	8,62±4,938	5,40±0,551	7,84±1,06	6,23±0,908	7,59±0,572	7,49±0,612	421,25±160,129
	2,80-53,00	3,54-9,57	3,54-14,20	2,83-11,34	4,61-12,40	3,89-10,60	10,60-1432,20
NH <sub>4</sub> -N mg/l	0,03±0,017	0,15±0,061	0,05±0,022	0,05±0,018	0,07±0,040	0,05±0,024	0,18±0,064
	0,00-0,17	0,00-0,63	0,00-0,28	0,00-0,18	0,00-0,49	0,00-0,27	0,00-0,84
NO <sub>2</sub> -N mg/lt	0,002±0,001	0,011±0,002	0,005±0,003	0,004±0,001	0,003±0,001	0,002±0,001	0,006±0,001
	0,00-0,016	0,00-0,022	0,00-0,043	0,00-0,015	0,00-0,017	0,00-0,020	0,00-0,014
NO <sub>3</sub> -N mg/l	0,57±0,106	0,40±0,081	0,21±0,06	0,30±0,080	0,54±0,095	0,50±0,068	0,45±0,082
	0,00-1,26	0,00-0,80	0,00-0,51	0,00-0,87	0,04-1,37	0,11-0,88	0,00-0,96
PO <sub>4</sub> -P mg/l	0,02±0,008	0,20±0,077	0,09±0,031	0,06±0,031	0,32±0,307	0,03±0,017	0,11±0,047
	0,00-0,08	0,00-0,78	0,00-0,35	0,00-0,35	0,00-3,71	0,00-0,20	0,00-0,56
Ç.O mg/l	9,44±0,545	8,52±0,667	9,12±0,639	9,37±0,813	7,93±0,425	9,51±0,734	8,65±0,512
	6,60-12,30	5,60-12,20	6,23-12,36	6,30-13,20	6,24-9,98	6,50-13,40	6,50-11,00
Org. M. mg/l	0,94±0,060	1,49±0,072	1,35±0,187	1,25±0,095	0,82±0,103	0,89±0,061	1,98±0,265
	0,50-1,20	1,20-2,03	0,48-3,11	0,60-1,68	0,48-1,57	0,28-1,08	0,97-3,68
BOI <sub>5</sub> mg/l	1,70±0,675	3,00±0,325	2,50±0,288	2,81±0,400	2,92±0,336	3,00±0,460	4,50±0,486
	1,00-3,00	1,00-5,00	1,00-4,00	1,00-5,00	1,00-5,00	1,00-5,00	1,00-6,00
Top. Sert. CaCO <sub>3</sub> mg/l	135,15±4,143	219,91±7,419	168,58±8,769	153,04±8,512	248,79±6,208	235,37±3,489	383,34±48,797
Ca mg/l	44,97±1,826	68,94±2,166	46,31±2,107	44,80±1,530	69,18±3,642	57,34±1,933	66,83±3,811
	35,67-56,10	56,11-82,80	34,66-59,72	37,10-53,30	57,30-103,80	42,10-70,10	40,13-92,60
Mg mg/l	5,51±1,134	11,64±1,207	12,89±1,454	10,04±1,794	18,51±1,686	22,43±1,259	55,25±11,80
	0,36-13,01	8,27-23,34	3,89-19,45	2,43-20,79	8,14-25,77	13,01-29,8	20,07-126,2
SO <sub>4</sub> mg/l	2,27±0,605	5,75±1,472	7,96±2,028	6,20±1,005	7,08±1,026	7,90±1,313	148,61±64,602
	0,25-6,75	1,00-16,50	3,20-18,75	3,00-15,00	3,80-16,50	3,00-16,50	7,25-570,00
Na mg/l	1,09±0,200	3,15±0,281	5,54±0,985	3,91±0,448	5,58±0,496	6,04±0,535	284,38±114,358
	0,62-2,76	1,61-5,10	1,38-12,42	2,00-6,40	2,07-8,05	2,30-9,60	9,20-975,00
Tuzluluk ppt	0,10±7,853	0,17±0,013	0,13±0,014	0,11±0,009	0,13±0,014	0,17±0,013	0,93±0,270
	0,10-0,10	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20	0,10-0,20	0,20-2,60

## TARTIŞMA

Köprüçay Nehri'nde Bacillariophyta'dan 119 takson saptanmış olup Nitzschia cinsi en fazla türle temsil edilmiş, bunu Navicula, Gomphonema ve Cymbella izlemiştir. Yurdumuz akarsularında yapılan araştırmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yukarı Porsuk Çayı'nda gerçekleştirilen araştırmalarda Nitzschia, Navicula ve Cymbella'nın en yüksek yoğunlukla temsil edilen taksonlar olduğu bildirilmiştir (Bingöl vd., 2007; Solak 2011). Murat Çayı (Kütahya)'nda gerçekleştirilen çalışmada ise Nitzschia, Navicula, Cymbella, Gomphonema, Diatoma ve Fragilaria cinslerinin toplam Bacillariophyta'nın %52'sini oluşturduğu bildirilmiştir (Tokatlı ve Dayioğlu, 2011). Köprüçay Nehri'nde *Achnanthes minutissimum*, *Cymbella affinis*, *Diatoma vulgare* tüm örneklerde sürekli olarak tespit edilen taksonlar olmuştur. Ankara Çayı diyatomeleleri ile ilgili çalışmada *C. affinis*'in yaygın olarak bulunduğu belirtilmiştir (Yıldız ve Atıcı, 1996). Ağlasun Deresi (Isparta)'nda ise *A. minutissimum* ve *D. vulgare*'s'in yaygın olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Kalyoncu vd., 2004). Köprüçay Nehri'nde *Ulnaria ulna* ve *Cocconeis placentula* 1. örneği dışındaki tüm örneklerinde, *Diatoma moniliformis* 3., 4., 5., 6. ve 7. örneklerinde sıklıkla rastlanan taksonlar olmuştur. *A. minutissimum*, *C. placentula*, *C. affinis* ve *U. ulna* tatlısulara özellikle akarsularda bentik olarak gelişim gösteren ve sıklıkla tespit edilen türlerdir (Kelly, 2000). Araştırma süresince *A. minutissimum*, *C. affinis*, *E. microcephala*, *Cocconeis placentula*, *Ctenophora pulchella*, *D. vulgare*, *D. mesodon*, *D. moniliformis*, *E. minutum*, *G. angustum*, *G. olivaceum*, *G. parvulum*, *M. circulare*, *Navicula cincta*, *N. cari*, *Nitzschia fonticola*, *N. palea*, *Ulnaria ulna* baskın taksonlar olmuştur. Köprüçay Nehri (Antalya)'nda saptanan bazı baskın taksonların, ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalarda da yüksek yoğunlukta temsil edildiği bildirilmiştir (Yıldırım vd., 2003; Solak vd., 2012; Şahin 2003). Pala ve Çağlar (2008) *Achnanthes minutissimum*, *C. affinis*, *N. palea* taksonlarının Peri Çayı (Tunceli)'nda baskın taksonlar olarak gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Dipsiz-Çine Çayları'nda yapılan araştırmada *Encyonema minutum*, *D. vulgare*, *C. placentula*, *U. ulna*'nın baskın taksonlar arasında yer aldığı belirtilmiştir (Mumcu vd., 2009). Murat Çayı (Sakarya/Kütahya)'nda yapılan çalışmada *C. affinis*, *D. moniliformis* ve *U. ulna*'nın baskın olduğu bildirilmiştir (Tokatlı ve Dayioğlu 2011). Aksu Çayı'nda *N. palea* ve *D. vulgare*'s'in baskın taksonlar arasında yer aldığı, akarsu kalitesinin farklı taksonların baskın olmasında etkili olduğu ifade edilmiştir (Kalyoncu vd., 2008). *D. mesodon* hızlı akan, yüksek pH'lı temiz akarsu sistemlerinde rapor edilmiştir (Round 1993). Köprüçay Nehri'nde bu takson sadece kaynak noktasında baskınlık göstermiştir. *G. parvulum* organik olarak kirlenmiş akarsularda özellikle epilitik olarak çok yaygın gelişim göstermekte, pH 9 olduğunda yüksek elektriksel iletkenlik ve fosfor oranında yaygın olarak bulunmaktadır (Kelly 2000). Round (1993) taksonun polysaprobik sularda iyi gelişim göstermesine karşın yaygın bir dağılıma sahip olduğunu, aşırı

kirli ortamlarda ise gelişmediğini bildirmiştir. Araştırmamızda *G. parvulum* tüm örneklerinde gözlemlenmesine karşın sadece kaynak noktasında Mayıs ayında baskın olmuştur. Bu durum, taksonun yaygın bir dağılıma sahip olduğunu ve dönemsel olarak kaynak noktasının kirletici unsurların etkisi altında kaldığını göstermektedir. *C. affinis*'in akarsuların üst bölgelerinde epilitik ve epifitik olarak, pH değerinin 7'den yüksek olduğu sularda iyi gelişim gösterdiği, yüksek elektriksel iletkenlik ve fosfor varlığında seyrek bulunduğu belirtilmiştir (Kelly 2000; Cox 1996). Bu takson I-II. (az kirli) su kalitesi basamağında baskın olarak bulunmaktadır (Kelly 2000). *Cymbella* cinsine ait türler yüksek oksijen içeriğine sahip suların göstergesidir (Van Dam vd., 1994; Gomez ve Licursi 2001; Tokatlı ve Dayioğlu 2011). Isparta Çayı'nın bir kolu olan Darıören Deresi'nde yapılan araştırmada bu taksonun akarsuyun temiz olan bölgelerinde gelişim gösterdiği bildirilmiştir (Çiçek vd., 2010). Köprüçay Nehri'nde *C. affinis*, üst havzada yer alan 3., 4. örneklerinde baskın takson olurken aynı zamanda pH değeri 7'den büyük olan 6. örneklerinde de baskınlık göstermiştir. *N. palea* tatlısulara yaygın bir dağılıma sahiptir. Alfa-mesosaprobik ortam koşullarından polysaprobik koşullara kadar hoşgörülüdür. Aynı zamanda elektrolitçe fakir oligotrofik sularda da kaydedilmiştir (Cox, 1996). Round (1993) a göre ise kirli, yüksek pH değerine sahip sularda en iyi gelişimi göstermektedir. Çeşitli araştırmalarda kirlilik artışının olduğu sularda tespit edildiği belirtilmiştir (Kalyoncu ve Barlas, 1997; Gomez ve Licursi 2001; Salomoni vd., 2006; Dere vd., 2006; Kalyoncu vd., 2009). *N. fonticola*'a çok yüksek olmayan elektrolit içeriğine sahip sularda yaygındır (Cox, 1996). Fakat çok humik ya da elektrolitçe fakir sularda gelişmez. Oligosaprobik koşullardan  $\beta$ -mesosaprobik koşullara değin görülebilmektedir. *N. palea* ve *N. fonticola* 4. örneklerinde baskınlık göstermiştir. Bu örneği dönemsel olarak kurumakla birlikte özellikle yağışın yoğun olduğu aylarda sel sularının etkisi altında kalmaktadır. Bu taksonların değişken şartlara uyum sağlayabilmesi bizim bulgularımızı desteklemektedir. *M. circulare* Kelly (2000)'e göre epilitik ve epifitik olarak akarsularda ve kaynak sularında bulunmaktadır. Ağır metallerle hoşgörülü olan bu tür acisuda bulunmaz. Düşük fosforlu ve sert olmayan sularda daha iyi gelişim gösterir. *M. circulare* özellikle akarsuların kalkerli soğuk kaynak sularında geliştiği ancak akarsuyun alt kesimlerinde de bulunabildiği, besleyicilerin artış gösterdiği ortamlarda gözlenemediği belirtilmektedir (Round 1993; Cox 1996). Bu takson çalışmamızda 5. örneğinde baskın olmuştur. Bu örneği Köprülü Kanyon olarak adlandırılan ve Olukköprü Kaynak sularını içerisine alan nokta olup akış hızının yüksek, su sıcaklığının düşük olduğu alandır. *G. olivaceum* ve *C. pulchella* nehirağzında (7. örneğinde) baskın olmuştur. Gómez (1998), Gómez ve Licursi, (2001) *G. olivaceum*'u I-II. nitelik sınıfında, kirliliğe hoşgörülü, elektriksek iletkenlik ile negatif ilişkili tür olduğunu bildirmiştir. *Ctenophora pulchella*'nın tatlısu ve denizde bulunabildiğini ancak daha çok tatlı su etkisinin yoğun olduğu acisu ortamlarını tercih ettiği, morfolojik

olarak tuzlu suya uyum yapabildiği ve denizel ortamda morfolojik özelliğinin değiştiği (daha büyük ölçülerde) bulunduğunu bildirilmiştir (Snoeijs, 1995).

Çiçek ve Ertan (2012) Köprüçay Nehri su kalitesini fizikokimyasal parametrelere göre belirlemede su kirliliği kontrolü yönetmeliğini (SKKY) ve içme suyu standartlarını kullanarak akarsuyun sıcaklık, pH ve çözülmüş oksijen bakımından I. kalite su sınıfında, bulanıklığa göre ilk altı örneklerinin içme suyu standartlarında içilebilir su özelliğinde olduğunu, nehirağzı bölgesinin ise kabul edilebilir değerlerden çok az sapma gösterdiğini bildirilmişlerdir. Sözü edilen bu çalışmada diğer fizikokimyasal parametrelere göre ise nehirağzı bölgesi ile ilk altı örneklerinin farklı kalite sınıflarında yer aldığı belirtilmiştir; nehirağzının klorür değerlerine göre IV. kalite, BOİ5 bakımından I-II. kalite su sınıfında, diğer örneklerinin ise I. kalite su sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Amonyum azotu, nitrit ve nitrat azotu, sülfat değerlerinin ise tüm örneklerinde sınır değerlerin altında olduğu ve akarsuyun SKKY'ne göre 1. kalite su sınıfında yer aldığı bildirilmiştir. Sonuç olarak nehir ağzındaki 7. örneğinde elektriksel iletkenlik, bulanıklık, klorür, toplam sertlik, biyolojik oksijen ihtiyacı, organik madde miktarı, amonyum azotu, sülfat vb. değerlerin diğer örneklerinden daha yüksek saptanmasını dönemsel olarak denizel etkiye, daha sıcak hava şartlarına sahip olmasına ve akarsu boyunca sürüklenerek gelen materyallerin birikimine bağlanabileceği, son örneği hariç, yapılan ölçüm aralığında nehrin tamamının I. sınıf ve bütün kullanımlara uygun olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmamızda fizikokimyasal olarak su kalitesinin belirlenmesi Klee (1991)'nin metoduna göre yapılmış olup, ilk altı örneğinde kirlenme görülmemiş ve bu noktaların I. kalite (organik olarak çok az kirli) akarsu sınıfında yer aldığı, nehirağzı bölgesindeki 7. örneğinin ise I-II. (organik olarak az kirlenmiş) kalite sınıfında olduğu saptanmıştır. Saprobi İndeksi (SI)'ne göre 1., 2., 3., 4, 5. ve 6. örnekleri organik olarak az kirlenmiş I-II. kalite sınıfını, 7. örneği kirlenmiş II. kalitede su sınıfını temsil etmiştir. Kalyoncu vd., (2009) Aksu Çayı'nın su kalitesini biyolojik indekslere göre belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada SI, TDI ve DI-CH indekslerini uygulamış ve indekslerin birbirlerine yakın değerler verdiğini ancak SI'nın kirliliği daha iyi yansıttığını bildirmiştir. Trofi Diyatom İndeksi (TDI) uygulanarak saptanan su kalitesi değerlerine göre 1., 3., 4., 5. ve 6. örnekler oligotrofik (organik olarak çok az kirlenmiş) I. nitelik sınıfında

olmuştur. Ancak 2. örneği I-II., 7. örneği II. kalite sınıfında bulunmuştur. Solak (2011) diyatome indekslerine göre saptanan su kalite basamaklarının örnekleri arasında değişim gösterdiğini, bunun her indekste kullanılan diyatome topluluklarının farklılığından kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Akarçay (Afyonkarahisar)'da yapılan çalışmada diyatome indekslerinin (EPI-D, IDP, SID ve TDI) birbirleriyle yakın sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Kıvrak vd., 2012). Fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre yapılan su kalitesi sınıfları bazı örneklerinde diyatome indeksleri ile örtüşürken bazı örneklerinde sapma görülmüştür. Saprobi indeksi ile tespit edilen su nitelik basamağı tüm örneklerinde Klee (1991)'ye göre belirlenen su nitelik sınıflarından yarım basamak olumsuz yönde sapma göstermiştir. Trofi Diyatome İndeksi kapsamında 1., 3., 4., 5., ve 6. örneklerinde su nitelik sınıfları Klee (1991)'ye göre belirlenen su nitelik basamaklarıyla birebir örtüşmüş, 2. ve 7. örneklerinde ise yarım basamak olumsuz yönde sapma görülmüştür. Fizikokimyasal analizlerle saptanan su nitelik basamakları ile biyolojik yönden belirlenen su nitelik sınıfları arasında sapma görülebileceği çeşitli araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Kalyoncu vd.; 2009; Gómez ve Licursi 2001). Kalyoncu ve Şerbetçi (2013) Darı Deresi (Isparta)'nda yaptıkları çalışmada OMNİDIA programını kullanmışlar ve diyatome indekslerinin akarsu kalitesini belirlemede güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini ancak bu indekslerin Türkiye'nin jeocoğrafik şartlarına göre yeniden düzenlenmesi gerektiğini ya da yeni bir indeks çalışmasının yapılması gerektiğini rapor etmişlerdir.

## SONUÇ

Sonuç olarak Köprüçay Nehri sularının genellikle fizikokimyasal ölçütlere göre birinci nitelik sınıfında, diyatomelere göre ise çok az kirli olduğu, ancak yan kolların ve yüzey akıntılarının (yağışlı dönemlerde) etkisi ile nehir suyunun olumsuz yönde etkilendiği saptanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Çalışmamıza 1534-D-07 nolu proje ile destek veren Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Başkanlığına, laboratuvar olanaklarını bize sunan Isparta 18. DSİ. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- APHA, 2005., Standart Methods for The Examination Of Water And Wastewater. Washington, American Public Health Association Washington, DC, pp.1134
- Atıcı, T., Yıldız, K., 1996., Sakarya Nehri Diyatomları. *Turkish Journal of Botany*, 20:119-134.
- Baltacı F., 2000., Su Analiz Metotları. Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Barlas, M., Mumcu, M.F., Solak, C.N., Çoban, O. 2002., Akçapınar Deresi ve Kadın Azmağı Deresi (Muğla) epilitik alg florasının su kalitesine bağlı olarak incelenmesi. 4-7 Eylül VI. Ulusal Biyoloji Kongresi. Malatya.
- Bingöl, N.A., Özyurt, M.S., Dayıoğlu, H., Yamık, A., Solak, C. N., 2007., Yukarı Porsuk Çayı (Kütahya) Epilitik Diyatomları. *Ekoloji*, 15 (62):23-29.
- Coring, E., Hamm, A., Schneider, S., 1999., Durchgehendes Trophiesystem auf der Grundlage der Trophieindikation mit Kieselalgen. In: Deutscher Verband Für Wasserwirtschaft Und Kulturbau E. V. Dvkw (Hrsg): Mitteilungen 6, Bonn.



- Cox, E. J., 1996. Identification of Freshwater Diatoms from Live Material. Published by Chapman & Hall, pp. 158.
- Çiçek, N. L., Kalyoncu, H., Akköz, C., Ertan, Ö.O., 2010., Dariören Deresi ve Isparta Çayı (Isparta)'nın Epilitik Algleri ve Mevsimsel Dağılımları. *Journal of Fisheries Sciences.com.*, 4 (1): 78-90. doi: [10.3153/jfscm.2010007](https://doi.org/10.3153/jfscm.2010007)
- Çiçek, N. L., Ertan, Ö. O., 2010. Başpınar Kaynağı (Aksu Çayı) Epilitik Diyatomleri. 4. Ulusal Limnoloji Sempozyumu, Bildiri Özetleri Kitapçığı, Bolu, 11.
- Çiçek, N. L., Ertan, Ö. O., 2012. Köprüçay Nehri (Antalya) epilithic alg çeşitliliğinin bazı fizikokimyasal değişkenlerle ilişkisi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(1): 22-41.
- Çiçek N. L., Ertan Ö O., 2012. Köprüçay Nehri (Antalya)'nın Fizikokimyasal Özelliklerine Göre Su Kalitesinin Belirlenmesi. *Ekoloji Dergisi* 21(84):54-65s.
- Değirmenci M., 1989., Köprüçay Havzası ve Dolayının (Antalya) Karst Hidrojeolojisi İncelemesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 375s.
- Dere Ş., Dalkıran N., Karacaoğlu D., Elmacı A., Dülge, B. ve Şentürk E., 2006. Relationships among epipellic diatom taxa, bacterial abundances and water quality in a highly polluted stream catchment. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112: 1-22. doi:10/1007/s10661-006-0213-7
- Eassa M. A., Jassim W. F. H., al-Maliki H., Al-Saad R. T., Mehson N. K., 2015., Assessment of eutrophication and organic pollution status of Shatt AlArab River by using diatom indices. *Mesopotamia Environmental Journal*, 1 (3): 44-56.
- Eloranta, P., Soininen, J., 2002., Ecological Status of Some Finnish Rivers Evaluated Using Benthic Diatom Communities. *Journal of Applied Phycology*, 14: 1-7. doi: [10.1023/A:1015275723489](https://doi.org/10.1023/A:1015275723489)
- Ertan, Ö. O., Morkoyunlu, A., 1998. The Algae of Aksu Stream (Isparta-Turkey). *Turkish Journal of Botany*, 22: 239-255.
- Gómez, N., 1998., Use of Epipellic Diatoms For Evaluatin of Water Quality The Matanza-Riachuelo (Argentina), A Pampean Plain River. *Water Research*, 32 (7): 2029-2034. doi:10.1016/S0043-1354(97)00448-X.
- Gómez, N., Licursi, M., 2001., The Pampean Diatom Index (IDP) for Assessment of Rivers and Streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35:173-181.
- Gönülol, A., Obalı, O., 1986., Phytoplankton of Karamık Lake (Afyon), Turkey. *Communications Faculty of Sciences University Series V*, 4:105-128. doi: [10.1501/commuc\\_0000000080](https://doi.org/10.1501/commuc_0000000080)
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. 2015. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org>; searched on 01 July 2015.
- Güler, D., 2003., Su Kalitesi Araştırmalarında Hidrobiyolojik Ve Mikrobiyolojik Metodlar. Türkiye'nin Kıta İçi Su Kaynaklarında Kirillik Etkileri Ve Çözüm Önerileri Bildiriler, İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 263s.,136-146.
- Gülbüz, H., Kıvrak, E. 2002., Use of epilithic diatoms to evaluate water quality in the Karasu River of Turkey. *J. Environmental Biology*, 23(3): 239-246.
- Hustedt, F., 1985., The Pannet Diatoms. Koeltz Scientific Boks Koenigstein. Printed In Germany, 905s.
- John, D. M., Whitton, B. A., Brook A. J., 2005., The Freshwater Algal Flora of The British Isles, An Identification Guide To Freshwater And Terrestrial Algae. Cambridge University Press, United Kingdom, pp. 694.
- Jüttner, I., Heike, R., Ormerod, S. J., 1996., Diatoms As Indicators of River Quality in The Nepalese Middle Hills With Consideration of The Effects of Habitat-Specific Sampling. *Freshwater Biology*, 36:475-486. doi:[10.1046/j.1365-2427.1996.00101.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1996.00101.x).
- Kalyoncu, H., Barlas, M., 1997., Isparta Deresi'nde Yoğun Olarak Belirlenen Epilithic Diatomların Su Kalitesine Bağlı Olarak Mevsimsel Gelişimleri. IX. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Eğirdir-Isparta, pp. 310-325.
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O., Güllboy, H., 2004., Ağlasun Deresi'nin Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Epilithic Algler Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniv. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2 (12):7-14.
- Kalyoncu H., Barlas M., Yorulmaz B., 2008., Aksu Çayı (Isparta-Antalya) Epilithic Alg Çeşitliliği ve Akarsuyun Fizikokimyasal Yapısı Arasındaki İlişki. *Ekoloji*. 17 (66): 15-22. doi: [10.5053/ekoloji.2008.662](https://doi.org/10.5053/ekoloji.2008.662)
- Kalyoncu, H., Barlas, M., Ertan, Ö. O., 2009., Aksu Çayı'nın Su Kalitesinin Biotik İndekslere (Diyatomlara ve Omurgasızlara Göre) ve Fizikokimyasal Parametrelere Göre İncelenmesi, Organizmaların Su Kalitesi ile İlişkileri. *Tünav Bilim Dergisi*, 2 (1): 46-57.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N.L., Akköz, C., Yorulmaz, B., 2009., Comparative Performance of Diatom Indices in Aquatic Pollution Assessment. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (10): 1032-1040.
- Kalyoncu, H., Çiçek, N. L., Akköz C., Özçelik, R. 2009., Epilithic Diatoms from the Dariören Stream (Isparta/Turkey): Biotic indices and multivariate analysis. *Fresineus Environmental Bulletin*, 18 (7b) 1236-1242.
- Kalyoncu H., Şerbetçi B., 2013. Applicability of Diatom-Based Water Quality Assessment Indices in Dari Stream, Isparta-Turkey. *International Science Index*. 7(6):191-199.
- Kazancı, N., Girgin, S., Dügel, M., Oğuzkurt, D., 1997., Akarsuların Çevre Kalitesi Yönünden Değerlendirilmesinde ve İzlenmesinde Biyolojik İndeks Yöntemi. *Türkiye İç Sular Araştırma Dizisi II.*, 100s.
- Kazancı, N., 2004. Köyceğiz-Dalyan Özel Çevre Koruma Bölgesi Sucul Ekosistemi'nin Hidrobiyolojik yönden incelenmesi. *Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi: VIII*, İkinci Baskı, 164 s.
- Kelly, M.G., 1998., Use of The Trophic Diatom Index to Eutrophication In Rivers Monitor. *Water Research* 32 (1): 236-242. doi: [10.1016/S0043-1354\(97\)00157-7](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00157-7)
- Kelly, M., 2000., Identification of Common Benthic Diatoms in Rivers. *Field Studies*, 9:583-700.
- Kıvrak E., Uygun A., Kalyoncu H., 2012., Akarçay'ın (Afyonkarahisar, Türkiye) Su Kalitesini Değerlendirmek için Diyatome İndekslerinin Kullanılması. *AKÜ FEBİD*, 12: 27-38.
- Klee, O., 1991., Angewandte Hydrobiologie. 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, G. Theieme Verlag, Stuttgart-New York, 272p.
- Kolkwitz, R., Marsson, M., 1902., Grundsätze Für Die Biologisch Beurteilung Des Wassers nach seiner Flora und Fauna. Mitt. Prüfungsanst. Wasserversorgung. Abwasserreinigung. 1: 33-72.
- Krammer, K, Lange-Bertaloth, 1986., Bacillariophyceae. 1. Teil: Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasser flora von Mitteleuropa, Band 2/1. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart,New York, pp. 1-876.
- Krammer, K., Lange-Bertaloth, 1988., Bacillariophyceae. 2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: : Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2. VEB Gustav Fischer Verlag: Jena, pp. 1-596.
- Krammer, K., Lange-Bertaloth, 1991a., Bacillariophyceae. 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: : Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uer d. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena, pp.1-576.



- Krammer, K., Lange-Bertaloth, 1991b., Bacillariophyceae. 4. Teil: Achnantheaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema, Gesamtliteraturverzeichnis Teil1-4. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenha Uerd. (Eds.) Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4. Gustav Fischer Verlag: Stuttgart, Jena, pp.1-437.
- Küçük, F., 1997., Antalya Körfezine Dökülen Akarsuların Balık Faunası ve Bazı Ekolojik Parametreleri Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, Isparta-Eğirdir, 120s.
- Lange-Bertalot H., 1979., Pollution Tolerance of Diatoms as Criterion for Water Quality Estimation. *Nova Hedwigia*, 64: 285-304.
- Lototskaya A B., Verdonshot P. F.M., Coste M., Van de Vijver B., 2011., Evaluation of European diatom trophic indices. *Ecological Indicators*, 11:456-467. doi: [10.1016/j.ecolind.2010.06.017](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2010.06.017)
- Morkoyunlu, A., Ertan Ö. O., 1995., Köprüçay Irmağı ( Aksu Deresi)'nda Tespit Edilen Bazı Bacillariophyta Türleri. S.D.Ü Eğirdir Su Ürünleri Fak., Der., 4: 89-97.
- Mccormick P., Cairns Jr J., 1994., Algae as indicators of environmental change. *Journal Applied Phycology*, 6 (5-6):509-526. doi: [10.1007/BF02182405](https://doi.org/10.1007/BF02182405)
- Mumcu F., Barlas M., Kalyoncu H., 2009., Dipsiz-Çine Çaylarının Epilitik Diyatomeleleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, *Fen Dergisi* (E-Dergi). 4(1): 23-34.
- Navarro, E., Guasch, H., Sabater, S., 2002., Use of Microbenthic Algal Communities In Ecotoxicological Tests for The Assessment of Water Quality: The Ter River Case Study. *Journal of Applied Phycology*, 14: 41-48. doi: [10.1023/A:1015242301451](https://doi.org/10.1023/A:1015242301451).
- Pala G.T, Çağlar M., 2008., Peri Çayı (Tunceli/Türkiye) Epilitik Diyatomeleleri ve Mevsimsel Değişimleri. Fırat Üniv. *Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 20 (4): 557-562.
- Palmer, C. M., 1980., Algae And Water Pollution. Printed In England By Tonbridge Printers Limited. England, 123 p.
- Potapova M., Charles D.F., 2007., Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. *Ecological Indicators* 7:48-70. doi:[10.1016/j.ecolind.2005.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2005.10.001).
- Prescott, G.W. 1978., How to Know The Freshwater Algae. Third Edition. Printed In The United States of America, pp. 293.
- Rott, E., Hofmann, G., Pall, K., Pfister, P., Pipp, E., 1997., Indikationslisten Für Aufwuchsalgen. Teil 1: Saprobielle Indikation. Bundesministerium Für Land- Und Forstwirtschaft (Hrsg. U. Verlag), Wasserwirtschaftskataster, Wien, 1-73.
- Round, F. E., 1953., An investigation of two benthic algal communities in Malham Tarn, Yorkshire. *J. Ecol.*, 41: 174-197. doi: [10.2307/2257108](https://doi.org/10.2307/2257108)
- Round, F. E., 1993., A Review and Methods for The Use Of Epilithic Diatoms for Detecting and Monitoring Changes In River Water Quality, United Kingdom for HMSO, 65s.
- Salomoni, S. E., Rocha, O., Callegro, V. L., Lobo, E.A., 2006., Epilithic Diatoms Indicators Of Water Quality In The Gravatai River, Rio Grande Do Sul, Brazil, *Hydrobiology*, 246:559. doi:[10.1007/s10750-005-9012-3](https://doi.org/10.1007/s10750-005-9012-3)
- Saplıoğlu, K., Çimen, M., 2010., Taban Akışı Ayırımı İçin Yeni Bir Yöntem. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 5:4.
- Sládeček, V., 1973., System of Water Quality from the Biological point of View *Archive Hydrobiologia Beiheft Ergebn Limnology*, 7:1-218.
- Sládeček, V., 1986., Diatoms as Indicators of Organic Pollution. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*. 14: 555-566. doi: [10.1002/ahch.19860140519](https://doi.org/10.1002/ahch.19860140519)
- Snoeijs, P., 1995., Effects of Salinity on Epiphytic Diatom Communities on Piyalella Littoralis (Phaeophyceae) In Baltic Sea. *Ecoscience*, 2 (4): 332-394.
- Solak, C.N., Fehér, G., Barlas, M., Pabuççu, K. 2007., Use of Epilithic Diatoms to Evaluate Water Quality of Akçay Stream (Büyük Menderes River) in Mugla/Turkey. *Archiv Für Hydrobiologie Suppl.*, 161 (3-4), Large Rivers, 17 (3-4): 327-338.
- Solak C. N., 2011., The Application of Diatom Indices in the Upper Porsuk Creek Kütahya – Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 31-36. doi: [10.4194/trjfas.2011.0105](https://doi.org/10.4194/trjfas.2011.0105)
- Solak C. N., Baranova S., Ács É., Dayioğlu H., 2012., Diversity and ecology of diatoms from Felent creek (Sakarya river basin), Turkey. *Turk J Bot* 36: 191-203. doi:[10.3906/bot-1102-16](https://doi.org/10.3906/bot-1102-16)
- Şahin, B., 2003., Epipellic and Epilithic Algae of Lower Parts of Yanbolu River (Trabzon, Turkey). *Turkish Journal Biology* 27:107-115.
- Tokatlı C., Dayioğlu H., 2011., Murat Çayı (Kütahya) Epilitik Diyatomeleleri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25: 1-11.
- Tokatlı C., 2012., Sucul Ekosistemlerin İzlenmesinde Bazı Diyatome İndekslerinin Kullanılması: Gürleyik Çayı Örneği (Eskişehir). *Dumlupınar Üniv. Fen Bilimleri Enst. Dergisi*. 29: 21-28.
- Tokatlı, C., Dayioğlu, H., 2014., Use of Biological Diatom Index to Evaluate the Water Quality of Lotic Ecosystems: A Case Study of Murat Stream (Kütahya, Turkey). 4th International Conference on Environment Science and Engineering, 68: 19-23. doi: [10.7763/IPCBBEE](https://doi.org/10.7763/IPCBBEE).
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. 1994., A Coded Checklist and Ecological Indicator Values of Freshwater Diatoms from Netherlands. *Neth. J. Aquat. Ecol.*, 28:117 – 184. doi: [10.1007/BF02334251](https://doi.org/10.1007/BF02334251)
- Vogel, A., 2004., Diatomeenaufwuchs Auf Historischen Herbarbelegen Als Indikator Der Ehemaligen Wasserqualität Von Fließgewässern. Doktors Der Naturwissenschaften Germany, 200s.
- Winter, J. G., Duthie, H. C., 2000., Stream Epilithic, Epipellic And Epiphytic Diatoms: Habitat Fidelity And Use In Biomonitoring. *Aquatic Ecology*, 34:345-353. doi: [10.1023/A:1011461727835](https://doi.org/10.1023/A:1011461727835)
- Yaramaz, Ö., 1992., Çevre ve Su Kirliliği, E. Ü. Su Ür. Fak. Ders. Kitabı, Yayın No: 42, E. Ü. Basımevi, Bornova-İZMİR, 121s.
- Yıldırım, V., Şen, B., Çetin, A. K., Alp, M. T., 2003., Hazar Gölü'ne Dökülen Kürk Çayı'nın (Elazığ) Epipellic Diyatome Florası. *F. Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(3): 329-336.
- Yıldız, K., Atıcı T., 1996., Ankara Çayı Diyatomeleleri, Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi, 6:59-87.

# Gediz Deltası dalyan alanlarının (İzmir Körfezi) yüzey sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi

## Assessment of heavy metal pollution of surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta (Izmir Bay)

Esin Uluturhan Suzer \* • Aynur Konaş • Elif Can Yılmaz

Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, 35340 İnciraltı-İzmir

\*Corresponding author: [esin.uluturhan@deu.edu.tr](mailto:esin.uluturhan@deu.edu.tr)

### How to cite this paper:

Uluturhan-Suzer, E., Konaş, A., Can-Yılmaz, E., 2015. Assessment of heavy metal pollution of surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta (Izmir Bay). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 79-87. doi: [10.12714/egejfas.2015.32.2.04](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.2.04)

**Abstract:** In this study, the heavy metal concentrations in surface sediments from Kırdeniz, Homa, Çilazmak Lagoons and Çamaltı Saltpan at Gediz Delta were investigated. The possible sources of metal pollution were determined according to the enrichment factors (EF) and sediment quality and pollution degrees were also defined with sediment quality guideline (SQG). The highest heavy metal concentrations were determined at Kırdeniz, Çilazmak Lagoons and Çamaltı Saltpan. The pollutions of Pb, Cr and Ni at all sampling area and especially Hg pollution at Çilazmak Lagoon and Çamaltı Saltpan are originated from anthropogenic sources. The concentrations of Ni were below the PEL value and the levels of Pb, Cr were above the TEL value in all sampling area. According to SOQ, all sampling stations were classified as heavily polluted for Ni and Cr and moderately polluted for Pb. The highest contamination degrees were detected in Kırdeniz and Çilazmak Lagoons.

**Keywords:** Gediz Delta, heavy metal, pollution, sediment, sediment quality criteria

**Özet:** Bu çalışma kapsamında Gediz Deltasında yer alan Kırdeniz, Homa ve Çilazmak Dalyanları ile Çamaltı Tuzlası kıyılarından alınan yüzey sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonları saptanmıştır. Zenginleşme faktörleri (EF) hesap edilerek, metal kirliliğinin muhtemel kaynakları belirlenmiş ve sediment kalite kriterlerine (SQG) göre sediment kalitesi ve kirlilik düzeyleri tespit edilmiştir. En yüksek metal konsantrasyonları, Çamaltı Tuzlası, Kırdeniz ve Çilazmak Dalyanlarında saptanmıştır. Tüm çalışma bölgesi için Pb, Cr, Ni'nin yanı sıra özellikle Çilazmak ve Çamaltı Tuzlası alanlarında Hg kirlilikleri antropojenik kaynaklıdır. Çalışma alanının tümünde Ni konsantrasyonları PEL değerinin, Pb ve Cr seviyeleri ise TEL değerinin üstündedir. SOQ kriterlerine göre tüm istasyonlar Ni ve Cr açısından aşırı kirliliğe, Pb için ise kısmen kirliliğe sınıflandırılmıştır. En yüksek kirlilik dereceleri Kırdeniz ve Çilazmak Dalyanlarında tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gediz Deltası, ağır metal, kirlilik, sediment, sediment kalite kriteri

## GİRİŞ

Ağır metallerin yarattığı kirlilik, dünya denizlerinde ve dalyanlar gibi kıyasal ekosistemlerde problemler yaratmaktadır. Erozyon sonucu nehirlerle denizel bölgeye metal taşınması, jeolojik ayrışma ve aşınma, karasal ve deniz dibi volkanik faaliyetler, fosil yakıtların yanması gibi olaylar metallerin doğal kaynaklarını oluşturmaktadır. İnsan aktiviteleri sonucu oluşan metallerin kaynakları ise madencilik faaliyetleri, endüstriyel kökenli atıklar, evsel ve tarımsal aktiviteler sonucu oluşan metal girişleridir. Doğal olmayan kaynakların en önemlisi endüstriyel atıklardır. Deniz ortamına ulaşan ağır metaller, su kolonunda serbest iyonlar, inorganik veya organik bileşikler ve partikül maddelere tutunmuş şekilde bulunurlar. Su kolonunda çökerek sedimente geçmiş olan metaller su ve sediment arasında devamlı bir geçiş halindedir. Ağır metaller deniz ortamında çeşitli fiziko kimyasal reaksiyonlara girerler.

Sedimentte biriken metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sedimentin yapısına, boyutuna ve sedimentteki organik maddeye bağlı olarak değişiklik gösterir. Sediment, ağır metaller için birikim yeridir ve bu nedenle sulcul ekosistemdeki ağır metal kirliliğinin araştırılmasında çok önemlidir (Salomons ve Fostner, 1984).

Gediz Nehri, İzmir Körfezi'nin kuzeybatısında bulunan Türkiye'nin en büyük deltalarından biri olan Gediz Deltası'nı oluşturur. Gediz Deltası, tatlı ve tuzlu su bataklıkları, geniş tuz tavaları ve dört lagünü içermesiyle geniş bir sulak alandır ve çok sayıda kuş türünün üreme alanı olarak Türkiye'nin önemli Ramsar alanlarından bir tanesidir. Deltanın oluşumu sırasında Gediz Nehri'nin sık sık yatak değiştirmesi nedeniyle denize doğru ilerlediği kesimlerde lagünler ve bataklıklar

oluşturmuştur. Deltada yer alan ve ince kordonlarla denizden ayrılan dalyanlar kuzeyden güneye doğru Kırdeniz (400 ha), Homa (1824 ha), Çilazmak (725 ha) ve yakın tarihte yıkılan Rağıp Paşa (500 ha) Dalyanı'dır. Homa Dalyanı ile Çilazmak Dalyanı'nın arasında Türkiye'nin tuz üretiminde önemli yeri olan Çamaltı Tuzlası bulunmaktadır (Çağırkaya ve Meriç, 2013).

Gediz Deltası zengin ve farklı habitatları içermesi nedeniyle başta su kuşları ve balıklar olmak üzere binlerce canlıya uygun yaşam ortamı sağlamakta ve dalyanlarda yapılan balıkçılık ve avcılık ile yöre ekonomisine katkıda bulunmaktadır. Son yıllardaki aşırı kuraklık ve Gediz Nehri'nin sularının önemli miktarının barajlarda tutulması ve sulamada kullanılması nedeniyle deltaya yeterli su girişi sağlanamamış, sazlık ve bataklıklar kuruma tehlikesi ile karşılaşmış, bununla birlikte dalyan alanlarında aşırı tuzlanma ve sığlaşma görülmüştür. Bu nedenle delta için "Can Suyu Projesi" başlatılmıştır (Atılğan ve Egemen, 2001; Çağırkaya ve Meriç, 2013).

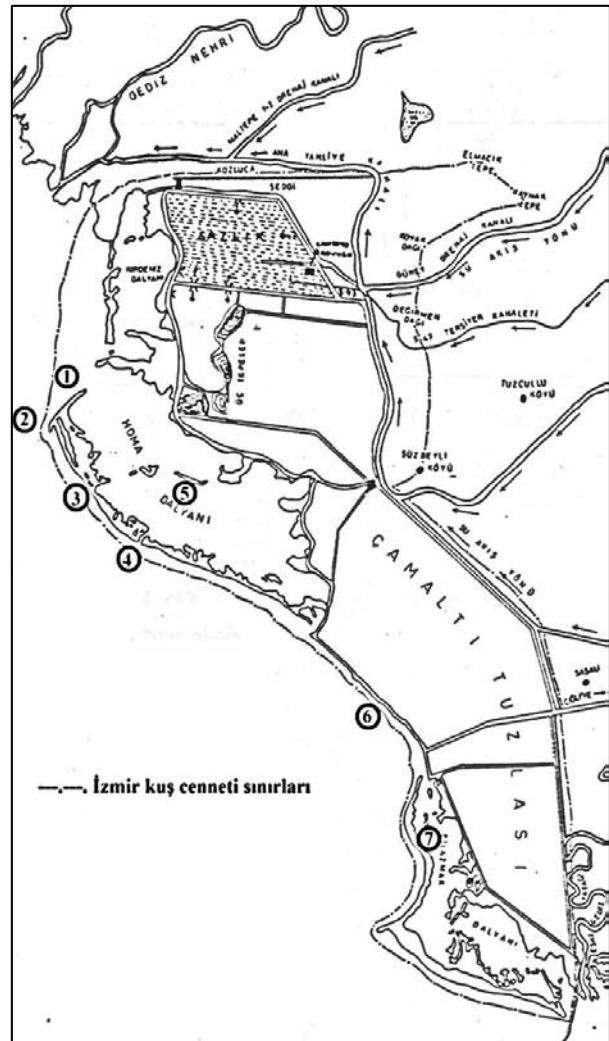
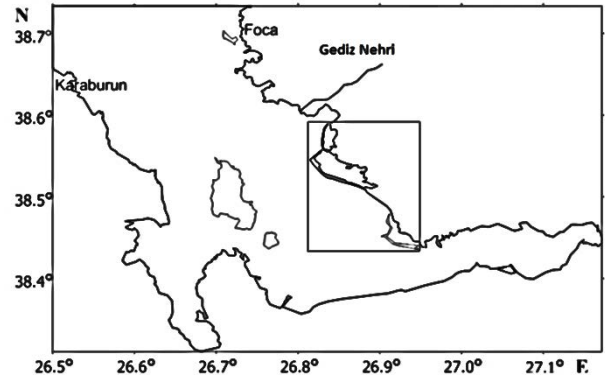
Gediz Havzası'nda çok sayıda metal, maden, kimya, toprak ürünleri, gıda, kağıt ve deri işleme tesisleri gibi sanayi kuruluşları mevcuttur. Gediz Nehri, üç büyük şehrin (Uşak, Manisa ve İzmir) evsel ve endüstriyel atık suları ile tarımsal drenaj sularına bağlı olarak aşırı derecede kirlenmektedir (Küçüksezgin vd., 2008; Parlak vd., 2006). Gediz Nehri'nin taşıdığı bu kirlenmeler İzmir Körfezi'ne kadar ulaşmakta ve deltasında yer alan dalyan alanlarını da etkilemektedir.

Bu çalışmada deltada yer alan Kırdeniz, Homa ve Çilazmak Dalyanları ile Çamaltı Tuzlası kıyı bölgelerindeki yüzey sedimentlerinde ağır metal konsantrasyonlarının ölçülmesi, kirlilik kaynaklarının belirlenmesi, sediment kalitesinin ve kirlilik düzeyinin saptanması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Ağır Metal Analizleri

Gediz Deltası'nda seçilmiş örnekleme noktalarından (Şekil 1) yüzey sediment örnekleri Eylül 2005 tarihinde van Veen grab ile toplanmış ve analize kadar derin dondurucuda saklanmıştır. Laboratuvarında freeze-dryer yöntemiyle kurutulmuş ve elenmiş (63 µm) yaklaşık 0.10-0.20 gr sediment örnekleri, Milestone(1200) kapalı sistem mikrodalga çözünürleştirme sisteminde uygun asit karışımında çözülmüştür (UNEP, 1982; 1985a;b;c;d). Ağır metal ölçümleri Varian SpectraAA 300 Plus Atomik Absorbsiyon Spektrometre'(AAS) de yapılmıştır. Kurşun, bakır, krom, çinko, nikel, mangan, demir ve alüminyum alev tekniği ve kadmiyum grafit fırın, civa ise soğuk buhar tekniği kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. İzmir Körfezi ve örnekleme alanı  
Figure 1. Izmir Bay and the sampling area

Analitik yöntemlerin kontrol edilmesi amacıyla IAEA Monaco Deniz Laboratuvarından sağlanan SD-MEDPOL-1/TM referans maddesi kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar (mg/kg kuru ağırlık olarak): Hg (gerçek değer:0.132±0.014; bulunan değer:0.133±0.00), Pb (gd:39.40±4.80; bulunan değer:37,4±1.44), Cr (gd:74.2±5.80; bd:74.45±0.29), Cu

(gd:48.3±4.3; bd:48.71±0.25), Zn (gd:141±9.0; bd:142±1.44), Mn (gd:357±24; bd:357.5±2.74), Ni (gd:30±2.90; bd:31.14±0.59) şeklindedir.

### Sediment Kirliliğini ve Kalite Kriterlerini Belirleyen Metotlar

**Zenginleşme faktörü (EF):** Sedimentteki metalin antropojenik etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.

$$EF = (\text{Metal/Alüminyum}) \text{ örnek} / (\text{Metal/ Alüminyum}) \text{ kabuk}$$

Genellikle ağır metal çalışmalarında metallerin kaynaklarını belirlemek için Al ve Fe gibi konservatif elementler kullanılarak jeokimyasal normalizasyon yapılır. Al kabukta; Fe ise kil minerallerinin yapısında bulunan en baskın elementtir. Bu çalışmada zenginleşme faktörünü hesaplarırken normalleştirme elementi olarak Fe kullanılmıştır.  $0.5 \leq EF \leq 1.5$  ise metal (litojenik) kabuksal kaynaklı veya doğal ayrışma sonucu;  $EF > 1.5$  ise metalin antropojenik kaynaklardan geldiği düşünülmektedir (Zhang vd., 2007).

**Sediment kalite belirleme yöntemleri (SQG):** Sucul ekosistemdeki kirlenici konsantrasyonlarının, kabul edilebilir limitlerini belirlemek için kullanılan kalite kriterleridir (MacDonald vd., 2000). SQGs'ler ağır metal, PAH ve PCB gibi birçok toksik madde için geliştirilmiştir. USEPA'nın (United States Environmental Protection Agency) SQG'e göre sediment; "kirli olmayan", "kısmen kirli" ve "aşırı kirli" olarak sınıflandırılır (Long vd., 1995). SQG için TEL (Eşik etki seviyesi) ve PEL (Olası etki seviyesi) değerleri belirlenmiştir. TEL değeri için bu konsantrasyonun altında kötü etkilerinin görünmesinin nadir; PEL değeri için ise bu konsantrasyonun üzerinde kötü etkilerin görünmesinin sıklıkla olacağı kabul edilmektedir (MacDonald vd., 2000).

**Kirlilik faktörü ( $C_f$ ) ve kirlilik derecesi ( $C_d$ ):** Sedimentteki

birikim tanecik yapısına ve fizikokimyasal etkenlere bağlıdır. Sedimentteki metal birikiminin sediment üzerindeki suya ve sucul çevreye olmak üzere iki tür etkisi vardır. Ağır metallerin çevreye olan etkileri sinerjik ve antogenistik olmak üzere iki tiptir. Kirlilik seviyesi "Kirlilik Faktörü ( $C_f$ )" olarak ifade edilmektedir (Muthu ve Jayaprakash 2008). Kirlilik faktörünün hesaplanması için "Ortalama eşik değerleri" (Turekian ve Wedepohl 1961) veya "Ortalama yer kabuk değerleri" (Taylor, 1972) kullanılır.

Kirlilik faktörü ( $C_f$ ) = Sedimentteki metal konsantrasyonu / Metalin ortalama eşik değeri olarak hesap edilir. Kirlilik faktörü 4 grupta sınıflandırılır (Hakanson, 1980):  $C_f < 1$ : düşük;  $1 \leq C_f < 3$ : orta;  $3 \leq C_f < 6$ : önemli ve  $C_f \geq 6$ : çok yüksek kirlilik faktörü.

"Kirlilik Derecesi ( $C_d$ )" belirli bir basenin tüm kirlilik faktörlerinin toplamıdır. Bu çalışmada, Sedimentteki Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, Fe ve Al için  $C_f$  hesap edildiğinde, kirlilik derecesi aşağıda ki gibi 4 grupta değerlendirilir:  $C_d < 10$ : düşük;  $10 \leq C_d < 20$ : orta;  $20 \leq C_d < 40$ : önemli ve  $C_d \geq 40$ : çok yüksek dereceli kirlilik (Hakanson, 1980).

## BULGULAR

### Ağır Metal Konsantrasyonlarının Dağılımı

Gediz Deltası dalyan alanları sedimentlerinde saptanan ağır metal konsantrasyonları Tablo 1 ve Şekil 2'de verilmiştir. Saptanan metal konsantrasyonları Akdeniz değerleri ile karşılaştırıldığında, Hg, Pb, Cr, Cu ve Zn konsantrasyonları bazı istasyonlar dışında genel olarak yüksek iken, Cd değerleri ise Akdeniz için bilinen seviyeler arasında saptanmıştır. Turekian ve Wedepohl'a (1961) göre, tüm istasyonlardaki Mn ve Ni seviyeleri ile bazı istasyonlardaki Hg, Pb, Cr, Zn ve Fe konsantrasyonları yüksek olarak saptanmıştır. Bunun yanında, Cd, Cu ve Al konsantrasyonları temel değerlerinden düşüktür (Tablo 1).

**Tablo 1.** Gediz Deltası dalyan alanları sedimentlerindeki ağır metal konsantrasyonları ile SOQ, Akdeniz ve temel değerleri (mg/kg, kuru ağırlık)

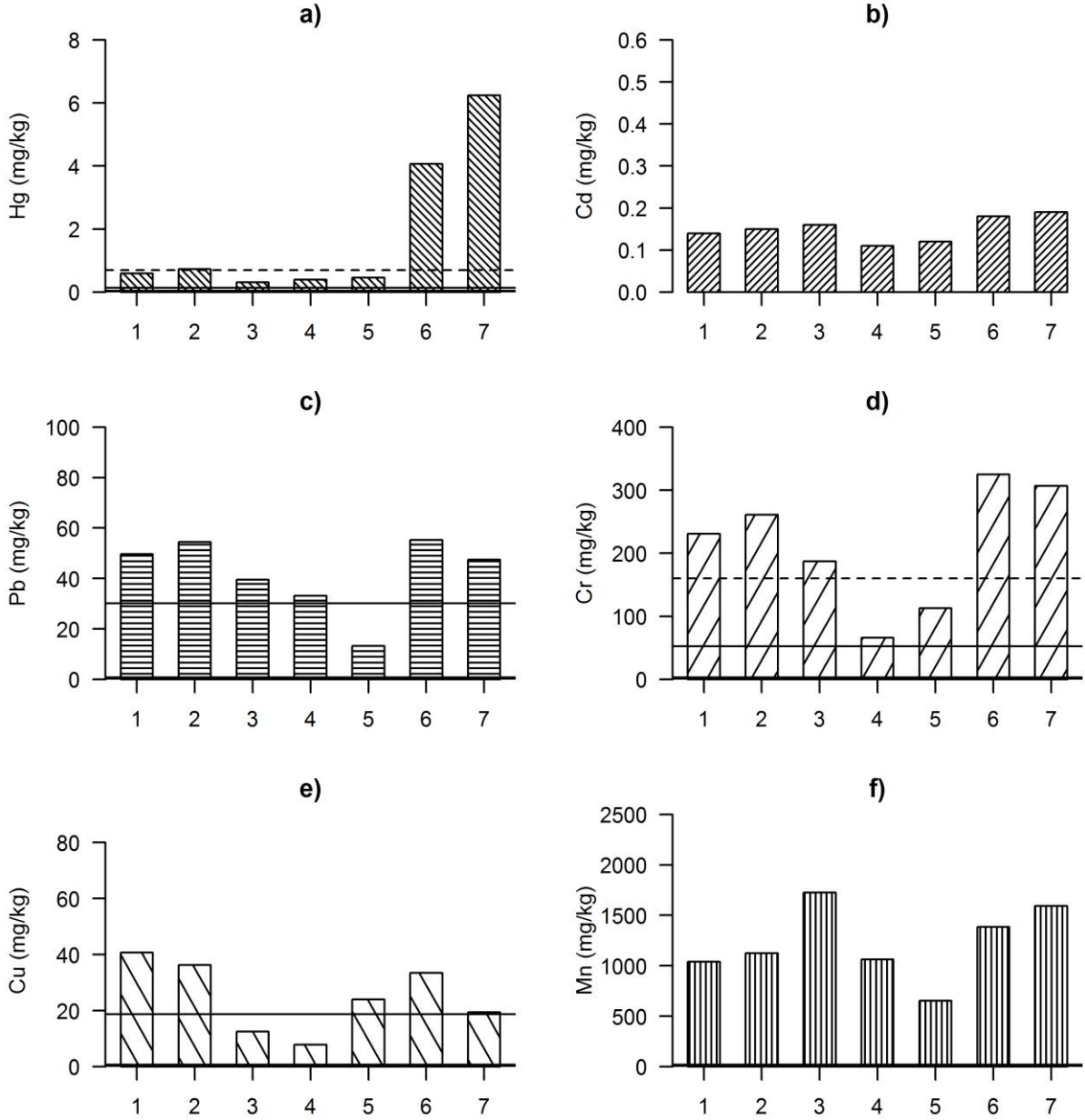
**Table 1.** Metal concentrations at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta, Mediterranean, temel and sediment quality guideline (SQG) values for heavy metals (mg/kg, dry weight)

Stations	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn	Fe	Al
1	0.59	0.14	49.7	231	40.7	1040	343	140	61347	59087
2	0.73	0.15	54.5	261	36.3	1126	279	141	52973	53995
3	0.31	0.16	39.5	187	12.5	1726	184	85	42013	35535
4	0.39	0.11	33.1	66	7.8	1063	141	35	20530	34018
5	0.46	0.12	13.2	113	24.0	653	115	80	28018	45996
6	4.07	0.18	55.2	325	33.5	1385	294	140	67816	50473
7	6.24	0.19	47.5	307	19.4	1594	242	89	51253	50929
kirli değil	-	-	<40	<25	<25	-	<20	<90	-	-
SQG kısmen kirli	-	-	40-60	25-75	25-50	-	20-50	90-200	-	-
aşırı kirli	-	>6	>60	>75	>50	-	>50	>200	-	-
Akdeniz <sup>a</sup>	0.34	0.10-2.3	25	15	15	-	-	50	-	-
Temel değerleri <sup>b</sup>	0.40	0.30	20	90	45	850	68	95	47000	84000

a UNEP (1978), Whitehead vd., (1985) ve MAP (1987) b Turekian ve Wedepohl (1961)

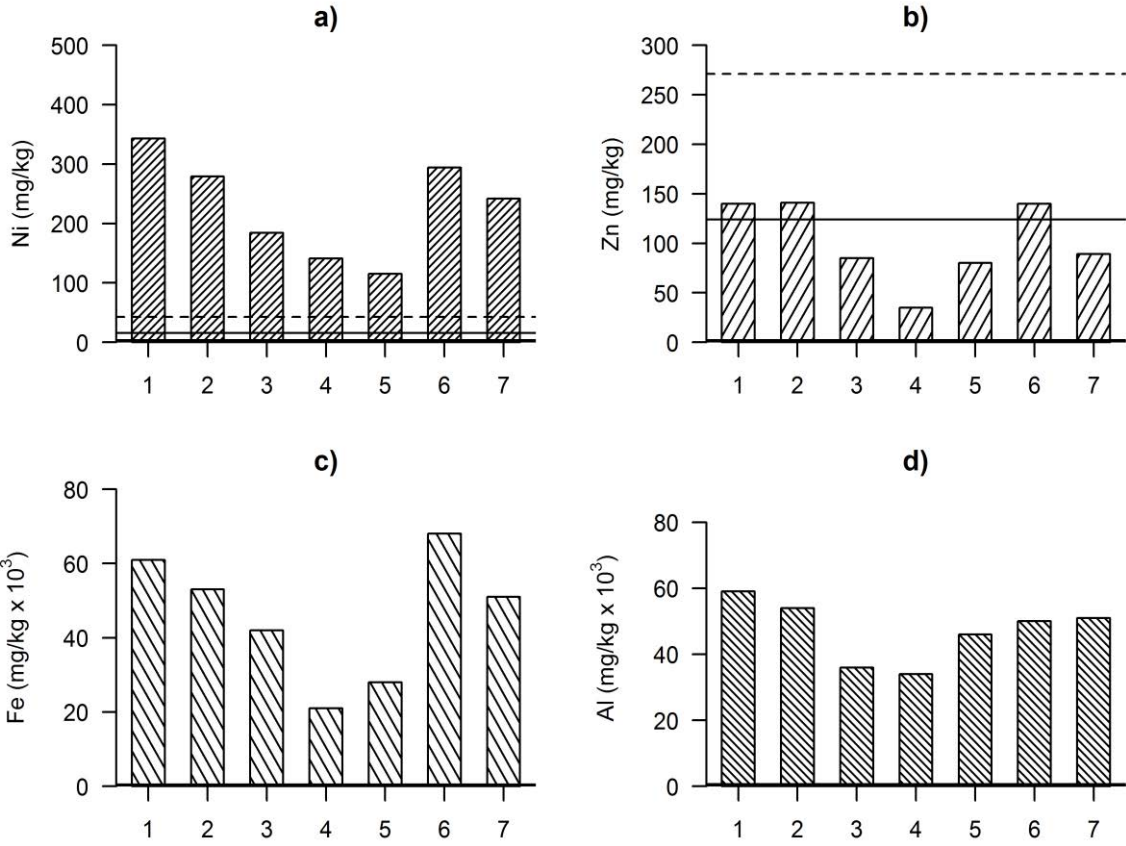
Bulunan sonuçlara göre en yüksek Hg ve Cd konsantrasyonları 7 numaralı istasyonda (Çilazmak Dalyanı) saptanırken, en yüksek Pb, Cr ve Fe seviyeleri istasyon 6'da (Çamaltı Tuzlası) ölçülmüştür. Maksimum Cu, Ni ve Al değerleri ise 1 numaralı istasyonda (Kırdeniz bölgesinde) bulunmuştur.

Minimum Cd, Cr, Cu, Zn, Fe ve Al konsantrasyonları 4 nolu istasyonda saptanırken, Pb, Mn ve Ni değerlerinin en düşük seviyeleri istasyon 5'de (Homa Dalyanı) ölçülmüştür (Tablo 1 ve Şekil 2-3)



**Şekil 2.** Gediz Deltası dalyan alanları sedimenterindeki Hg (a), Cd (b), Pb (c), Cr (d), Cu (e) ve Mn (f) konsantrasyonları ile TEL (\_\_\_\_) ve PEL (----) seviyereleri (mg/kg, kuru ağırlık)  
**Figure 2.** Hg (a), Cd (b), Pb (c), Cr (d), Cu (e) and Mn (f) concentrations at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta and TEL (\_\_\_\_), PEL (----) values (mg/kg, dry weight)





**Şekil 3.** Gediz Deltası dalyan alanları sedimenterindeki Ni (a), Zn (b), Fe (c) ve Al (d) konsantrasyonları ile TEL (—) ve PEL (---) seviyereleri (mg/kg, kuru ağırlık)

**Figure 3.** Ni (a), Zn (b), Fe (c) and Al (d) concentrations at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta and TEL (—), PEL (---) values (mg/kg, dry weight)

### Ağır Metallerin Zenginleşme Faktörleri

Her metal için hesaplanan zenginleşme faktörü (EF) değerleri Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, tüm istasyonlardaki Cr ve Ni, zenginleşmesi ile bazı istasyonlar dışındaki Hg ve Pb zenginleşmesi genel olarak  $EF > 1.5$  olarak saptandığı için bu metallerin kirliliklerinin, antropojenik kaynaklı olduğunu göstermiştir. Bunun yanında, antropojenik Mn kirliliği ise 3, 4 ve 7 numaralı istasyonlarda bulunmuştur. Ölçülen tüm Cd ve Zn değerleri için  $EF < 1.5$  olması nedeniyle örnekleme alanında zenginleşmenin olmadığı görülmüştür (Tablo 2).

### Ağır Metaller Açısından Sediment Kalitesi

Gediz Deltası yüzey sedimenterinde saptanan ağır metal konsantrasyonları, USEPA'nın (Long vd., 1995) Sediment Kalite Kriterlerine (SQGs) göre değerlendirilmiştir (Tablo 1 ve Şekil 2-3). Tüm örnekleme istasyonlarında ölçülen Ni konsantrasyonları PEL değerinden yüksektir. Sadece 4 ve 5 numaralı istasyonlardaki Cr seviyeleri TEL-PEL aralığında iken,

diğer istasyonlardaki konsantrasyonlar PEL değerini de aşmaktadır. Hg seviyeleri, 6 ve 7 numaralı istasyonda PEL değerini aşarken; diğer istasyonlarda TEL değerinin üstünde saptanmıştır. Pb konsantrasyonlarına göre sadece 5 numaralı istasyon dışında, tüm istasyonlardaki seviyeler TEL değerini aşmıştır. Genel olarak 1,2 ve 6 numaralı istasyonlarda saptanan Cu ve Zn seviyeleri TEL değerinin üstündedir. Bunun yanında, tüm örnekleme bölgesindeki Cd konsantrasyonları TEL değerinin de altında saptanmıştır (Şekil 2-3).

Tüm bu sonuçlar göstermektedir ki, Ni kirliliği tüm istasyonlarda SQG göre "aşırı kirli" olarak değerlendirilebilir. Bunu yanında, Cr için 4 numaralı istasyon "kısmen kirli" iken diğer tüm istasyonlar "aşırı kirli" olarak sınıflandırılmıştır. Pb bakımından; 1, 2, 6 ve 7 numaralı istasyonlar, Zn için 1,2, 6 numaralı istasyonlar "kısmen kirli" sınıfındadır. Pb, Cu ve Zn bakımından 3,4 ve 5 numaralı istasyonlar kirli değildir. Bunun yanında Cd bakımından ise tüm istasyonlarda kirlilik saptanmamıştır (Tablo 1).

**Tablo 2.** Gediz Deltası dalyan alanları sedimentlerinde kirlilik faktörü (C<sub>f</sub>) ve kirlilik derecesi (C<sub>d</sub>)**Table 2.** Contamination factor (C<sub>f</sub>) and contamination degree (C<sub>d</sub>) at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta

	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn
1	1.12	0.36	1.90	1.96	0.69	0.94	3.87	1.13
2	1.61	0.43	2.42	2.57	0.72	1.18	3.63	1.31
3	0.88	0.60	2.21	2.33	0.31	2.27	3.02	1.00
4	2.24	0.82	3.79	1.68	0.40	2.86	4.76	0.84
5	1.93	0.67	1.11	2.10	0.89	1.29	2.84	1.42
6	7.06	0.42	1.91	2.50	0.52	1.13	3.00	1.02
7	14.3	0.58	2.18	3.12	0.40	1.72	3.26	0.85

**Metalle Kirlilik Faktörü (C<sub>f</sub>) Ve Kirlilik Derecesi (C<sub>d</sub>)**

Bölgede saptanan kirlilik faktörleri (C<sub>f</sub>) ve kirlilik dereceleri (C<sub>d</sub>) Tablo 3'de verilmiştir. Tüm örnekleme istasyonları için metal düzeylerindeki sıralama Ni>Cr>Pb>Mn>Zn şeklinde saptanmıştır. Özellikle Hg'nin kirlilik faktörü Çamaltı Tuzlası ve Çilazmak bölgesinde (istasyon 6 ve 7) çok yüksek bulunmuştur.

Bunlara bağlı olarak saptanan en yüksek kirlilik dereceleri (C<sub>d</sub>) genel olarak Çamaltı Tuzlası, Çilazmak ve Kırdeniz bölgelerinde (7,6, 1 ve 2 numaralı istasyonlar) tespit edilmiştir. Kırdeniz bölgesi orta dereceli kirlilik olarak sınıflandırılırken; Çamaltı Tuzlası ve Çilazmak bölgelerinin yüksek kirlilik düzeyinde olduğu bulunmuştur.

**Tablo 3.** Gediz Deltası dalyan alanları sedimentlerinde kirlilik faktörü (C<sub>f</sub>) ve kirlilik derecesi (C<sub>d</sub>)**Table 3.** Contamination factor (C<sub>f</sub>) and contamination degree (C<sub>d</sub>) at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta

	C <sub>f</sub>									C <sub>d</sub>
	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn	Fe	
1	1.46	0.47	2.49	2.56	0.90	1.22	5.05	1.48	1.3	16.9
2	1.82	0.48	2.72	2.90	0.81	1.32	4.10	1.48	1.1	16.8
3	0.79	0.54	1.98	2.08	0.28	2.03	2.70	0.90	0.9	12.2
4	0.98	0.36	1.66	0.74	0.17	1.25	2.08	0.37	0.44	8.04
5	1.15	0.40	0.66	1.25	0.53	0.77	1.69	0.85	0.60	7.90
6	10.2	0.60	2.76	3.61	0.74	1.63	4.33	1.47	1.4	26.8
7	15.6	0.64	2.38	3.41	0.43	1.88	3.55	0.93	1.1	29.9



## TARTIŞMA

Bu çalışmada saptanan ağır metal değerleri, Türkiye kıyılarında bulunan diğer lagünler ve İzmir Körfezi sedimentlerindeki ağır metal seviyeleri Tablo 4'de karşılaştırılmıştır. Gediz Deltası'nda saptanan Hg, Pb, Mn ve Ni konsantrasyonları, diğer çalışmalarda bulunan metal seviyelerinden daha yüksektir. Cd değerlerine bakıldığında; çalışma bölgesi sedimentlerindeki metal seviyeleri, İzmir körfezi ve Homa Dalyanı'nda yapılan araştırma sonuçlarına

benzerdir. Bu çalışmada bulunan Cd değerleri, Parlak ve arkadaşlarının (2006) deltada saptadığı konsantrasyonlardan daha düşüktür. Bulunan Cr konsantrasyonları, İzmir körfezi ve Homa Dalyanı'nda saptanan seviyelerden yüksek olmasına karşılık, Küçükçekmece ve daha önce bulunan Gediz Deltası Cr seviyelerinden daha düşüktür. Delta sedimentlerinin Cu ve Zn içerikleri, genel olarak İzmir Körfezi, Akyatan Lagünü, önceki Gediz Deltası (Parlak vd., 2006) ve Homa Dalyanı (Uluturhan vd., 2011) metal konsantrasyonlarından daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4).

**Tablo 4.** Gediz Deltası dalyan alanları ve Türkiye'nin farklı kıyı bölgelerindeki sedimentlerde saptanan metal konsantrasyonları (mg/kg, kuru ağırlık)  
**Table 4.** Heavy metal concentrations at surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta and different coastal areas of Turkey (mg/kg, dry weight)

Lagünler	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	Mn	Ni	Zn	Reference
Akyatan Lagünü	-	nd	19.5-33.6	-	15.4-31.3	-	80-129	54-102	Davutluoğlu vd., 2010
Küçükçekmece	-	nd	0.22-28	12-1226	1.46-75	69-959	8.6-197	32-391	Altun vd., 2009
İzmir Körfezi Gediz ağızı	0.14	0.12	16.5	184	32.4	686	115	112	Gülşen 2014
İzmir Körfezi arıtma önü	0.20	0.16	8.3	158	31.9	636	107	118	Gülşen 2014
İzmir Körfezi (Dış bölüm)	0.22-0.91	0.03-0.11	5.4-26	54-186	6.5-35	297-784	19-129	28-122	Küçüksezgin vd., 2011
İzmir Körfezi (Orta bölüm)	0.20-0.51	0.05-0.16	16-36	155-158	32-36	527-603	116-121	107-117	Küçüksezgin vd., 2011
Gediz Deltası	-	0.01-0.44	1.83-37.5	5.87-489	0.39-30.9	-	8.68-57.4	-	Parlak vd., 2006
Homa Dalyanı	-	0.001-1.16	5.27-19	19-90	4.03-51	-	-	13-96	Taş vd., 2009
Homa Dalyanı	0.22-0.48	0.06-0.19	2.43-17	84-129	10-26	410-729	58-108	46-92	Uluturhan vd., 2011
<b>Bu çalışma</b>	<b>0.31-6.24</b>	<b>0.11-0.19</b>	<b>13.2-54.5</b>	<b>66-325</b>	<b>7.8-40.7</b>	<b>653-1726</b>	<b>115-343</b>	<b>80-141</b>	

Elde edilen sonuçlara göre, genel olarak en yüksek metal konsantrasyonları Kırdenez bölgesi ile Çamlı Tuzlası ve Çilazmak Dalyanı'nda saptanmıştır. Zenginleşme faktörüne göre, özellikle Çilazmak Dalyanı ve Çamlı Tuzlası bölgelerinde Hg ve tüm bölge için Pb, Cr, Ni kirliliklerinin antropojenik kaynaklı olduğu bulunmuştur. Sediment kalite kriterlerine göre ise tüm bölgede Ni seviyeleri PEL değerini aşarken, Pb ve Cr seviyeleri TEL sınırının üstünde olduğu görülmüştür. SOQ kriterlerine göre tüm istasyonlar Ni ve Cr açısından "aşırı kirlili"; Pb için ise "kısmen kirlili" olarak sınıflandırılmıştır. Kırdenez, Çilazmak Dalyanları ve Çamlı Tuzlası istasyonlarında en yüksek kirlilik dereceleri tespit edilmiştir.

Tüm bu sonuçlara bakıldığında; Gediz Deltası'nda saptanan Cu birikiminin yoğun tarımsal aktivitelere bağlı olarak Gediz Nehri ile taşınan pestisit kaynaklı olduğu belirtilmektedir (Taş vd., 2009). Bunun yanında Gediz Nehri'nde yüksek olarak ölçülen Cr konsantrasyonlarının, deri ve tekstil sanayinde, özellikle deri tabaklanmasındaki yoğun Cr kullanımına bağlı olduğu ifade edilmektedir (Küçüksezgin vd., 2008; Taş vd., 2009). Havzada yer alan çok sayıda deri işletmesinin

bulunması ve bunların atık sularının arıtılmadan denize boşaltılmasına bağlı olarak bölgede yüksek seviyelerde ağır metal konsantrasyonlarının görüldüğü de belirtilmiştir (Taş vd., 2009; Yavaş, 2001).

İzmir Körfezi, 1960'lı yıllardan itibaren şehir nüfusunun hızla çoğalması ve endüstriyel kuruluşların sayısındaki artışlar sonucu, evsel ve endüstriyel atık suların doğrudan körfeze bırakılması nedeniyle giderek kirlenmiştir. 2000 yılında devreye giren Çiğli Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi ile körfezdeki evsel kirlilik kontrol altına alınmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen dalyan alanları Gediz Deltası'nda yer almasının yanı sıra özellikle Çamlı Tuzlası ile Çilazmak Dalyanı Çiğli Atık Su Arıtma Tesisi'nin çok yakınında yer alıp eski Gediz Nehri'nin döküldüğü alandır. Ayrıca Gediz Nehri, üç büyük şehrin evsel, endüstriyel ve tarımsal kirliliğinin etkisi altında olup bu kirlilik yükünü İzmir Körfezi'ne taşımaktadır. Bu bakımdan sediment kirliliğini ve kalite kriterlerini belirleyen metotlara göre, İzmir Körfezi'nin orta kesiminde yer alan deltanın sedimentlerinde saptanan Hg, Pb Ni, ve Cr kirliliği, İzmir Körfezi'nden ve Gediz Nehri'nin taşıdığı evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Atılğan ve Egemen,

2001; Parlak vd., 2006; Küçüksezgin vd., 2008; Küçüksezgin vd., 2011; Uluturhan vd., 2011). Ayrıca Gediz havzasında Turgutlu ve Gördes bölgelerinde aktif olarak çalışan Ni-Co madenleri yer almaktadır. Bu bağlamda bu madencilik faaliyetlerinin, Gediz Nehri'nin, deltasında yer alan dalyanların ve ayrıca Türkiye'nin tuz üretiminde önemli katkısı olan Çamaltı Tuzlası bölgesi sedimentlerinde saptanan ağır metal kirliliğine katkısı olduğu düşünülmektedir.

## SONUÇ

Sediment, kirleticilerin birikim yeridir ve sucul ekosistemdeki kirliliğinin araştırılmasında son derece önemlidir. Türkiye'nin önemli Ramsar alanlarından olan, zengin flora ve faunaya uygun yaşam ortamı sağlayan sulak alanları; balıkçılık

ve avcılık ile yöre ekonomisine katkıda bulunan dalyanları ve tuz üretiminde önemli yeri olan Çamaltı Tuzlasını da içine alan Gediz Deltası sedimentlerinde yapılan bu çalışmada yüksek metal konsantrasyonları saptanmıştır. Çalışma bölgesinde ölçülen tüm Ni seviyeleri PEL değerinin; Pb ve Cr seviyeleri ise TEL sınırının üstünde bulunmuştur. SOQ kriterlerine göre delta, Ni ve Cr açısından "ağır kirli"; Pb bakımından ise "orta kirli" olduğu saptanmıştır.

Bütün bunlar göz önüne alınarak, ekolojik ve ekonomik değere sahip sucul ekosistemlerin sağlığı ve sürdürülebilirliği için sedimentlerdeki ağır metal kirliliğinin boyutları araştırılmalı, izlenmeli ve besin zinciri yolu ile insana kadar ulaşabilecek etkileri konusunda da bilgi sahibi olunmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Altun, Ö., Saçan, M., Türker, E., Kimiran, A., 2009. Water quality and heavy metal monitoring in water and sediment samples of the Küçükçekmece Lagoon, Turkey (2002–2003). *Environmental Monitoring and Assessment*, 151: 345–362. doi: [10.1007/s10661-008-0276-8](https://doi.org/10.1007/s10661-008-0276-8)
- Atılğan, I., Egemen, Ö., 2001. Güllük ve Homa lagünü sedimentlerinde karbon yanabilen madde ve bazı ağır metal (Cu, Zn) düzeylerinin karşılaştırmalı olarak araştırılması. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18 (1–2): 225–232.
- Çağırankaya, S.S., Meriç, B.T., 2013. Türkiye'nin Önemli Sulak Alanları: Ramsar Alanlarımız. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Hassas Alanlar Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 97-107.
- Davutluoğlu, O. I., Seckin, G., Kalat, D.G., Yılmaz, T., Ersu, C.B., 2010. Speciation and implications of heavy metal content in surface sediments of Akyatan Lagoon-Turkey. *Desalination*, 260: 199-210. doi: [10.1016/j.desal.2010.04.031](https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.04.031)
- Gülşen, F.D., 2014. Historical trends of heavy metals in sediment from Izmir Bay. Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Master thesis.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control—a sedimentological approach. *Water Research*, 14: 975–1001. doi: [10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](https://doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8).
- Kucuksezgin, F., Uluturhan, E., Batki, H., 2008. Distribution of heavy metals in water, particulate matter and sediments of Gediz River (Eastern Aegean). *Environmental Monitoring and Assessment*, 141: 213–225. doi: [10.1007/s10661-007-9889-6](https://doi.org/10.1007/s10661-007-9889-6)
- Kucuksezgin F., Kontas, A., Uluturhan, E., 2011. Evaluations of heavy metal pollution in sediment and *Mullus barbatus* from the Izmir Bay (Eastern Aegean) during 1997–2009. *Marine Pollution Bulletin*, 62(7): 1562-1571. doi: [10.1016/j.marpolbul.2011.05.012](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.012)
- Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L., Calder, F.D., 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19: 81–97. doi: [10.1007/BF02472006](https://doi.org/10.1007/BF02472006)
- MacDonald, D.D., Ingersoll, C.G., Berger, T.A., 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology*, 39: 20–31. doi: [10.1007/s002440010075](https://doi.org/10.1007/s002440010075)
- MAP (Mediterranean Action Plan), 1987. Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by mercury and mercury compounds. *Tech. Rep. Series 18*, UNEP, Athens.
- Muthu, S.R., Jayaprakash, M., 2008. Distribution and enrichment of trace metals in marine sediments of Bay of Bengal, off Ennore, South-east coast of India. *Environmental Geology*, 5(1): 207–217. doi: [10.1007/s00254-007-1156-1](https://doi.org/10.1007/s00254-007-1156-1)
- Parlak, H., Çakır, A., Boyacıoğlu, M., Çakal Arslan, Ö., 2006. Heavy metal deposition in sediments from the delta of the Gediz River (Western Turkey): a preliminary study. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 23 (3–4): 445–448.
- Salomons, W., Fostner, V., 1984. Metals in the Hydrocycle, pp 63-93.
- Taş, E.Ç., Ergen, Z., Sunlu, U., 2009. 2002-2004 yılları arasında Homa Lagünü'nde (İzmir Körfezi) toplanan *Hediste diversicolor*'da ve yaşadığı sedimentte ağır metal düzeylerinin (Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Fe) araştırılması. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 3: 179-185.
- Taylor, S.R., 1972. Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28: 1273. doi: [10.1016/0016-7037\(64\)90129-2](https://doi.org/10.1016/0016-7037(64)90129-2)
- Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., 1961. Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of American Bulletin*, 72, 175-192. doi: [10.1130/0016-7606\(1961\)72\[175:DOTEIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1961)72[175:DOTEIS]2.0.CO;2)
- Uluturhan, E., Kontas, A., Can, E., 2011. Sediment concentrations of heavy metals in the Homa Lagoon (Eastern Aegean): Assessment of contamination and ecological risks. *Marine Pollution Bulletin*, 62(9): 1989–1997. doi: [10.1016/j.marpolbul.2011.06.019](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.019)
- UNEP., 1978 Preliminary report on the state of pollution of the Mediterranean Sea. In governmental review Meeting of Mediterranean Coastal States on the Mediterranean Action Plan. UNEP/IG.11/INF 4.
- UNEP. (1982). Reference Methods for Marine Pollution Studies. No:14.
- UNEP Determination of total Hg in marine sediments and suspended solids by cold vapour AAS. Reference Methods for Marine Pollution Studies 26. 1985a.
- UNEP Determination of total cadmium in marine sediments by flameless AAS. Reference Methods for Marine Pollution Studies 27. 1985b.
- UNEP Determination of total chromium in marine sediments by flameless AAS. Reference Methods for Marine Pollution Studies 31. 1985c.

- UNEP Determination of total lead in marine sediments by flameless AAS. Reference Methods for Marine Pollut. Studies 34. 1985d.
- Whitehead, N.E., Oregioni, B., Fukai, R., 1985. Temel levels of trace metals in Mediterranean sediments. In: VII Journées Etud. Pollutions, CIESM, 233–240.
- Yavaş, Ö., 2001. The contamination effects of the activities of Gediz Basin to the Gediz River. Dokuz Eylul university, the Graduate School of Natural and Applied Sciences, Marine Science and Technology, Masters thesis, İzmir.
- Zhang, L., Ye, X., Feng, H., Jing, Y., Ouyang, T., Yu, X., 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China. *Marine Pollution Bulletin* 54: 974–982. doi:[10.1016/j.marpolbul.2007.02.010](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.02.010).



# Milas (Muğla-Türkiye) yöresinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan toprak havuz işletmelerinin risk kaynakları ve risk yönetim stratejileri

## Risk resources and management strategies in the earthen pond fish farming in the Milas region (Muğla-Turkey)

Ferit Çobanoğlu<sup>1</sup> \* • Deniz Çoban<sup>2</sup> • Şükrü Yıldırım<sup>3</sup> • Birsen Kırım<sup>1</sup> • Renan Tunaloğlu<sup>1</sup> • Murat Cankurt<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 09100, Aydın, Türkiye

<sup>2</sup> Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 09100, Aydın, Türkiye

<sup>3</sup> Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

\*Corresponding Author: [ferit.cobanoglu@adu.edu.tr](mailto:ferit.cobanoglu@adu.edu.tr)

### How to cite this paper:

Çobanoğlu, F., Çoban, D., Yıldırım, Ş., Kırım, B., Tunaloğlu, R., Cankurt, M., 2015. Risk resources and management strategies in the earthen pond fish farming in the Milas region (Muğla-Turkey). *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 89-97. doi: [10.12714/egejfas.2015.32.2.05](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.2.05)

**Abstract:** Determination of perception of risk resources and risk management strategies in the businesses of earthen ponds performed sea fish farming is quite important. Marine fish farming in the earthen ponds shows an important development in the last years, and it also has critical responsible on socio-economic development of the region. The survey study is carried out with 46 managers of the businesses selected by a precise sampling. It is basically benefited from 5 point Likert Scale during preparing the survey questions. The issues identified below are focused in the study. These are: (1) Socio-economic characteristics of the ponds and their managers, (2) Risk perception intended for different risk resources of the managers, (3) Risk management strategies for these risk resources. The basic descriptive statistical methods such as mean and percentage rates are used in the study. As a result, it is defined that the managers have variable perceptions of the risk resources and also different risk management strategies should be developed to produce some solutions to these perceptions in the earthen ponds carried out sea fish farming located in the research area.

**Keywords:** Sea fish farming, earthen ponds, risk, sustainability, agriculture insurance

**Özet:** Deniz balığı yetiştiriciliği yapan toprak havuz işletmelerinde, işletme yöneticilerinin sahip oldukları risk kaynağı algılarının ve risk yönetim stratejilerinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Milas yöresindeki toprak havuzlarda deniz balığı yetiştiriciliği son yıllarda önemli bir gelişme göstermiş olup, yörenin sosyo-ekonomik kalkınmasında önemli bir görev üstlenmiştir. Yöre faaliyet gösteren, belirli bir örnekleme ile seçilmiş 46 işletme yöneticisi ile anket çalışması yapılmıştır. Anket sorularının hazırlanmasında, esas olarak 5'li Likert ölçeğinden yararlanılmıştır. Çalışmada aşağıda belirtilmiş olan konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlar: (1) Toprak havuz işletmeleri ve bunların yöneticilerinin sosyo-ekonomik karakteristikleri, (2) Yöneticilerin farklı risk kaynaklarına dair risk algıları, (3) Bu risk kaynakları için risk yönetim stratejileri. Çalışmada, aritmetik ortalama, yüzde oranları gibi basit tanımlayıcı istatistik yöntemler kullanılmıştır. Sonuç olarak, araştırma yöresindeki toprak havuzlarda yapılan deniz balığı yetiştiricilik sistemlerinde işletme yöneticilerinin sahip oldukları çeşitli risk kaynağı algılarının bulunduğu ve bunların çözümüne yönelik farklı risk yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Deniz balığı yetiştiriciliği, toprak havuz işletmeleri, risk, sürdürülebilirlik, tarım sigortası

## GİRİŞ

Türkiye'de su ürünleri üretim ve tüketim düzeyi yıllara göre değişen bazı dalgalanmalar göstermekle birlikte, ihracat ve ithalat miktarı belirgin bir artış göstermiş olup, kişi başına düşen tüketim de ise önemli bir değişiklik olmadığı görülmektedir (GTHB, 2015). Yıllar itibarıyla toplam su ürünleri üretiminin gelişimi incelendiğinde ise, yetiştiricilik yapılarak gerçekleştirilen üretimin, avcılık yapılarak elde edilen üretime göre, tarihsel olarak önemli bir artış göstermiş olduğu ortaya çıkmaktadır. 2002 yılından, 2013 yılına gelindiğinde,

yetiştiricilik üretiminin toplam içindeki payı, %9,7'den %38,4'e ulaşmıştır (Yazıcıoğlu, 2015). Türler itibarıyla yıllara göre su ürünleri yetiştiriciliği incelendiğinde ise; alabalık, çipura ve levrek üretiminde önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Ülkemiz balıkçılık sektörünün yaklaşık olarak doğrudan 50 bin kişiye, dolaylı olarak da 200 bin kişiye, sadece kültür balıkçılığının ise 25 bin kişiye istihdam sağladığı bilinmektedir (Yazıcıoğlu, 2015).

Türkiye'de esas olarak su ürünleri üretiminde, dört farklı

yetiştiricilik sistemi söz konusudur (Yazıcıoğlu, 2015). Bunlar: (i) Denizlerde, baraj göllerinde ve göllerde, ağ kafeslerde entansif yetiştiricilik, (ii) Beton havuz ve fiberglas havuzlarda entansif yetiştiricilik, (iii) Çalışmanın da gerçekleştirilmiş olduğu, toprak havuz ve göllerde yarı entansif yetiştiricilik, (iv) Kapalı devre sistemlerde yetiştiricilik yapılmaktadır.

Ülkemizde su ürünleri yetiştiricilik tesis sayısı 2377 adet olup, bunun 1954 adedi iç sularda, 423 adedi ise denizlerde kuruludur (SUYMEBİR, 2015). Deniz kültür balıkçılığı faaliyeti yoğun olarak Ege Denizinde Muğla ve İzmir kıyı şeridinde yapılmaktadır. Bunun dışında Karadeniz'de Trabzon, Ordu ve Samsun, Akdeniz'de Hatay, Antalya ve Mersin, Marmara'da çok az Çanakkale ve Balıkesir kıyı şeridinde üretim yapılmaktadır.

Toprak havuzlarda deniz balığı yetiştiriciliği çok eski dönemlerde Mandalya Körfezi olarak tanımlanan alandaki suların çekilmesi ile yer altı gölü olarak bulunan bir su kütlesi, artık yağmur sularının karstik kayaları çözdüğü ve güllük dalyanı tarafında da deniz sularının süzülerek beslendiği bir bölgede yapılmaktadır. Bu bölge Muğla ili Milas ilçesinde bulunan 7 köyü kapsamaktadır. Bu alanlarda ya su kendi cazibesi ile çıkmakta ya da çeşitli derinliklerdeki artezyen kuyularından yeryüzüne çekilmektedir (Ercan vd., 2012).

Şahin ve Miran (2007), tarımın kendi doğasından kaynaklanan nedenlerle, üretimden pazarlamaya kadar geçen süreçte, çiftçilerin çeşitli risklerle karşı karşıya kaldığını belirtmektedirler. Çalışmada riskler aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır: (i) Üretim riski (hastalık ve zararlılar, doğa, üretim teknolojisi), (ii) pazarlama riski (fiyat, satış garantisi), (iii) finansman riski (faiz oranı, ödeme gücü vb.), (iv) insan kaynaklı risk. Yapılan literatür taramalarına göre su ürünleri sektöründe, ülkemizde, işletmelerin ekonomik ve sosyal yapısını ortaya koyan belirli sayıda çalışma olmasına rağmen, işletme yöneticileri ve/veya üreticileri tarafından algılanan risk kaynakları ve risk yönetim stratejilerini ifade eden çok sınırlı sayıda çalışma yapıldığı belirlenmiştir (Yavuz vd., 1995; Üstündağ vd., 2000; Ceyhan vd., 2003; Akçaöz vd., 2006; Özdemir ve Dirican, 2006; Gökmar, 2006; Akcaoz vd., 2009; Aydın ve Sayılı, 2009; Ertekin, 2011; Kayacı ve Büyükçapar, 2011; Kiştin, 2011; Kocaman ve Sayılı, 2014; Güllü ve Tezel, 2014).

Bu çalışmada, Muğla ilinin Milas ilçesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapılan toprak havuz işletmelerinde, işletme yöneticileri tarafından algılanan risk kaynakları ve bunların çözümüne yönelik risk yönetim stratejilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Muğla'da kültür balıkçılığı yapılan 186 toprak havuz işletmesi bulunduğu belirlenmiştir (Başruh, 2013). Bu toprak havuz işletmelerinin de 148'i Milas ilçesinde olup, söz konusu işletmelerin tamamının deniz balığı yetiştiriciliğini yapmakta oldukları saptanmıştır (Güllü ve Tezel, 2014). Anket yapılacak işletme yöneticilerinin belirlenmesinde oransal örnek hacmi

formülünden yararlanılmıştır (Newbold, 1995). Yapılan bu çalışmada %95 güven aralığı ve 0,125 hata payı (Miran, 2002) ile yörede faaliyet gösteren, 46 işletme yöneticisi ile anket çalışması yapılmasının yeterli olacağı belirlenmiştir. Anket sorularının hazırlanmasında, esas olarak 5'li Likert ölçeğinden yararlanılmıştır (Churchill, 1995). Bu ölçeğe göre 1: kesinlikle katılmıyorum, 2: katılmıyorum, 3: kararsızım, 4: katılıyorum, 5: kesinlikle katılıyorum şeklinde soruların değerlendirilmesi istenmiştir. Çalışmada aşağıda belirtilmiş olan konular üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunlar: (1) Toprak havuz işletmeleri ve bunların yöneticilerinin sosyo-ekonomik karakteristikleri, (2) Yöneticilerin farklı risk kaynaklarına dair risk algıları, (3) Bu risk kaynakları için risk yönetim stratejileri. Çalışmada, verilerin analizi ve değerlendirilmesinde, aritmetik ortalama, minimum ve maksimum değerler, standart sapma, yüzde oranları gibi basit tanımlayıcı istatistikler kullanılmıştır.

## BULGULAR

Toprak havuz işletmelerinin bazı karakteristikleri Tablo 1'de belirtilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, toprak havuz işletmelerinin büyük çoğunluğunun 2006 yılı ve sonrasında kurulmuş olduğu belirlenmiştir. Yine toprak havuz işletme sahiplerinin deniz balığı yetiştiricilik tecrübesinin görece olarak az olduğu, 1-5 yıl ve 6-10 yıl arasında yetiştiricilik tecrübesine sahip olan işletmelerin sayısının oldukça fazla olduğu belirlenmiştir. Firmaların çoğunluğu aile firması karakteristiğinde olmakla birlikte, ortalama havuz alanı olarak 2001-5000 m<sup>2</sup> ve 5001-8000 m<sup>2</sup>'lik havuza sahip işletmelerin çoğunluğu oluşturduğu tespit edilmiştir. Toprak havuz işletmelerinin çoğunluğunda 3,1-6,0 kg/m<sup>3</sup> balık stoku söz konusu olduğu belirlenmiştir. İşletmelerin büyük çoğunluğunda, çiftlik dışı gelir bulunmamakla birlikte, bulunanlarda da, aynı zamanda büyükbaş hayvancılık faaliyetinin gerçekleştirildiği görülmüştür. İşletme yöneticilerinin çoğunluğunun, teknik danışmanlık hizmetinden yararlanmadığı tespit edilmiştir. 5 firma sadece özel sektörden teknik danışmanlık hizmeti almış olduğunu belirtmiş olup, sadece 1 firma hem üniversite, hem de özel firmadan teknik danışmanlık hizmeti aldığını ifade etmiştir. İşletmelerin 20'sinin birlik ya da kooperatife üye olduğu belirlenirken, geriye kalan 26 işletmenin ise herhangi bir tarımsal örgüte üye olmadığı tespit edilmiştir. 10 firma sadece kooperatife üye olduğunu belirtirken, 8 firma sadece Birliğe ve 2 firma ise hem kooperatif ve hem de Birliğe üye olduğunu belirtmiştir. İşletmelerde büyük oranda 20-50 l/sn su debisi değerinin söz konusu olduğu belirlenmiştir. İşletmelerin büyük çoğunluğunda kullanılan suyun tuzluluk değerinin %0,6 ve bundan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 41 işletmenin sadece çipura ve levrek ürettiği belirlenirken, geriye kalan 5 işletmenin bunlara ek olarak sariağz, minekop, eşkine gibi diğer balık türlerini de yetiştirdiklerini bildirmişlerdir. Yıllık balık üretim kapasiteleri incelendiğinde ise, 5-30 ton yıllık balık üretim kapasitesine sahip olan 37 işletme olduğu belirlenmiştir. Bu da, toprak havuz işletmelerinin çoğunluğunun küçük ölçekli işletmeler olduğunu ortaya koymaktadır.



**Tablo 1.** Toprak havuz işletmelerinin bazı karakteristikleri**Table 1.** Some characteristics of the businesses of earthen ponds performed sea fish farming

Karakteristikler	Özellikler	n (adet)	Açıklamalar
Firma kuruluş yılı	2000-2005	4	
	2006-2010	27	
	2011-2014	15	
Toprak havuz yetiştiricilik tecrübesi (yıl)	1-5	25	
	6-10	15	
	11 ve üzeri	6	
İşletmelerin hukuki yapısı	Aile firması	32	
	Limited firma	14	
Ortalama havuz alanı (m <sup>2</sup> )	500-2000	4	İşletmelerin tamamında, ayrıca çökertme havuzu da bulunmaktadır.
	2001-5000	22	
	5001-8000	14	
	8001 ve üzeri	6	
Balık stoğu kapasitesi (kg/m <sup>3</sup> )	1,0-3,0	7	
	3,1-6,0	38	
	6,1 ve üzeri	1	
Çiftlik dışı gelir durumu	1: evet	18	Özellikle çiftlik dışı gelire sahip olan işletmelerin çoğunluğunda, büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin yapılmakta olduğu belirlenmiştir.
	0: hayır	28	
Teknik danışmanlıktan yararlanma	1: evet	6	5 firma sadece özel sektörden teknik danışmanlık hizmeti almış olduğunu belirtmiş olup, sadece 1 firma hem üniversite, hem de özel firmadan teknik danışmanlık hizmeti aldığını ifade etmiştir.
	0: hayır	40	
Birlik-kooperatife üyelik durumu	1: evet	20	10 firma sadece kooperatife üye olduğunu belirtirken, 8 firma sadece Birliğe ve 2 firma ise hem kooperatif ve hem de Birliğe üye olduğunu belirtmiştir.
	0: hayır	26	
Kullanılan su akımı değeri (l/sn)	20-50	29	
	51-70	6	
	71 ve üzeri	11	
Kullanılan su tuzluluk değeri (%0)	Cevap yok	10	
	1-5	7	
	6-10	14	
	11 ve üzeri	15	
Üretilen balık türleri	Sadece çipura ve levrek	41	41 işletme sadece çipura ve levrek ürettiğini belirtirken, geriye kalan 5 işletme ise bu iki balık türü yanında, sarıağız, minekop, eşkine gibi balık türlerini de yetiştirdiklerini belirtmişlerdir.
	Çipura, levrek ve diğer türler	5	
Balık üretim kapasitesi (ton)	5-30	37	
	31-80	2	
	81 ve üzeri	7	

Çalışmanın bu bölümünde, toprak havuz işletme yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik algıları (Tablo 2) ve toprak havuz işletme yöneticilerine göre uygulanabilecek risk yönetim stratejileri (Tablo 3) analiz edilmeye çalışılmıştır. Toprak havuz işletme yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik algıları arasında; vergilendirme, zararlı alg çoğalması, su ürünleri yetiştiriciliğine yapılan devlet destekleri, akaryakıt maliyetinin artabileceği olasılığı, yüksek yem, ilaç, girdi, hammadde vb. maliyetleri, gelecekteki su ürünleri fiyatı gibi parametreler ilk sıralarda yer almaktadır. Toprak havuz işletme

yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik uygulanabilecek risk yönetim stratejileri arasında; bürokratik işlemlerin azaltılması, su kiralamasında belirli değerlere dayanan ekonomik ölçütlerin kullanılması, alan kiralamasında bölge koşullarının dikkate alınması, mümkün olan en düşük maliyet ile üretim imkânlarının araştırılması, devletin, firmaların istihdam etmekte oldukları işçiler için sağlamış olduğu asgari ücret desteği yardım oranının artırılması gerektiği, üreticilerin nakit ve diğer finansman ihtiyaçları giderilerek, borçları ödeyebilme yeteneklerinin geliştirilmesi ifadelerinin ilk sıralarda geldiği tespit edilmiştir.

**Tablo 2.** Toprak havuz işletme yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik algıları  
**Table 2.** Perceptions for risk resources of the managers of the business of earthen ponds

<b>Risk Kaynakları</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Standart Sapma</b>
<b>Üretim ve İşletme Riski</b>				
Olumsuz iklim koşulları	3,33	1	5	0,84
Maden ocakları	3,00	2	4	0,73
Zararlı alg çoğalması	4,80	3	5	0,45
Oksijen azalması	4,72	3	5	0,50
Gelecekteki üretim durumu hakkındaki belirsizlikler	3,80	2	5	0,78
Doğal felaketlerin meydana gelmesi (erozyon vb.)	3,04	2	4	0,79
Beklenmeyen hastalık ve zararlı oluşumları	3,91	2	5	0,81
Yasaklanmış kimyasal ve ilaçların kullanımı	3,11	1	5	0,99
Su ve diğer atıklar için işletmede yetersiz depolama olanakları	3,07	2	4	0,74
Su arzındaki yetersizlik	4,37	2	5	0,71
Teknik başarısızlık ve tesislerdeki yetersizlikler	3,87	2	5	0,78
Birim alanda aşırı balık stoku yetiştirilmesi	3,30	1	5	1,09
Kullanılan yem ve ilaçların kalitesindeki düşüklük	3,78	2	5	0,94
Uygun olmayan hasat yöntemlerinin kullanılması	4,17	2	5	0,74
Yüksek yem, ilaç, hammadde vb. girdi maliyetleri	4,50	3	5	0,59
Uygun olmayan büyüklükte (geç/erken dönem) balıkların satılması	4,00	2	5	0,79
Uygun olmayan aracı faaliyetleri	4,24	3	5	0,64
Sabotaj olasılığı ve hırsızlık	3,20	2	5	0,93
Kuş ve diğer avcı zararları	2,57	1	4	1,00
Atık yönetiminde karşılaşılan problemler	3,24	1	4	0,90
<b>Pazar ve Fiyat Riski</b>				
Gelecekteki ulusal su ürünleri talebi	4,11	2	5	0,64
Gelecekteki uluslararası su ürünleri talebi	4,07	2	5	0,71
Gelecekteki su ürünleri fiyatı	4,67	3	5	0,52
Sağlık ve kalite durumu (sertifikasyon)	3,67	2	5	0,82
Aracı ya da dağıtım organizasyonunun etkisi	3,74	2	5	0,71
Lojistik ve taşıma konuları	3,72	2	5	0,75
Çiftlik ekipman fiyatları	4,41	3	5	0,62
Su kirası ücretlerinin aşırı yükselme olasılığı	4,72	3	5	0,50
Yem fiyatlarındaki belirsizlik	4,72	4	5	0,46
Balık ve su ürünleri fiyatlarındaki beklenmedik düşüşler	4,46	3	5	0,62
<b>Finansal Risk</b>				
Özkaynak kaybı	4,30	3	5	0,70
Gelecekteki işçi ücretlerinin artış gösterebileceği	3,67	2	5	0,79
Gelecekteki faiz oranlarının belirsizliği	4,04	3	5	0,70
Gelecekteki döviz kur oranlarının dalgalanma göstermesi olasılığı	4,50	3	5	0,62
Ekonomik kriz beklentisi	4,17	2	5	0,93
Yüksek enflasyon endişesi	4,17	2	5	0,95
Elektrik maliyetinin artış göstermesi beklentisi	4,76	2	5	0,57
Akaryakıt maliyetinin artabileceği olasılığı	4,78	4	5	0,42
Balık fiyatlarının düşme göstermesi beklentisi	4,63	3	5	0,57

**Tablo 2.** Devamı  
**Table 2.** Continued

Risk Kaynakları	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
<b>Politik ve Sosyal Risk</b>				
Yasal düzenlemelerdeki değişiklikler	4,41	3	5	0,62
Su ürünleri çiftliklerine kamuoyunun olumsuz bakışı	3,39	2	5	0,65
Gıda güvenliği politikası hakkındaki belirsizlikler	3,28	2	5	0,78
Lisanslama sisteminde geleceğe yönelik değişiklikler	3,33	1	5	0,73
Ticaret politikaları hakkındaki belirsizlikler	3,72	2	5	0,75
Çevreci gruplardan kaynaklanan protestolar	2,98	1	5	0,95
Pazar düzenleme ölçütleri	3,65	1	5	0,74
Su ürünleri yetiştiriciliğine yapılan devlet destekleri	4,78	3	5	0,47
Vergilendirme	4,87	3	5	0,40
<b>Kişisel Risk</b>				
İşçiler arasındaki yaralanma riskleri	3,48	2	4	0,62
Vasıflı işçilerin kaybı ya da istihdamındaki güçlükler	3,74	2	5	0,85
Yeterli vasıflı işgücü teminindeki problemler	3,83	2	5	0,85
İlaç kullanımı ve hastalık yönetimindeki bilgi yetersizliği	3,74	1	5	0,83
Yemlemedeki bilgi yetersizliği	4,17	3	5	0,68
Çiftlik yönetimindeki tecrübe ve eksikliği	4,26	3	5	0,71
Ailevi problemlerin meydana gelmesi	2,85	1	4	0,94
Yeniliklere açık olmama	3,61	2	5	0,71
Eğitim vb. aktivitelere katılımdaki yetersizlikler	3,48	1	5	0,94
İşçiler tarafından sebep olunan teknik ve ekonomik kayıplar	3,59	1	5	0,78

**Tablo 3.** Toprak havuz işletme yöneticilerine göre uygulanabilecek risk yönetim stratejileri  
**Table 3.** Applicable risk management strategies in terms of the managers of the business of earthen ponds

Risk Yönetim Stratejileri	Ortalama	Minimum	Maksimum	Standart Sapma
Mümkün olan en düşük maliyet ile üretim imkânları araştırılmalı	4,35	4	5	0,48
Diğer toprak havuz çiftlikleri ile işbirliği imkânları geliştirilmeli	3,27	2	5	0,84
Diğer işletmeler ile tecrübe paylaşımı geliştirilmeli	2,96	1	5	1,03
Bürokratik işlemler muhakkak azaltılmalı	4,78	4	5	0,42
Yem ve sağlık (ilaç vb.) girdileri güvenilir tedarikçilerden satın alınmalı	4,33	3	5	0,56
Yavru balıklar güvenilir ve sertifikalı üreticilerden satın alınmalı	4,46	3	5	0,55
Yeni teknolojiler benimsenmeli	3,78	2	5	0,63
Kuş ve diğer olası avcılara karşı etkin ve dayanıklı sistemler tesis edilmeli	2,85	1	5	0,87
Kullanılan su kalitesine daima dikkat edilmeli	4,43	3	5	0,65
Alan kiralınmasında bölge koşulları dikkate alınmalı	4,37	2	5	0,77
Su kiralınmasında belirli ölçütlere dayanan ekonomik ölçütler kullanılmalı	4,37	2	5	0,77
Yem temininde, sektörü dışa bağımlılıktan kurtaracak politikalar geliştirilmeli	3,63	2	5	0,80

**Tablo 3.** Devamı  
**Table 3.** Continued

<b>Risk Yönetim Stratejileri</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maksimum</b>	<b>Standart Sapma</b>
Araçlar ortadan kaldırılmalı	4,33	2	5	0,67
Birim alandaki balık yoğunluğu azaltılmalı	2,91	1	5	1,15
İthal yem temininde ithalat işlemi yapılmak zorunda ise, sektörü koruyucu desteklemeler verilmeli	3,80	3	5	0,69
Daha şeffaf işleyen bir balık piyasası kurulmalı	4,07	3	5	0,68
Etkin ve çözüm odaklı öneriler geliştirebilen üretici örgütlenmeleri kurulmalı	3,85	2	5	0,82
Atık yönetiminde çevreye duyarlı yöntemler geliştirilmeli	3,87	3	5	0,65
Üretim sisteminde olabildiğince çok yenilenebilir enerji kaynakları kullanılmalı	3,85	3	5	0,73
Mevcut üretici kooperatifleri ve örgütlerinin etkinlikleri artırılmalı	3,87	3	5	0,83
İşletmelerinin, o bölgedeki mevcut turizm ve çevre potansiyeline zarar vermeyeceği iyi bir şekilde açıklanmalı, gerekli tedbirlerin alınmış olduğu belirtilmeli	3,41	2	5	0,93
Pazarlama sistemlerinin geliştirilmesi için, sektörde yer alan tüm paydaşlar etkin bir şekilde görev almalı	3,87	2	5	0,75
Kişi başına düşen balık tüketimi arttırmak için, reklam kampanyaları düzenlenmeli	4,04	2	5	0,67
Devletin, firmaların istihdam etmekte oldukları işçiler için sağlamış olduğu asgari ücret desteği yardım oranı artırılmalı	4,59	4	5	0,50
Üreticilerin nakit ve diğer finansman ihtiyaçları giderilerek, borçları ödeyebilme yetenekleri geliştirilmeli	4,59	3	5	0,65
Sektörde faaliyet gösteren tüm elemanlara yönelik hizmet içi eğitimlerin artırılması için üniversiteler ve tarım müdürlükleri ile daha sıkı işbirliği imkânları oluşturulmalı	3,89	3	5	0,71
Su ürünleri Yetiştiriciliği Merkez Birliği daha etkin çalışmalı	3,52	2	5	0,78
Yerel Su Ürünleri Danışma Kurulları oluşturulmalı	3,35	2	5	0,90
Devlet ve/veya hükümetler ile iyi ilişkilerin sürdürülmesine özen gösterilmeli	3,61	2	5	0,93
Yeni teknolojilerin adaptasyonunun artması teşvik edilmeli	3,93	2	5	0,71
Çiftlik zararlarına karşı sigortalama sistemleri geliştirilerek, üreticilerin bu imkânlardan yararlanma olanakları artırılmalı	3,85	2	5	0,70
Pazar sisteminin iyi bir şekilde izlenmesi ve şeffaflığın geliştirilmesi sağlanmalı	3,63	2	5	0,80
Ürün deseninin artırılması (iç ve dış piyasalar için) teşvik edilmeli	4,04	2	5	0,79
Yeni teknolojiye uygun çiftlik ekipmanları satın alınmalı	4,09	3	5	0,59
Dikey entegrasyonun (yem, yavru balık üretimi, pazarlama vb.) tesis edilmesi önemlidir.	3,72	1	5	1,07
Çiftlik dışı iş imkânlarının varlığı önemlidir.	4,00	2	5	0,84
Sözleşmeli üretim olanakları geliştirilmeli	3,35	2	5	0,67
Üretimin her aşamasında kayıt sistemi ve izlenebilirlik tesis edilmeli	3,91	3	5	0,55
Su ürünleri mühendisliği ve veterinerlik danışmanlıklarının kullanımının yaygınlaştırılması sağlanmalı	4,13	2	5	0,69
Hastalıkların oluşmadan önce önlenmesine yönelik sistemlerin kurulması teşvik edilmeli	4,17	3	5	0,53
Gıda güvenliği sistemlerinin adaptasyonunun teşvik edilmesi önemlidir.	3,80	2	5	0,69
Üretimin her aşamasında iyi uygulamalar teşvik edilmeli	3,96	3	5	0,59
Düzenli ve etkin bir izlenebilirlik sistemi oluşturulmalı	4,00	3	5	0,52

## TARTIŞMA

Milas yöresinde, deniz balığı üretimine yönelik faaliyet gösteren toprak havuz işletmelerinin büyük çoğunluğunun, küçük ölçekli aile işletmeleri olduğu belirlenmiş olup, çipura ve levrek yetiştiriciliği ilk sıralarda bulunmaktadır. Söz konusu sonuçlar, benzer çalışmalar ile uyum göstermektedir (Şaşı ve Baran, 2001; Gökner, 2006; Kıştin, 2011; Şaşı ve Tuzkaya, 2012). İşletmelerin büyük çoğunluğunda, çiftlik dışı gelir bulunmamakla birlikte, bulunanlarda da, aynı zamanda büyükbaş hayvancılık faaliyetinin gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Bu sonuç da, her ne kadar araştırma yöresinde toprak havuz işletmelerinde deniz balıkçılığı yetiştiriciliği, son yıllarda önemli bir gelişme göstermiş olsa da, işletme yöneticileri ve/veya üreticileri için önemli bir gelir kaynağı oluşturduğu ifade edilebilir. Peker ve Ertekin (2012) Akdeniz Bölgesi'nde levrek balığı yetiştiren işletmelerde yapmış olduğu çalışmada, ağ kafes işletmelerinde, toprak havuz işletmelerine göre makine sermayesi ve yem tüketimi daha fazla olduğu için, ekonomik ve finansal karlılığın daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. İşletmelerin, arazi düzenleme ve havuz yapımı sırasında kullandıkları iş makinasına yatırım yapmak yerine kiralama yöntemini seçmelerinin ve ayrıca yem tüketiminde optimizasyon sağlamalarının, karlılığı maksimize edilebileceğini ifade etmişlerdir.

Elbek (1993) Türkiye'de su ürünleri sektörünün, henüz tam anlamıyla örgütlü olmadığını belirtmekle birlikte, Özdemir ve Dirican (2006) Muğla ilinde, su ürünleri yetiştiriciliği ve işleme amacıyla kurulmuş olan 22 adet kooperatif bulunduğunu, bu kooperatiflere 1346 kişinin ortak olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, ilde 1 adet su ürünleri yetiştiriciler birliğinin faaliyet göstermekte olduğuna değinmişlerdir. Su Ürünleri Yetiştiricileri Merkez Birliğinin bu bölgede Muğla şubesi olup özellikle toprak havuz işletmesi sahipleri ile yakından ilgilenmektedir. Bu çalışmada ise, işletmelerin 20'sinin birlik ya da kooperatife üye olduğu belirlenirken, geriye kalan 26 işletmenin ise herhangi bir tarımsal örgüte üye olmadığı tespit edilmiştir. 10 firma sadece kooperatife üye olduğunu belirtirken, 8 firma sadece birliğe ve 2 firma ise hem kooperatif ve hem de birliğe üye olduğunu belirtmiştir. Bu sonuç da, üreticilerin mesleki ve teknik faaliyetlerini daha işlevsel ve pazara dönük yapabilmek için örgütlenme eğilimlerinin, belirgin bir gelişme gösterdiğini ortaya koyabilmektedir. Ancak, bu konuda ilgili Bakanlıklar ve sivil toplum kuruluşları tarafından yapılacak eğitim ve destekleme çalışmalarının artırılması gerektiği vurgulanabilir.

Toprak havuz işletme yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik algıları arasında; vergilendirme, alg çoğalması, su ürünleri yetiştiriciliğine yapılan devlet destekleri, akaryakıt maliyetinin artabileceği olasılığı, yüksek yem, ilaç, girdi, hammadde vb. maliyetleri, gelecekteki su ürünleri fiyatı gibi parametreler ilk sıralarda yer aldığı belirlenmiştir. Özellikle kullanılan girdi maliyetlerindeki yüksekliğin, deniz balığı yetiştiriciliği yapılan toprak havuz ve ağ kafes işletmelerde, rekabet açısından olumsuzluk oluşturan en önemli kısıtların başında geldiği birçok araştırma tarafından ortaya konmuştur.

Ertekin (2011) yapmış oldukları çalışmada, levrek balığı üretiminin yapıldığı toprak havuz işletmelerinde, toplam işletme masraflarının %81,16'sını, kafes işletmelerinde ise %87,38'ini değişken masrafların oluşturduğu belirlenmiştir. Değişken masrafların da, toprak havuz işletmelerinde %49,9'unu, kafes işletmelerinde ise %55,72'sini yem giderlerinin oluşturduğu belirlenmiştir. Kıştin (2011) de, Muğla ili Milas ilçesinde, karada faaliyet gösteren toprak havuz işletmelerinin yapısal ve ekonomik analizini yapmıştır. Analiz edilen 41 adet işletmede, ortalama üretim masraflarının %90,49'unu değişken masraflar ve %9,51'ini sabit masrafların oluşturduğu belirlenmiştir. Çalışmada, en büyük masraf dilimini %51,28 ile yem masrafları oluştururken, bunu işgücü, yavru ve elektrik masraflarının izlediği tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, işletmelerin yetiştiricilik faaliyetlerine devam edebilmeleri için, devlet desteği sağlanmasının zorunlu olduğu ifade edilmiştir. Devlet desteği olmadan sürdürülecek üretim faaliyeti ile ortaya çıkacak masrafları gidermek amacıyla, masrafları minimize edici önlemlerin alınması, üretici organizasyonu eksikliğinin giderilmesi ve balık fiyatlarındaki istikrarsızlığa çözüm getirecek politikalara önem verilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Güllü ve Tezel (2014) Milas yöresi toprak havuzu işletmelerinde; yem ve elektrik maliyetlerinin yüksek olmasını, toprak havuzlarda balık hastalıklarının daha fazla görülmesini önemli sorunlar olarak belirlemişlerdir. Söz konusu çalışmada, toprak havuz işletmelerin yaşamış olduğu bu sorunların altında yatan önemli kök sorunların; "toprak havuz balık üreticilerinin yönetim ve organizasyon yönünden yetersiz olmaları, havuzlarda oksijen yetersizliğinin görülmesi, fazla miktarda sondaj suyu kullanmak zorunda kalınması, toprak havuz balık yetiştiricilerinin yeterli teknik bilgi ve beceriye sahip olmamaları" olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, Gökner (2006) tarafından Muğla ili Milas ilçesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal analizi yaptığı çalışmada, genel olarak deniz balığı yetiştiriciliği yapılan işletmelerde gerçekleşen ölüm oranlarının, özellikle mevsim değişimleri sırasında oluşan su sıcaklık farkları, akıntı değişimleri ve diğer ekolojik faktörler ile artış gösterdiğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, çalışma yöresinde yer alan toprak havuz yetiştiriciliği yapan işletmelerin, bu değişimlerden etkilenmediklerinden ölüm oranlarının oldukça düşük olduğunu vurgulamıştır.

Toprak havuz işletme yöneticilerinin risk kaynaklarına yönelik algılarına karşı uygulanabilecek risk yönetim stratejileri arasında; bürokratik işlemlerin azaltılması, su kiralamasında belirli ölçütlere dayanan ekonomik ölçütlerin kullanılması, alan kiralamasında bölge koşullarının dikkate alınması, mümkün olan en düşük maliyet ile üretim imkânlarının araştırılması, devletin, özel işletmelerin istihdam etmekte oldukları işçiler için sağlamış olduğu asgari ücret desteği yardım oranının artırılması gerektiği, üreticilerin nakit ve diğer finansman ihtiyaçları giderilerek, borçları ödeyebilme yeteneklerinin geliştirilmesi ifadelerinin ilk sıralarda geldiği tespit edilmiştir. Su ürünleri sektöründe, işletme yöneticileri tarafından algılanan risk kaynakları ve bunlara karşı uygulanabilecek risk yönetim stratejilerinin de benzerlik gösterdiği ifade edilebilir (Martin,

1996; MacAlister vd., 1999; Meuwissen vd., 2001; Sonkilla, 2002; Lien vd., 2006; Bardhan vd., 2006; Bergfjord, 2009; Ahsan ve Roth, 2010; Ahsan, 2011). Bununla birlikte, ÇOB (2009) tarafından balık çiftliklerine yönelik hazırlanmış olan ÇED rehberine göre; yer seçimi alternatiflerine değinilmiştir. Bu çiftliklerin iç sularda; barajlarda, göl ve göletlerde, akarsu kenarı havuzlarda ve yer altı suyu kullanılarak oluşturulan havuzlarda, toprak havuzlarda yapılması durumunda dikkate edilmesi gereken konular detaylı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

## SONUÇ

Milas yöresinde, toprak havuz işletmelerinde deniz balığı yetiştiriciliği, son yıllarda hızlı bir gelişme göstererek, bölge ve ülke ekonomisine önemli kazançlar sağlamaktadır. Yapılan literatür taramalarına göre, söz konusu işletmelerde, ulusal düzeyde, işletme yöneticilerinin sahip olduğu risk kaynağı algıları ve bunların çözümüne yönelik geliştirilmesi gereken risk yönetim stratejilerine yönelik yapılmış bir çalışmaya rastlanmamış olmakla birlikte, belirli bir ölçüde risk olarak görülebilecek sorunlar ve bunların çözümüne yönelik bazı tavsiyelerin olduğu çalışmalara rastlanılmıştır. Söz konusu çalışmada da, girdi maliyetlerinin yüksekliği, fiyat belirsizlikleri, vergilendirme ve devlet destekleri işletme yöneticileri tarafından algılanan en önemli risk kaynakları olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, bürokratik işlemlerin azaltılması, devlet desteklerinin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi, fiyatlarda istikrar sağlanması gibi yaklaşımlar da, söz konusu risk kaynağı algılarına karşılık, uygulanması gereken risk yönetimi stratejileri olarak belirlenmiştir. Bu bilgi ve sonuçlar çerçevesinde, devlet tarafından yapılmakta olan desteklemelerin, söz konusu sektör için daha da geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi faydalı olabilecektir. Bunlar içerisinde bulunan devlet destekli tarım sigortaları yaklaşımının, risk yönetimi stratejisi açısından oldukça önemli bir destekleme

politikası aracı olduğu düşünülmektedir. Söz konusu destekleme sistemi, TARSİM (Tarım Sigortaları Havuzu) tarafından uygulanmakta olup, geliştirilmesi daha da faydalı olabilecektir. Bu destekleme sistemi "Su Ürünleri Hayat Sigortası" olarak, TARSİM bünyesinde kullanılmaktadır. Buna göre işletme kapasitesine göre oluşup, işletme yöneticisi tarafından ödenmesi gereken prim tutarının yarısı devlet tarafından karşılanmaktadır (TARSİM, 2015). TARSİM (2015) tarafından, 2012 yılı verilerine göre Türkiye'de denizlerde faaliyet gösteren 372 işletme, iç sularda faaliyet gösteren 1.791 işletme olmak üzere toplam 2.163 su ürünleri işletmesi bulunmakla birlikte, bu işletmeler içerisinde, sigortalı işletme sayısının sadece 80 olduğu belirtilmiştir. İzleyen yıllarda, sigorta yaptıracak olan deniz balığı işletmelerinin sayısının önemli bir artış göstereceği öngörülmektedir.

Diğer taraftan, Güllü ve Tezel (2014) tarafından da belirtildiği gibi, toprak havuz işletme sahiplerinin yönetim ve organizasyon eksikliklerini gidermeye ve çalışanların teknik bilgilerini arttırmaya yönelik eğitimler verilmesi oldukça faydalı olacaktır. Söz konusu süreç gerçekleştirilirken, Özdemir ve Dirican (2006)'ın da önermiş olduğu gibi; su ürünleri sektörünü geliştirmek, uzman eleman ihtiyacını karşılamak, sorunları ve çözüm önerilerini görüşmek için; üniversite, özel sektör ve sivil toplum örgütleri arasında dayanışma sağlanmalıdır. Seminerler ve hizmet içi eğitim programları arttırılmalı, yayım çalışmaları yaparak sektör çalışanlarının teknolojiyi yakından takip edebilmeleri sağlanmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş olan "Deniz Balığı Yetiştiricilik Sistemlerinde Üreticilerin Risk Algıları ve Risk Yönetim Stratejileri, proje no: ZRF-12005" isimli projenin belirli bir bölümünden oluşturulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Ahsan, D.A., Roth, E., 2010. Farmers' perceived risks and risk management strategies in emerging mussel aquaculture industry in Denmark. *Marine Resource Economics*, 25:309-323. doi: [10.5950/0738-1360-25.3.309](https://doi.org/10.5950/0738-1360-25.3.309)
- Ahsan, D.A., 2011. Farmers' motivations, risk perceptions and risk management strategies in a developing economy: Bangladesh experience. *Journal of Risk Research*, 14(3): 325-349. doi: [10.1080/13669877.2010.541558](https://doi.org/10.1080/13669877.2010.541558)
- Akcaoz, H., Kizilary, H., Ozcatalbas, O., 2009. Risk management strategies in dairy farming: a case study in Turkey. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (5): 949-958.
- Akçaöz, H., Özkan, B., Karadeniz, C.F., Fert, C., 2006. Tarımsal üretimde risk kaynakları ve risk stratejileri: Antalya ili örneği. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1): 89-97.
- Aydın, O., Sayılı, M., 2009. Samsun ilinde alabalık işletmelerinin yapısal ve ekonomik analizi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2) : 97-107.
- Bardhan, D., Dabas, Y.P.S., Tewari, S.K., Kumar, A., 2006. An assessment of risk attitude of dairy farmers in Uttaranchal (India). <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/25259/1/cp060849.pdf>
- Başruh, E., 2013. Akdeniz Genel Balıkçılık Komisyonu Toplantısı Raporu. Muğla Kültür Balıkçıları Derneği. [http://151.1.154.86/GfcmWebSite/CAQ/2013/MultiStakeHolderPlatform/ppt2\\_Erbil\\_BASRUH.pdf](http://151.1.154.86/GfcmWebSite/CAQ/2013/MultiStakeHolderPlatform/ppt2_Erbil_BASRUH.pdf)
- Bergfjord, O.J., 2009. Risk perception and risk management in Norwegian aquaculture. *Journal of Risk Research*, 12(1):91-104. doi: [10.1080/13669870802488941](https://doi.org/10.1080/13669870802488941)
- Ceyhan, V., Bozoglu, M., Cinemre, H.A., 2003. Measuring yield and price risks for dairy farms and designing risk management strategies: the case of Tonya, Turkey. *Die Bodenkultur*, 54 (4): 215-220.
- Churchill, G.A. 1995. Marketing research methodological foundations. The Dryden Press, New York, NY, 1117 p.
- ÇOB, 2009. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi Sektörel Rehberleri, ÇED Rehberi, Balık Çiftlikleri, Haziran 2009. [http://www.csb.gov.tr/gm/dosyalar/belgeler/belge396/Sektorel\\_rehber\\_ba\\_likciftlik.pdf](http://www.csb.gov.tr/gm/dosyalar/belgeler/belge396/Sektorel_rehber_ba_likciftlik.pdf)
- Elbek, A.G., 1993. Su ürünleri dış satım sorunları. AT ve Türkiye Su Ürünleri Sempozyumu, Dünya Gıda Günü, 14-15 Ekim, s. 141-148.



- Ercan, E., Sunar, M.C., Başer, K., 2012. Toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği; gelişimi ve sorunları. *Sünder Su Ürünleri*, 50: 54-59.
- Ertekin, H., 2011. Levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) toprak ve kafes işletmeleri karşılaştırmalı ekonomik analizi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gökner, T., 2006. Muğla ilinin Milas ilçesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal analizi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- GTHB, 2015. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Su Ürünleri İstatistikleri. Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Mayıs 2015. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf>
- Güllü, K., Tezel, R., 2014. Muğla'nın Milas ilçesinde toprak havuzlarda deniz balıkları yetiştiriciliği yapan işletmelerin sorunlarının araştırılması ve çözüm önerileri geliştirilmesi. 5. Doğu Anadolu Bölgesi Su Ürünleri Sempozyumu. 5. Doğu Anadolu Bölgesi Su Ürünleri Sempozyumu, Elazığ. <http://www.akademik.net/da/2V.DOGU.2014.Yetistircilik:d5y17>
- Kayacı, A., Büyükcıpar, H.M., 2011. Kahramanmaraş ilinde karada su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal ve biyoteknik analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 14(4): 1-6.
- Kocaman, E., Sayılı, M., 2014. Gümüşhane ilinde gökkuşuğu alabalık işletmelerinin ekonomik analizi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 36-45.
- Kıştın, F., 2011. Toprak havuzlarda çipura-levrek yetiştiriciliği yapan işletmelerin ekonomik analizi: Muğla ili Milas ilçesi örneği. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Lien, G., O. Flaten, A.M. Jervell, M. Ebbesvik, and P.S. Koesling. 2006. Management and risk characteristics of part-time and full-time farmers in Norway. *Review of Agriculture Economics*, 28(1):111-131. doi: 10.1111/j.1467-9353.2006.002
- MacAlister, E. 1999. Forward study of Community Aquaculture. EU DG XIV Report, EU, Brussels.
- Martin, S., 1996. Risk management strategies in New Zealand agriculture and horticulture. *Review of Marketing and Agricultural Economics*, 64(1):31-44.
- Meuwissen, M.P.M., Hurine, R.B.M., Hardaker, J.B., 2001. Risk and risk management: an empirical analysis of Dutch livestock farmers. *Livestock Production Science*, 69(1):43-53. doi: 10.1016/S0301-6226(00)00247-5
- Miran, B., 2002. Temel istatistik. Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 272 s.
- Newbold, P., 1995. Statistics for business and economics. Prentice Hall, New Jersey, 867 p.
- Özdemir, N., Dirican, S., 2006. Muğla ilinde kültür balıkçılığı ve sorunları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 23(1/2): 283-286.
- Peker, K., Ertekin, H., 2012. Development strategies of sea bass enterprises in Mediterranean region of Turkey. *Scientific Research and Essays*, 7(14): 1473-1476. doi: 10.5897/SRE11.530
- Sonkilla, S. 2002. Farmers' decision-making on adjustment into the EU. Publication No. 34, Department of Economics and Management. Helsinki: University of Helsinki.
- SUYMEBİR, 2015. Su Ürünleri Yetiştiricileri Üretici Merkez Birliği, <http://www.suymerbir.org.tr/>
- Şahin, A., Miran, B., 2007. Çiftçi algılarına göre bitkisel ürünlerin risk haritası: Bayındır ilçesi örneği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(3): 59-74.
- Şaşı, H., Baran, İ., 2001. Güney Ege Bölgesi'nde çipura (*Sparus aurata* L. 1758) yetiştiriciliği yapan işletmelerdeki balıkların gelişimi. XI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Bildiri Kitabı. Mustafa Kemal Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 04-06 Eylül, Antakya, Hatay, s. 29-36.
- Şaşı, H., Tuzkaya, T., 2012. Güney Ege Bölgesi Savran Mevkii'nde (Milas-Muğla) balık yetiştiriciliği yapılan suların bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve yetiştiricilik faaliyetlerinin incelenmesi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 8(2): 25-37.
- TARSİM, 2015. Tarım Sigortaları Havuzu. Su Ürünleri Hayat Sigortası. [http://www.tarsim.gov.tr/trsmWeb/index.jsp?\\_subpageid\\_=10](http://www.tarsim.gov.tr/trsmWeb/index.jsp?_subpageid_=10)
- Üstündağ, E., Aksungur, M., Dal, A., Yılmaz, C., 2000. Karadeniz Bölgesinde su ürünleri yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal analizi ve verimliliğinin belirlenmesi. Sonuç Raporu. SÜMAE, Trabzon, TAGEM HAYSUD /98/12/02/004.
- Yavuz, O., Kocaman, M., Ayık, Ö., 1995. Erzurum'da alabalık yetiştiriciliği yapan işletmelerin yapısal ve ekonomik analizi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1): 64-75.
- Yazıcıoğlu, N., 2015. Su ürünleri sektörüne genel bakış tüketici davranışları ve su ürünlerinin sağlık açısından faydaları. Gediz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.



## Balık yemlerinde besin madde analiz yöntemlerinin karşılaştırılması

### Comparison of nutritional analysis methods in fish feed

Ali Yıldırım Korkut<sup>1\*</sup> • Ahmet Kaan Karamanoğlu<sup>2</sup> • Aysun Kop<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35040, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiricilik ABD., İZMİR

\*Corresponding Author: [ali.korkut@ege.edu.tr](mailto:ali.korkut@ege.edu.tr)

#### How to cite this paper:

Korkut, A.Y., Karamanoğlu, A.K., Kop, A., 2015. Comparison of nutritional analysis methods in fish feed. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 99-104.  
doi: 10.12714/egejfas.2015.32.2.06

**Abstract:** The fisheries sector in our country all over the world as it is a growing industry. The biggest cost is feed for the sector and the feed directly affecting the quality of the final product is the most important factor. The feed quality is directly affecting the egg quality, hatching rate, survival rate, growth performance, meat quality, training time and directly affects the price of the fishes. In this study, feed analysis methods were investigated and compared. Nonetheless, the raw materials, feed and processed food ingredients in the final product analysis and residue testing is mandatory in all HACCP, ISO, FDA and stages of quality controls protocols. In this case, it was searched and compared the analysis methods for feed, meat and raw materials. In this study, different two type fish meal (originate from Peru and China) are compared with analysis methods, processing time and economical. Also we have suggested that equipments and methods suitable for economical and practical in fish feed laboratory. As a result of all analysis methods in private and faculty laboratory, for protein Duma method, for lipid rotating evaporation method, for fiber and ash classical method and for moisture balance of moisture was founded the best of methods.

**Keywords:** Fish meal, Weende analysis, analysis methods, cost, efficiency

**Özet:** Su ürünleri sektörü tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek büyüyen bir sektördür. Sektördeki en büyük maliyet yemdir ve yem son ürün kalitesini direkt etkileyen en önemli unsurdur. Yem kalitesini, yumurta kalitesini, yumurtadan çıkma oranını, yaşama oranını, büyüme performansını, et kalitesini, yetiştirme süresini ve son ürünün fiyatını doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında; HACCP, ISO, FDA ve kalite kontrol aşamalarında hammadde, yem ve işlenmiş son ürünlerde besin madde analizleri ve kalıntı testleri zorunludur. Bu çalışmada yem hammaddeleri, yem ve et için analiz metotları araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Buna göre önemli bir hayvansal protein kaynağı olan balık unu ele alınarak belirlenen analiz yöntemleri her bir hammaddede (Peru ve Çin Kökenli balık unu) uygulanmış ve bunların spekterine göre doğrulaması yapılarak, zaman, metot, pratiklik ve ekonomik olarak karşılaştırılmıştır. Buna göre, ekonomi ve kullanım pratikliği açısından uygun olan yöntemler irdelenmiştir. Sonuç olarak; özel ve fakültenin laboratuvarlarında yapılan analizler sonucunda; protein analizi Duma metodu ile, yağ analizi döner buharlaştırıcı ile, selüloz ve kül analizlerinde klasik yöntem ile ve kuru madde analizleri için de nem terazisi ile hızlı, pratik ve ekonomik çalışmaların gerçekleştirilebileceği belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Balık unu, Weende analizleri, analiz yöntemleri, maliyet, verimlilik

## GİRİŞ

Günümüzde insanların beslenmesinde su ürünlerinin önemi oldukça artmış ve su ürünleri üretiminin yükselişi kaçınılmaz olmuştur. Yapılan gelecek planlarında su ürünleri üretiminin ilk on yıllık dönemde günümüz üretiminden yaklaşık 5 kat olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte üretim maliyetlerinin düşürülmesi ciddi bir konu olup, önemini arttırmıştır (Hoşsu vd., 2012; Korkut vd., 2004; Kutlu ve Çelik, 2010).

Su ürünlerinde üretimin artması ile birlikte en büyük maliyet olan yem için tüketim de artmakta olup, toplam maliyetin ortalama %50-70'ini oluşturmaktadır. Yem rasyonlarından yapılan formüller daha fazla geliştirilemediği gibi, soya gibi bitkisel ürünlerden yapılan formüllerde de balığın gelişimi

yavaşlamakta, çok daha uzun zamanda pazar boyuna gelmesine ve yem değerlendirme oranının artışına eden olmaktadır. Ayrıca iyi bir yem kalitesi ile yetiştiricilik aşamalarının her birinde (yumurta kalitesi, yumurtadan çıkma oranı, yaşama oranı, büyüme performansı, et kalitesi, yetiştirme süresi, FCR ve son ürünün fiyatı) doğrudan etkili olabilmektedir. Bunun yanında; yem ve hammaddelerdeki HACCP, ISO, FDA ve kalite kontrol aşamaları gibi analizlerin özellikle ihraç edilen bu ürünlerde zorunludur. Hatta besin madde analizleri ile birlikte kalıntı testleri zorunludur (Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı, 2010; TÜRKAK, 2010 ve 2011).

Bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliğinin gelişebilmesi, rekabet gücünün artırılabilmesi için yemin ve son ürünün

kalitesinin arttırılabilmesi, kısa sürede gelişimin sağlanabilmesi, canlının refahının yükseltilmesi, düşük maliyet, yüksek kar ve küresel izlenebilirlik ve geçerlilik için kalite kontrol analizlerinin çok dikkatli ve hassas şekilde yapılması gerekmektedir (Altıniğne, 1992; Gündüz, 2002; Mueller, 2004; Skoog vd., 2007). Bu çalışmada referans olarak alınan iki adet balık ununun kuru madde, HP, HY, HS ve HK miktarları farklı metodlar kullanılarak belirlenmiş ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bu amaçla yem hammaddeleri, yem ve son ürün için analiz metotları araştırılmıştır ve değerlendirilmiştir.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada laboratuvar analizlerini gerçekleştirmek üzere, uygulanacak metodların bulunduğu laboratuvarlar belirlenmiş ve bu amaçla, İzmir Gıda Kontrol Laboratuvarı, E.Ü. Bergama Meslek Y.O. Toprak Yaprak Su Analiz Laboratuvarı, EDGE Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı, Alaşehir Ticret Borsası Toprak laboratuvarı, Aybak Natura Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı, Denizli Gıda Kontrol Laboratuvarı uzman ve cihazlarından yararlanılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışmada ele alınan numunelerin (balık unu) değerlendirme için ön analizleri E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, Balık

Besleme ve Yem Teknolojisi Laboratuvarında Weende analiz metotlarına göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; protein analizi için, Azot Protein Tayin Cihazı (Gerhardt KB-20S VAP 20), ham yağ analizi için; Yağ Ekstraksiyon Sistemi (Gerhardt EV6), selüloz tayini için Selüloz Tayin Cihazı (Gerhardt SOX406), nem tayini için Kuru Madde (nem) Cihazı (Nüve 400 Etüv) ve kül analizi için Kül Fırını (Carbolite ELF11/3) kullanılmıştır. Ölçümler 0,001g hassasiyetli terazi ve uygun sarf malzemelerin kullanımı ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen her analiz en az üç tekrar oluşturulacak şekilde uygulanmış olup, elde edilen değerler ortalama olarak sunulmuştur.

Araştırmada analiz sonuçlarının değerlendirilmesi için ithal balık unu olan Peru ve Çin kökenli birer kiloluk numune sağlanarak, bu numunelerin hem Fakülte laboratuvarında hem de belirlenen laboratuvarlarda analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda elde edilen bulgulara göre sonuçlar ele alınan hammaddelerin doğruluk değerleri numunelerin referans değerlerine göre karşılaştırılmış ve önerilerde bulunulmuştur. Buna göre analizler için temin edilen balık unlarının referans değerleri, tedarikçi firma analiz sonuçlarına göre Tablo 1'de belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Analizleri gerçekleştirilen balık unlarının referans değerleri  
**Table 1.** Two different originate fish meals value of reference

Balık Unları	HP (%)	HY (%)	HS (%)	NEM (%)	KÜL (%)
Peru	65-68	8-11	1-3	9-10	17-19
Çin	65-72	12-14	1-5	9-12	16-20

## Analiz Yöntemleri

**Ham protein analizleri:** Balıkların en büyük gereksinimlerinin protein olduğunu düşündüğümüzde yemin kimyasal analizleri içerisinde olmazsa olmaz olan en önemli kriter yemin protein içeriğidir. Ham protein analizinin yapılmasında tüm dünyada kullanılan dört adet metot bulunmaktadır (Mueller, 2004; Skoog vd., 2007). Bunlar;

**1. Kjeldahl metodu:** Numune, yüksek sıcaklıkta derişik sülfürik asit içerisinde katalizör desyeğiyle yakılır. Aminoasitlere bağlı azot amonyağa dönüşür. Amonyak distilasyon ile ayrılır ve final nicel değer için titre edilir. HgO ve CuSO<sub>4</sub>/TiO<sub>4</sub> veya SeO<sub>2</sub> gibi katalizörlerin kullanımı numuneye göre önceden bilinmelidir. Aksi halde tam yanma gerçekleşmez. MATRIKS analizde çok etkilidir. Yakma sonrasında safsu ve NaOH desteğiyle distilasyon işlemi yapılarak azot toplama balonunda boric asit içine hapsedilir. Hapsedilen azotun değerini ölçmek için 0,1 N lik HCl ile titrasyon işlemi yapılarak harcanan HCl miktarı uygun katsayı ile (yem için 6,25) çarpılarak toplam ham protein miktarı % olarak elde edilir.

Analiz, 2,5 – 4,5 saat zaman almakta ve analiz başına 12 - 25 € maliyet oluşturmaktadır. Kjeldahl metodu tüm dünyada geçerliliğe sahiptir. İlk yatırım maliyeti düşük analiz maliyeti en yüksek olan metottur.

**2. Duma metodu:** Numune, analitik terazi yarımıyla 0,5 gr'a yakın olacak şekilde tartılır ve cihazın krozesine konur. Kroze cihazın numune kompartımanına yerleştirilerek cihaz çalıştırılır. Cihaz içerisinde var olan 1200 °C kül fırını kısa sürede yüksek sıcaklığa çıkarak numuneyi tamamen yakar, bu esnada çıkan gazlar TCD dedektör yardımıyla ölçülür. Elde edilen azot miktarı uygun katsayı ile çarpılarak ham protein değeri elde edilir.

Analiz, en fazla 4 dakika sürede, 2-3 € bedelle gerçekleştirilmektedir. Duma metodu tüm dünyada geçerliliğe sahiptir. İlk yatırım maliyeti yüksek, analiz maliyeti en düşük ve en istikrarlı metoddur.

**3. Lawry metodu:** Protein tayininde en yaygın kullanılan metot Folin-Lowry yöntemidir. Metot alkali koşullar altında biüre reaksiyonu ve hoş kokulu aminoasitlerin bakır katalizli oksidasyonundan sonra fosfomolibdikfosfotungistik asit ile heteropolimolibden mavisine indirgenmeyi içeren Folin-

Cocalteau reaksiyonunun bir kombinasyonudur. Koyu mavi renk oluşumu karakteristikdir. Yöntem çok duyarlıdır (0,1-1mg protein/ml) ancak pH'ya bağımlıdır (pH:10,0-10,5). Renk oluşumu proteinlere göre farklılık gösterebilir, renk tamamen protein konsantrasyonu ile orantılı olmayabilir, lipitler, sakkoroz, fosfat, monosakkaritler ve hegzaminler girişim yapar. Analiz, 40 – 60 dakika sürede, 9 – 18 € maliyetle gerçekleştirilmektedir. Lawry metodu tüm dünyada geçerliliğe sahiptir. Hem yatırım maliyeti hemde analiz maliyeti olarak orta seviyededir.

**4. NIR metodu:** Günümüz teknolojisinde en gelişmiş metottur. NIR alanda çalışan cihaza hiçbir numune hazırlığı yapılmadan 5 gr civarında tartılarak numune haznesine yerleştirilerek daha önceden hafızaya alınmış kalibrasyon metotlarına kıyas yapılarak direkt sonuç alınmaktadır. Sadece protein analizi değil; ham yağ, ham selüloz ve kitin analizlerini de birlikte yapabilmesi ve çok hızlı sonuca gitmesi tercih edilmesine en büyük etkindir ancak cihazın aynı derecede yüksek handikapları da bulunmaktadır. Bunlar;

- Maddeye/matrikse bağlı çok zor kalibrasyon
- Kalibrasyon, yetiştirme şartlarına bağlı olarak yıldan yıla değişir.
- Değişen kompozisyondaki karışımların kalibrasyonu yapılamaz.
- Diğer metotlarla karşılaştırıldığında daha düşük hassasiyet ve keskinlik.

Analiz, 5 dakika sürede, sadece elektrik sarfiyat maliyeti ile gerçekleştirilmektedir. NIR metodunun geçerliliği yoktur sadece hızlı analiz için kullanılabilir. En yüksek yatırım maliyeti ile en düşük analiz maliyetine sahiptir.

**Ham Yağ Analizleri:** Yağ, balıkların beslenmesinde ikinci en önemli besin maddesi konumundadır. Balıklar, yağı enerji kaynağı, hücre zarının yapı taşı ve etkil maddelerin sindirilebilirliğinde kullanırlar. Ham yağ analizlerinde tüm dünyada kullanılan iki ayrı metot bulunmaktadır (Wolf vd., 2001; Mueller 2004; Skoog vd., 2007).

**1. Sokshalet ekstraksiyon metodu:** Sokshalet ekstraksiyonunda manuel sistemlerden tam otomatik sistemlere kadar birçok alternatif bulunmaktadır, ancak maliyet ve süre açısından bakıldığında birinin diğerine göre bir üstünlüğü bulunmamakta fakat tam otomatik sistemlerin kullanıcıyı iş yükünü hafiflettiği gözlenmektedir.

Sokshalet ekstraksiyonunda, tartılan numune kaynamanın yapılacağı kaba petrol eteri ve akol ile birlikte muamele edilerek konuluyor ve ısıtıcıya yerleştiriliyor. Kabın ağzı geri soğutucuya bağlanarak geri soğutucu sonunda yağın toplanması için sokshalet kartuşuna bağlanıyor. Kaynatılan ve buharlaştırılan çözülmüş yağ geri soğutucu sonunda yerleştirilen kartuşta solventlerden ekstrakte edilerek tutulur. Kartuşun analiz öncesi alınan tartımı ile analiz sonunda alına tartımı arasındaki fark bize ham yağ miktarını vermektedir.

Analiz, 3,5 – 8,5 saat sürede 4,5 – 28 € maliyetle gerçekleştirilmektedir. Metot tüm dünyada geçerliliğe sahiptir. Analiz maliyeti yüksek ve risklidir.

**2. Döner buharlaştırma metodu:** Buharlatırma metodunda tartımı alınan numune solventlerle çözündürülerek buharlaştırma balonuna konulur, balon su banyosu kısmına yerleştirilerek ısıtma vakum ve dönme işlemleri yapılarak buharlaştırma sağlanır ve geri soğutucuda yoğunlaştırılan yağ toplama balonunda toplanır ve tartımı alınır. Analiz, en fazla 4 saat içerisinde 8 – 25 € maliyetle gerçekleştirilmektedir. Metot tüm dünyada geçerliliğe sahiptir. Sokshalet metoduna göre düşük maliyetlidir.

**Ham Selüloz Tayini:** Ham selüloz besin maddesi olmasından çok balıkların gelişiminde, yem değerlendirmesinde sorunlar yaratması sebebiyle önemlidir. Ham selüloz tayininde tüm dünyada kullanılan iki metot karşımıza çıkmaktadır (Wolf vd., 2001; Mueller 2004; Korkut vd., 2004; Skoog vd., 2007; Kutlu ve Çelik, 2010).

**1. Manuel metot:** Elle yapılan bu metotta 450 °C'lara kadar çıkabilen dört göze sahip seri ısıtıcılar ve bunlara bağlı geri soğutucu düzenekleri kullanılmaktadır ki; ham yağ analizinde kullanılan sokshalet metoduna çok yakındır. Tartılan numune petrol eteri ve asit karışımı çözücüde çözündürülerek balon joje içerisinde ısıtıcıya konulur ve geri soğutucuya bağlanır. Geri soğutucu sonuna 0.45 mikronluk filtre kâğıdı tartılarak yerleştirilir. Yapılan kaynatma ve soğutma işlemleri sonrasında filtre kâğıdında tutulan fiber materyal tartılıp filtre kâğıdının ilk ağırlığı çıkarılarak ham selüloz miktarı belirlenir.

Analiz, 3,5 – 8,5 saat sürede 1,5 – 4 € maliyetlerle gerçekleştirilmektedir. Metot tüm dünyada kabul edilmektedir. İlk yatırım maliyeti ve analiz maliyeti düşüktür.

**2. Otomatik metot:** Bu metot, selüloz analizlerini yapmak üzere dizayn edilmiş analizörler yardımıyla gerçekleştirilmektedir. Tartımı yapılan numune cihazın numune kompartımanına yerleştirilerek cihaz çalıştırılmaktadır. Analiz için gerekli olan ısı ayrıştırma biriktirme ve tartım işlemleri kapalı olarak cihaz içerisinde gerçekleştirilip direkt olarak sonucu vermektedir.

Analiz, en fazla 2 saat sürede, 1,5 – 4 € maliyetle yapılmaktadır. Metot tüm dünyada geçerlidir. Analiz maliyeti manuel metot ile aynı, yatırım maliyeti ise çok yüksektir (Wolf vd., 2001; Mueller, 2004; Korkut vd., 2004; Skoog vd., 2007; Kutlu ve Çelik, 2010).

**Ham Kül Tayini:** Ham kül tayininde birçok metot kullanılabilir. Kül fırını ile kurutma ve tartım, Vakum-desikatör yardımıyla kurutma ve tartım, tolüen distilasyon ve tartım, dondurarak kurutma ve tartım ve nem terazisi ile analiz bunlardan bazılarıdır. En ucuz maliyet vakum-desikatör yardımıyla kurutma yönteminde iken en ideal çözüm nem terazisidir. En çok kullanılan metot ise kül fırını yardımıyla

550°C 1 saat kurutma işlemi sonrası tartım metodudur. Denemede yakma fırını ile uygulanan klasik yöntem ve vakum desikatör ile yapılan analizler karşılaştırılmıştır. Bütün metotlar tüm dünyada geçerliliğe sahiptir (Wolf vd., 2001; Mueller, 2004; Korkut vd., 2004; Skoog vd., 2007; Kutlu ve Çelik, 2010).

**Kuru Madde Tayini:** Kuru madde tayini en kolay analizlerden biridir. Uygulama şekli açısından iki yöntem bulunmaktadır. Etüv ile 105 °C sıcaklıkta darası alınmış petri içinde ağırlığı belli olan örneklerin içindeki nemin uçurulması ilkesine dayanmaktadır. Ayrıca nem terazisi yöntemi ile de analiz

basitçe yapılabilir (Korkut vd., 2004; Skoog vd., 2007; Kutlu ve Çelik, 2010).

## BULGULAR

Belirlenen cihaz ve uygulanan yöntemler doğrultusunda mevcut laboratuvarlarda gerçekleştirilen beş esas besin madde analizlerinin sonuçları ve bunların birbirine göre karşılaştırılmaları Tablo 2, 3 ve 4'te belirtilmiştir. Tüm analiz ve süre uygulamaları üç tekrar oluşturulacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** İki farklı balık ununun ham protein analizlerinin zaman ve uygulama yöntemlerine göre değerlendirilmesi

**Table 2.** Comparison of crude protein analysis method and times for two different fish meals

Ham Protein	Süre		HP (%)	
	P	Ç	P	Ç
Yöntem				
Kjeldahl	136 dak	272 dak	68,63 ±1,76	67,27±1,96
Duma	2 dak 14 sn	2 dak 46 sn	68,66 ± 1,09	67,27±1,74
Lawry	42 dak 30 sn	119 dak	68,60±1,12	67,23±1,49
NIR	3 dak 39 sn	4 dak 42 sn	68,50±1,07	67,30±1,53
Referans Değeri			65-68	65-72

P, Peru balık unu, Ç, Çin balık unu.

**Tablo 3.** İki farklı balık ununun ham yağ analizlerinin zaman ve uygulama yöntemlerine göre değerlendirilmesi

**Table 3.** Comparison of crude lipid analysis method and times for two different fish meals

Ham yağ	Süre		HY (%)	
	P	Ç	P	Ç
Yöntem				
Sokshalet	423 dak	458 dak	8,46±0,15	9,38±0,11
Döner Buharlaştırıcı	157 dak	62 dak	8,45±0,10	9,32±0,06
Referans Değeri			8-11	12-14

P, Peru balık unu, Ç, Çin balık unu.

**Tablo 4.** İki farklı balık ununun ham selüloz, ham kül ve kuru madde (nem) analizlerinin zaman ve uygulama yöntemlerine göre değerlendirilmesi

**Table 4.** Comparison of crude fiber, ash and moisture analysis method and times for two different fish meals

Yöntem	Süre		HS (%)	
	P	Ç	P	Ç
<b>Ham Selüloz</b>				
Manuel metot	379 dak	421 dak	2,41±0,05	2,68±0,05
Otomatik metot	118 dak	116 dak	2,41±0,06	2,68±0,07
Referans Değeri			1-3	1-5
<b>Ham kül</b>				
Yakma (kül) fırını	196 dak	227 dak	15,23±0,01	16,70±0,05
Vakum desikatör	4 dak 15 sn	5 dak 12 sn	16,20±0,02	17,67±0,06
Referans Değeri			17-19	16-20
<b>Kuru madde</b>				
Etüv	375 dak	346 dak	10,23±0,03	10,61±0,17
Nem terazisi	3 dak 45 sn	7 dak 12 sn	10,20±0,01	10,87±0,11
Referans Değeri			9-10	9-12

P, Peru balık unu, Ç, Çin balık unu.



**Tablo 2** ve **3**'te elde edilen analiz sonuçlarına göre ele alınan numunelerin referans değerlerine göre karşılaştırıldığında protein değerlerine göre büyük farklılıklar gözlenmediği belirlenmiştir. Ancak yağ analizlerinde elde edilen değerlerde özellikle Çin kökenli balık unundan elde edilen sonuçlarda azalma gözlenmiştir. Bu durum, genelde Çin ve benzer uzak doğu ülkelerinden gelen hammaddelerde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Yem fabrikalarının analiz değerlendirilmelerinde bu konunun tedarikçi firmalara iletildiği ve şikâyetlerde bulunduğu bilinmektedir. Zaman olarak Çin kökenli balık unu analizlerinin daha uzun sürdüğü gözlenmiştir. Bunun hammaddenin yapısal özelliğinden kaynaklanması açıklanmaktadır. Genelde bu tip hammaddelerin saf olmaması, üre vb. maddelerce desteklenmesi analiz sürelerine ve tarrarlarda farklı değerlerin çıkmasına neden olabilmektedir.

Her iki örneğin yapılan analizleri sonucunda bulunan analiz sonuçlarının kabul edilebilir değerler içinde olduğu görülmüştür. Nem analizleri tek bir yöntem olan etüv ile kurutma olup, yapılan analiz sonuçlarında yine farklı bir değerle karşılaşmamıştır. Ancak zaman olarak yöntemler arasında ciddi farklar olduğu gözlenmiştir. Çin kökenli balık unu yapılan analizlerde diğer örnekten farklı sonuçlar göstermiştir. Bu analiz

yöntemlerinden değil, daha çok ürünün kalitesine bağlı olarak değerlendirilmiştir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada elde edilen sonuçlar ve buna bağlı değerlendirmeler için tüm analiz metotlarının kurulum maliyetleri, analiz sarf giderleri, süre, paraleller arasındaki stabilite (uygunluk), bu cihazlara karşı laboratuvarların eğilimi (tercih edilme değerleri) ve referans olabile (agretitasyon ve uluslararası kabul görme değerleri) dikkate alınmıştır. Buna göre metotların ve cihazların birbirlerine karşı farkları ve değerlendirme sonuçları ile en iyi sonuçlar Tablo 5'te belirtilmiştir. Analizleri yapılması için tercih edilen balık unları bu çalışmada sadece analiz yöntemlerinin karşılaştırılmasında kullanılmış olup, balık unu dışındaki bir hammadde de çalışmada kullanılabilir. Bu çalışmada analiz yöntemlerinin birbirlerine göre karşılaştırılması yapılmış, bu amaçla bir hammaddenin iki farklı menşei ile bu hammaddelerin tavsiye edilen spektleri bulunan analiz sonuçlarının sapsması kontrol edilmiştir. Buna göre genelde önerilen spektler dâhilinde sonuçlar elde edilmiş olup, analiz yöntemlerinde bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Ancak analiz metotlarına göre özellikle zamana göre ciddi farklar gözlenmiştir.

**Tablo 5.** Ana besin maddeleri analizlerinde kullanılan cihaz ve metodların birbirlerine göre karşılaştırılması ve önerilen (+) yöntemler

**Table 5.** Recommended methods (+) and devices which are used in nutrient analysis and their comparisons

Metot	Ham Protein				Ham Yağ			Ham Selüloz		Kuru madde		Kül		Enerji	
	K	D	N	L	S	B	MM	OM	E	NT	KF	VD	C	F	
Yatırım maliyeti	+			+	+		+		+	+		+			+
Analiz maliyeti		+	+			+	+			+	+				+
Süre		+		+		+		+		+		+			+
Girişim			+	+		+		+		+			+		+
Stabilite	+	+		+		+		+	+	+		+	+		+

*K: Kjeldahl Metodu*  
*L: Lawry Metodu*  
*MM: Manuel metot*  
*NT: Nem terazisi*  
*C: Kalorimetre*  
*D: Duma Metodu*  
*S: Sokshalet Metodu*  
*OM: Otomatik metot*  
*KF: Kül Fırını*  
*F: Formül*  
*N: NIR Analizi*  
*B: Buharlaştırma Metodu*  
*E: Etüv*  
*VD: Vakum desikatör*

Bu çalışmada sadece beş kriterin analizlerinin karşılaştırılması gerçekleştirilmiş olup, bunların sonuçları değerlendirilmiştir. Bilindiği gibi balık yemleri için bu besin madde analizleri dışında amino asit, yağ asitleri vb. diğer analizlerin yapılması da zorunludur. Özellikle yem formülleri ve rasyon için bu önemlidir. Ancak tüm analizlerin temeli olarak ana besin analiz grupları temel olarak alınmakta olduğundan, bu çalışmada bu yöntemlerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Buna göre değerlendirmeler aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

Ham protein analizindeki metotlar arasında tercih için direk

olarak yatırım maliyeti, işletim maliyeti ve süre kriterleri dikkate alınmalıdır. Buna göre Duma metodunun tercih edilmesi önerilmektedir. Bir başka alternatif ise UV-VIS-NIR cihazı kullanılarak protein, mineral, vitamin analizlerinin tek bir bünyede yapılmasını sağlamak olabilir ancak bu ciddi bir AR-GE çalışması gerektirecektir. Benzer şekilde soya protein konsantresi ile kapılan karşılaştırmada (Jung vd., 2003), Kjeldahl ile Duma metotları analiz, zaman ve uygulanabilirlik açısından değerlendirilmiş ve her iki metot sonucunda elde edilen bulgulara göre, büyük farklar olmamasına karşın, pratiklik açısından Duma metodu önerilmiştir. Yine de Kjeldahl metodunun daha güvenilir olduğu belirtilmiştir.

Ham yağ analizinde tercih, maliyet ve süreden çok, daha sonra yapılması düşünülen analizlere göre belirlenmelidir. Eğer, yağ asitleri analizi, yağ/lipid analizleri yapılacak ise buharlaştırma metodu bir sonraki analiz için önemlidir.

Ham selüloz analizinde metot tercihi için, yapılacak yıllık analiz sayısı önemlidir.

Eğer protein kaynağı olarak bitkisel hammaddeler fazla kullanılacaksa analizör kullanılması, analiz sayısı düşük olacaksa manuel metot tercih edilmelidir.

Ham kül tayininde göz önünde bulundurulması gereken detay ise ham protein analizinde kullandığımız metottur. Eğer ham protein analizimizi Duma metodu ile yapıyorsak ek olarak ham kül tayini için analize ihtiyacımız bulunmamaktadır. Ancak genelde yakma fırınının laboratuvarlarda bulundurulması büyük bir maliyete ve sarfa yol açmaz. Bu değerlendirmelere göre özetle aşağıdaki yöntemler için önerilen metotlar sırasıyla;

- Ham protein analizlerinde Duma metodu,
- Ham yağ analizlerinde döner buharlaştırıcı,
- Ham selüloz ve kül analizlerinde klasik yöntem,
- Su/kuru madde analizlerinde nem terazisi önerilebilir.

Yapılan çalışmada farklı iki balık unu kullanılması metotların ve uygulanan cihazların karşılaştırılması yönünden önemlidir. Bu çalışma ile uygulamanın pratikliği ve sürati ayrıca yem yapım ya da yem ve hammaddelerin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Bu nedenle zaman bu çalışmada dikkate alınmıştır. İki balık unu ile yapılan uygulamada Çin kökenli balık ununun daha uzun süreler alması ya da spektlerinden farklı sonuçlar vermesi, analiz metotlarının ya da uygulamaların

hatası değildir. Bu tip ülkelerden gelen hammaddelerde genelde buna benzer sonuçlarla karşılaşıldığı bilinmektedir. Zaten ülkemizde buna bağlı olarak Çin ve Hindistan kökenli ülkelerden getirilen hammaddelere karşı bir hassasiyetin varlığı gözlenmektedir. Analizlerde ki farklılıklar bu hammaddelerin içeriklerinin değişik olmasından kaynaklanmış olabilir. Daha önce de belirtildiği gibi bu hammaddelerde esansiyel amino ve yağ asitlerinin yapılması, üre ve diğer zenginleştiricilerin analizlerinin yapılması da önerilmektedir.

Günümüzde geline nokta da yemde kullanılan hammaddeler kısıtlı ve çok değerlidir. Bu nedenle maliyeti düşürmek ve kaliteyi artırmak için balığa verilen yemin kalitesi yükseltmemiz ve maliyetini düşürmemiz gerekmektedir. Bunun yolu da yem üretiminin hammaddeden ete kadar olan dönemde kontrol altında tutulması ve kalite analizlerinin yapılmasından geçmektedir. Dünyada ve ülkemizde yüksek ivme ile gelişen su ürünleri marketindeki en büyük maliyet olan yemi ancak yüksek kalite kontrol analizleri ile kontrol altında tutabilir ve en yüksek verimliliği sağlanabilir.

Bununla beraber kalite analizleri yapmak için yapılacak yatırımın maliyeti, analizlerin işlevselliği ve analiz maliyetlerinin de göz önünde tutulması ve laboratuvar yatırımın bu veriler doğrultusunda işletme için en büyük yararı sağlayacak şekilde yapılması şarttır. Araştırma var olan analiz metotlarının ve analiz ekipmanlarının doğru tercihi ve yatırımın en ideal şekilde yapılabilmesi için sektörümüze ışık tutması yol gösterilmesi üzerine yapılmıştır. Kalite analizleri için birçok kriter, veri ve metot mevcuttur ve burada da yem hammaddelerinde olduğu gibi dışa bağımlılık söz konusudur. Bu nedenlerle yatırımın mümkün olan en yüksek dikkatle ve önemle yapılması şarttır.

## KAYNAKLAR

- Altınığne N., 1992, Besin Analizi Teorik, E.Ü. Eczacılık Fakültesi Yayınları. Ege.b1115856. 213, İzmir.
- Gündüz, T. (2002). Instrümental Analiz, Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Gazi Kitabevi, Ankara. International Standard (ISO, 1976), ISBN975-7313-43-2.
- Hoşsu B, Korkut, A. Y., Kop, A., 2012, Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I, (Balık Besleme Fiziolojisi ve Biyokimyası). Ege Ü. Su Ürünleri Fakültesi Yayın No: 50, 7. Baskı.
- Jung, S., Rickert, D. A., Deak, N. A., Aldin, E. D., Recknor, J., Johnson, L. A., Murphy, P. A., 2003, Comparison of Kjeldahl And Dumas Methods For Determining Protein Contents of Soybean Products. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 80(12): 1169-1173. doi: [10.1007/s11746-003-0837-3](https://doi.org/10.1007/s11746-003-0837-3)
- Korkut A.Y., Hoşsu, B., Kop, A., 2004, Yem ve Yem Yapım Teknolojisi II, (Laboratuvar Uygulamaları ve Yem Yapım Teknolojileri). Ege Ü. Su Ürünleri Fak. Yayın No: 54. İzmir.
- Kutlu, H. R., Çelik, L., (2010). Yemler Bilgisi ve Yem Teknolojisi. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No:266, Ders Kitapları, 2. Baskı, Yayın No:A-86, Adana.
- Mueller, H., I., 2004. Review of modern analytical techniques in feed analysis. Chapter 1 in: 'Assessing Quality and Safety of Animal Feeds'. FAO Animal Production and Health Papers - 160. ISBN 92-5-105-46-5. 170p.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., Crouch, S. R., 2007, Principles of instrumental analysis, 6th Ed., Belmont, CA, Thomson.
- Tarım, Gıda ve Hayvancılık Bakanlığı, 2010, Yemlerin Resmi Kontrolü İçin Numune Alma ve Analiz Metotlarına Dair Yönetmelik, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.
- TÜRKAK, 2010, R50-07 İyi Tarım Uygulamaları Yeterlilik Kriterleri Rehberi, Ankara.
- TÜRKAK, 2011, R40-06 Gıda Güvenliği Uygulamaları ve Akreditasyon Kriterleri, Ankara.
- Wolf M.W., Hall, D., Collins, M., Lacefield, G, Mertens, D., 2001, Understanding Forage Quality, American Farm Bureau Federation Publication 2001-01, Park Ridge IL

# Su ürünleri enzimleri ve enzimlerin işleme endüstrisinde kullanım olanakları

## Seafood enzymes and their application in the seafood industry

Yasemen Yanar

Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, Balcalı, Adana, Türkiye  
[yyanar@cu.edu.tr](mailto:yyanar@cu.edu.tr)

### How to cite this paper:

Yanar, Y., 2015. Seafood enzymes and their application in the seafood industry. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 105-113. doi: [10.12714/egejfas.2015.32.2.07](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.2.07)

**Abstract:** Enzymes which have very important metabolic functions are structurally proteins that catalyse biochemical reactions and they become a part of daily and economical life. The aquatic environment contains a wide variety of genetic material and, hence represents an enormous potential for different sources of enzymes. This review summarizes information related to digestive and muscular enzymes in fish and aquatic invertebrates. In addition, potential applications of enzymes in seafood processing industry is discussed.

**Keywords:** Enzymes, fish, seafood industry

**Özet:** Biyokimyasal reaksiyonları kataliz ederek, çok önemli metabolik fonksiyonlara sahip olan protein yapısındaki enzimler, günlük ve ekonomik hayatın bir parçası olmaya başlamıştır. Çok geniş genetik materyale sahip olan sucul çevre, farklı enzim kaynaklarından dolayı bu alanda önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu derlemede balık ve diğer sucul organizmaların sindirim ve kas dokuda bulunan enzimleri hakkında bilgi verilmektedir. Ayrıca enzimlerin su ürünleri işleme endüstrisindeki potansiyel uygulamaları anlatılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Enzimler, balık, su ürünleri endüstrisi

## GİRİŞ

Enzimler, hücrelerdeki metabolik faaliyetlerin tümünü yöneten özel katalizörlerdir. Organik kimyada kullanılan metotlar ile gerçekleştirilmesi çok güç olan birçok reaksiyon, uygun ve spesifik enzimlerle kolaylıkla gerçekleştirilir. Enzimlerin bu özelliği, canlı hücrelerden izole edilerek çeşitli amaçlar için kullanılmak üzere, günlük ve ekonomik hayata girmesine neden olmuştur (Wiseman, 1987). Biyoteknolojik ilerlemeler sayesinde enzimlerin çeşitli kaynaklardan izole edilmesi ve saflaştırılması daha ucuz ve pratik hale getirilmiştir (An ve Visessanguan, 2000). Uluslararası Biyokimya Birliğinin enzim komisyonu tarafından günümüzde yaklaşık 4000 farklı enzim sınıflandırılmış (Bairoch, 2000) ve bunların büyük bir kısmını tüm gıda myosistemlerinde benzer homolog enzimlerin oluşturduğu belirlenmiştir, örneğin sucul organizmaların kaslarındaki enzimler, kara hayvanlarının kaslarında bulunan enzimlere benzerlik göstermektedir (Haard, 1998). Ancak, sucul organizmaların enzimlerinin molekül ağırlıkları, amino asit kompozisyonları, optimum pH ve sıcaklıkları, stabiliteyi, inhibasyon özellikleri ve kinetik özellikleri arasında farklar vardır. Sucul ortamlar daha geniş genetik materyal içerirler bu yüzden farklı enzimlerin keşfinde çok büyük potansiyele sahiptirler. Örneğin teleostlar yaklaşık 50 adet taksonomik sınıf,

13.000 adet tuzlu su türü içerirler (De-Vecchi ve Coppes, 1996).

Geçmişte, su ürünleri endüstrisinde enzimlerin geleneksel kullanımları, birkaç ürünle sınırlı kalmış (balık protein hidrolizati, balık sosu ve tuzlanmış balık ürünleri) bu işlemler balıktaki endojen proteazlara dayanılarak yapılmıştır (Haard, 1992). Günümüzde balık ve kabuklu enzimlerinin su ürünleri endüstrisinde kullanımları çeşitlenmiş, eksojen enzimler ile işlem hızı artırılarak geleneksel uygulamalar iyileştirilmiş, yeni ürünlerin üretimi gerçekleştirilmiş ve işlem yardımcısı olarak kullanımları söz konusu olmuştur (Haraldsson, 1990; Stefánsson ve Steingrimsdóttir, 1990).

Bu derleme ile su ürünleri kaynaklı enzimler anlatılmakta, karasal hayvan enzimlerine göre üstünlüklerine yer verilmekte ve enzimlerin ticari kullanım olanaklarının daha iyi anlaşılması için su ürünleri işleme sanayindeki mevcut uygulamalara örnekler verilmektedir.

## SU ÜRÜNLERİ ENZİMLERİ

Balık ve sucul omurgasızlarda doğal olarak bulunan enzimler; proteazlar, lipazlar, karbohidratlar ve diğer enzimlerdir.

## Balık ve Sucul Omurgasızların Mide, Bağırsak, Hepatopankreas ve Kas Proteazları

Balık iç organlarındaki mevcut enzimlerin proteolitik aktiviteleri ile ilgili çalışmalar 19. yy'da başlamış, ilk olarak post-mortem depolama esnasında abdominal (karın) dokunun sindirim proteazlarının etkisiyle yumuşaması 1926 yılında *Almy* tarafından incelenmiştir.

### Mide Proteazları

Pepsinler; aspartik proteazlar ailesine ait olup balıkları da kapsayan omurgalıların mide mukozal salgı bezinden salgılanırlar (*Frucon, 1987*). Bu enzimler asidik koşullarda aktif endopeptitazdırlar, doğada daha az asidiktirler ve memelilerde bulunanlarına karşılık daha yüksek spesifik aktiviteye sahiptirler (*Gildberg ve Raa, 1983*). Özellikle soğuk iklim balıklarının pepsinleri, memeli pepsinlerine göre düşük sıcaklıkta daha aktiftir. Aynı zamanda, daha düşük asidik koşullarda optimal aktivite gösterirler. Bu farklılıklar, daha hassas fiziksel ve kimyasal ortamlar isteyen işleme koşulları için balık pepsinini, memeli pepsinine göre daha kullanışlı kılar.

Kimozinler ve gastrisinler; kimozen rennin olarak da bilinir asidik bir proteazdır, diğer asidik proteazlardan farklı olarak dar bir substrat spesifitesine sahiptir, pH stabilitesi yaklaşık 7'dir. Kimozen genellikle genç ruminantların 4. mide bölümünde bulunmuştur. Son yapılan çalışmalarda sazanda ve fok balığının midesinde kimozen ve kimozen benzeri enzim aktiviteleri görülmüştür (*Shamsuzzaman ve Haard, 1984; Haard ve Simpson, 1994*).

Gastrisinler; enzimatik ve kimyasal özellikleri pepsine benzeyen aspartil proteazlardır. Bununla beraber yapıları ve belirli katalitik özellikleri pepsinden farklıdır (*An vd., 1994*). Berlam balığının midesinden gastrisinin iki zimojeni ekstrakte edilmiştir. Her iki zimojenin optimal pH'sı 3.0 olup pH 10'da aktiftirler. Memelilerde bulunan gastrisinlerden farklı olarak bu iki zimojenin alkali pH'da oldukça stabil oldukları ve protein ile sentetik substratlara farklı aktivite gösterdikleri rapor edilmiştir (*Haard, 1986*).

### Bağırsak ve hepatopankreas proteazları

Teleost balıkların bağırsak proteazları, plorik çeka veya pankreastan salgılanırlar, plorik çeka'dan başlıca tripsin ve kimotripsin olarak isimlendirilen iki tip serin proteaz ortaya çıkarılmıştır. Bu enzimlerin dışında kollojenaz, elastaz, ve karboksipeptidazlar balık bağırsaklarında tanımlanmışlardır. Çeşitli balık türlerinin sindirim sistemlerinde proteolitik enzimlerin incelenmesi sonucunda balık bağırsağında bulunan serin proteazların nötral pH'dan ziyade alkali koşullarda daha yüksek aktiviteye sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır. Balık serin proteazlarının genellikle sıcak kanlı hayvanlardakiler ile benzer moleküler ağırlığa, amino asit kompozisyonuna ve serin proteaz inhibitörlerine olan duyarlılığa sahip oldukları belirlenmiştir.

Tripsin ve Kimotripsin; Son 20 yıldır, tripsin ve tripsin

benzeri enzimler ılıman iklim balıkları kadar soğuk iklim balıklarında da bulunduğu ve tanımlandığı bildirilmiştir. Tripsin ve tripsin benzeri proteolitik enzimler sardalya (*Murakami ve Noda, 1981*), Atlantik morina (*Amiza vd., 1997*), Atlantik somon (*Male vd., 1995*) ve hamsi (*Martinez vd., 1988*) gibi balık türlerinden saflaştırılmış ve karakterize edilmiştir. Farklı balık türlerinden izole edilen tripsin enziminin pH stabilitesi; asidik koşullar altında daha stabil olan memelilerden elde edilen tripsine göre farklıdır, alkali pH'da aktiftir (*Haard ve Simpson, 1994; De-Vecchi ve Coppes, 1996*). Balık tripsininin termal stabilitesi inkübasyon koşulları kadar türede bağlıdır (*De-Vecchi ve Coppes, 1996*). Tripsin ile mukayese edildiğinde balık türlerinin kimotripsinleri daha az çalışmıştır (*Haard, 1994*). Kinetik özellikleri memeliler ile karşılaştırıldığında farklıdır, çünkü Atlantik morinanın yaşadığı düşük sıcaklıklara bile adapte olabilmektedir (*Asgeirsson ve Bjarnason, 1991*). Tripsin ve kimotripsin enzimleri tatlı su balıklarından da izole edilmişlerdir. Kabuklularda hepatopankreas memeli karaciğeri veya pankreası gibi çalışır ve sindirim proteazları üretir (*Tsai vd., 1991*). Serin proteaz, tıpkı tripsin gibi çeşitli krustase ve mollusklarda bulunmuştur; kimotripsin istakozlarda (*Lechevalier ve diğ., 1995*), taraklarda ve beyaz karideslerde (*Hernandez-Cortes vd., 1997*) ortaya çıkarılmıştır. Bu sindirim proteazları hasat sonrasında bu organizmaların kas proteinlerinin hızlı otolizlerinden sorumlu olduğu bilinmektedir (*Kawamura vd., 1984; Osness, 1985*). Aynı zamanda indirekt olarak karides ve istakozlarda melanosis olayından da sorumlu olduğu söylenmektedir (*Gopakumara, 1990; Wang vd., 1992; Zotos ve Taylor, 1996*).

Kollojenaz ve elastazlar; endojen kollojenazlar balık kasındaki konnektif dokuları hidroliz ederler ve böylece arzu edilmeyen tekstürel değişimlere ve filetonun gevşemesine yol açarlar (*Ando vd., 1995*), pH 6.5-8.0 arasında aktiftirler (*Haard ve Simpson, 1994*). Bu enzimlerin düşük ısı stabiliteeleri nedeniyle, kullanımları sınırlıdır, 40°C'de dahi aktivitelerini kaybederler (*Zefirova vd., 1996*). Ayrıca kurustaselerin hasat sonrası depolama periyodu esnasında kas dokunun otolizinden sorumludurlar (*Baranowski vd., 1984; Kawamura vd., 1984*). Pankretik elastazlar serin proteaz ailesine ait olup, elastin olarak adlandırılan konnektif doku proteinlerini sindirebilme yeteneğine sahiptirler (*Asgeirsson ve Bjarnason, 1993*). Sazan (*Cohen ve Gertler, 1981*), yayın (*Clark vd., 1985*), Atlantik morina (*Asgeirsson ve Bjarnason, 1993*) gibi balıklarda mide elastaz enzimleri bulunmuştur.

### Nötral ve alkalin kas proteazları

Endojen balık kas proteazları başlıca kas lifleri arasında ve ekstrasellüler matrikste yer alırlar (*Haard, 1994*). Kas liflerindeki proteazlar; lizozomal proteinazlar, nötral proteinazlar, alkalin proteinazlar ve metaloproteinazlar olarak sınıflandırılırlar (*Haard, 1994*). Lizozomal proteinazlar; Katepsin A, Katepsin B, Katepsin D, Katepsin H ve Katepsin L çeşitli balık ve sucul omurgasızlardan izole edilmişler ve özellikleri belirlenmiştir (*Benjakul vd., 1996; Benjakul vd., 1997; Capasso vd., 1999*).



Katepsin D hariç diğer lizozomal proteinazlar, serin veya sistein proteazlara ait olup, optimum pH alkali bölgesidir. Katepsin D ise aspartik proteaz olup optimum pH asidik bölgedir (Haard, 1994; Kolodziejska ve Sikorski, 1996). Balık kası memeli kasına göre 10 kat daha fazla Katepsin D içermektedir. Katepsin D kas proteinlerini otoliz eden başlıca lizozomal kas proteinazıdır (Makinodan vd., 1983). Bu nedenle balıketi siğir etine göre daha kısa sürede rigora girer. Yapılan araştırmalarda Katepsin B, H ve L gibi sistein proteazların, kas proteinlerinin yıkımında ilgisi olduğunu öngörmektedir (Ouallı vd., 1987). Katepsin C balık kas dokusundan saflaştırılmamıştır. Bu enzim kalamar hepatopankreasından ayrıştırılmış, tuza tolerans gösterdiği ve fermente balık ürünlerinde bu enzimin eksopeptidaz aktivitesi sayesinde kendine has aroma oluşumunda etkili olduğu belirlenmiştir (Raksakulthai vd., 1986). Kalpainler kas sarkoplazmı içerisinde bulunan nötral proteinazlardır, 30 °C'de ve nötral pH (6,9-7,5) da aktiftirler (Kolodziejska ve Sikorski, 1996). Kalpainler, balıktaki myofibriler proteinlerini parçalayarak, balık kasının post-mortem yıkımına neden olurlar (Geesink vd., 2000). Balık kasındaki alkalın kas proteazları çok çalışılmış ve özellikleri belirlenmiştir. Bu enzimler kas sarkoplazmı içinde mikrozomal kısımda veya myofibriler arasında bulunur.

#### Balık ve Sucul Omurgasızların Lipazları

Lipazlar, su ürünlerini de içine alan doğada çok yaygın olarak bulunan, özellikle su-yağ fazı arasındaki iç yüzeyde substrata karşı katalitik etki göstererek, trigliseridleri; digliserid, monogliserid, gliserol ve yağ asitlerine hidrolizlemektedirler (Jensen, 1983). Aynı zamanda, lipid substratlarının esterifikasyon ve transesterifikasyon reaksiyonlarında katalizlemektedir (Wanasundara ve Shahidi, 1997). Bu özellikleri sayesinde yeni tip triasilgliserol, esterler ve yağ asitlerinin üretimine imkân sağlarken, konvensiyonel teknoloji ile üretilen ürünlerin kalitesini artırmada da kullanılabilir. O yüzden sucul organizmaların lipolitik enzimlerini araştırmak önemlidir, nitekim balık yağlarında inter esterifikasyonu kataliz ederek, omega-3 ile zenginleştirilmiş balık yağı üretiminde kullanılırlar (Simpson ve diğ., 1991). Lipazlar morina (Gjellesvik vd., 1992), uskumru (Nayak vd., 2003) ve somonlardan (Gjellesvik vd., 1994) karakterize edilmişlerdir. Genellikle geniş sıcaklık aralığında aktiftirler (-20 °C ile 60 °C), optimum pH aralığı ise 7-9 arasındadır.

Fosfolipazlar (PL) fosfolipitleri hidroliz eden lipolitik enzimlerdir, iki kategoriye ayrılır asilhidrolaz ve fosfodiesteraz olmak üzere. Fosfolipaz mezgitte pilorik çekadan (Shahidi ve Kamil, 2001), kırmızı deniz çipurasında hepatopankreastan (Ono ve Iijima, 1998), alabalıkta karaciğerden (Neas ve Hazel, 1985) ve morinada kastan izole edilmiştir (Shahidi ve Kamil, 2001). Optimum sıcaklık aralığı 30°C-45°C, optimum pH aralığı ise 8-10 aralığında bulunmuştur.

#### Balık ve Sucul Omurgasızların Karbonhidratları

##### Kitinolitik enzimler

Kitinaz ve lizozimleri içerirler. Gerçek kitinazlar, kitinaz ve

kitobiaz olmak üzere ikiye ayrılır (Clark vd., 1988). Denizel türlerde kitinolitik aktivite kabuklularda ve böceklerde kabuk değiştirme periyodunda etkilidirler, bununla birlikte çeşitli balık türlerinin sindirim sistemlerindeki kitinaz ve kitobiaz aktivitesi rapor edilmiştir. Bu enzimler balıkların sindirim sistemleri ve bunlar ile ilgili organlarından saflaştırılmış ve tanımlanmıştır (Rehbein vd., 1986; Matsumiya ve Mochizuki, 1996). Bazı araştırmacılar bu enzimlerin endojen olduğunu söylerken bazıları ise gıda mikroflorası ile alındığını veya sindirim sistemindeki endojen mikroflorada bulunduğunu bildirmişlerdir (Lindsay ve Gooday, 1985; Clark vd., 1988; James vd., 1989). Kitinazlar (kitinaz, kitobiaz ve lizozimler) indirekt sindirim fonksiyonuna sahiptirler.

Lizozimler gram (+) bakterilerin hücre duvarını parçalarlar. Balıkta bitkilerde ve memelilerde patojenik organizmalar ve böceklerle karşı savunma amaçlı kullanılırlar. Balık, memeli ve bitkilerde bulunan kitinazların molekül ağırlıkları, izoelektrik noktaları birbirlerinden farklıdır. Kitinolitik enzimlerinin insan barsak sisteminde yokluğu nedeniyle, kitin ve kitosan indirgenemez. Ayrıca bu biopolimerler insan vücudunun metabolizma veya fizyolojik fonksiyonlarını etkilemektedir. Bu nedenle insan sağlığını ve performansını destekleyici iddialarda bulunan çok sayıda bilimsel çalışmanın artması da beklenmektedir. Bu nedenle de balık ve sucul omurgasızların kitinolitik enzimlerinin farklı alanlarda çok geniş kullanım alanı potansiyelleri vardır. Ayrıca bakterilerin hücre duvarlarını parçalama özelliklerinden dolayı antibakteriyel özellikleri keşfedilmiştir. Genellikle balık ve sucul omurgasızlardan izole edilen lizozimler, sıcak kanlı hayvanlardan ve bitkilerden elde edilenlerden oldukça farklıdır, çünkü düşük sıcaklıklarda yüzlerce kat daha aktiftirler. Aynı zamanda lizozimler molekül olarak daha asidik bir yapıya sahip olduklarından potansiyel antimikrobiyal faaliyet gösterirler (Raa, 1990).

##### Aljinat liyazlar

Aljinat liyazlar sucul organizmalarda mevcut enerjinin etkin kullanımına izin veren önemli karbonhidrat parçalayan enzimlerdir. Denizel algler, yumuşakçalar ve mikroorganizmaları da içeren pek çok kaynaktan izole edilmişlerdir. Yumuşakçalarda, liyazlar mide, salgı bezi ve hepatopankreasından izole edilmiştir (Wong vd., 2000).

##### Diğer Enzimler

##### Transglutaminaz enzimi

Transglutaminaz, balıklarda surimi üretimi esnasında proteinlerin çapraz bağlanmasından sorumlu enzimdir (Ashie ve Lanier, 2000). Protein moleküllerinin transglutaminaz vasıtasıyla çapraz bağlanması proteince zengin gıdalarda büyük fiziksel değişikliklere neden olmaktadır ve bu benzersiz enzim reaksiyonu ile gıda proteinlerinin reolojik özelliklerini değiştirmek mümkün olabilmektedir (Lee vd., 1997; Nakahara vd., 1999). Transglutaminaz hayvan dokuları, bitkiler ve

mikroorganizmalarda bulunabilen bir enzimdir. Elde edilme kaynaklarına göre hayvan dokuları ve organlarında bulunan yapısal transglutaminaz ve mikrobiyal transglutaminaz olmak üzere ikiye ayrılır. Transglutaminaz aktivitesi, uskumru, alabalık, çipura, istakoz ve karides gibi türlerde tespit edilmiştir (Yasueda, vd., 1994; Muruyama vd., 1995). Endojen balık transglutaminaz enzimlerinin aktiviteleri, avlandıktan hemen sonra hızla azalmakta, dondurma işleminden sonra ise parçalanmaktadır bu nedenle yüksek kalitede surimi üretimi için üretim denizde yapılmalıdır. Ancak denizde üretimin maliyeti yüksek olduğu için, karada ticari transglutaminaz kullanılarak üretim yapılmaktadır (An vd., 1996). Transglutaminazlar kullanılarak farklı gıda proteinleri arasında çapraz bağlar oluşturulabilir. Örneğin kazein ve myozin, kazein ve soya fasülyesi, myozin ve soya fasülyesi, peynir altı suyu ve kazeinler, soya fasülyesi proteinleri ve et arasında oluşturulan çapraz bağlar yardımıyla yeni proteinli gıdaların gelişiminin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

## ENZİMLERİNİN SU ÜRÜNLERİ İŞLEME ENDÜSTRİSİNDE KULLANIMLARI

Günümüzde enzimlerinin su ürünleri endüstrisinde kullanımları çeşitlenmiş, eksojen enzimlerin kullanılmasıyla, işlem hızının artırılarak geleneksel uygulamaların iyileştirilmesi, yeni ürünlerin üretimi ve işlem yardımcısı olarak kullanımları söz konusu olmaktadır (Stefánsson ve Steingrímssdóttir, 1990; Haraldsson, 1990).

### Süreç Geliştirmede Proteaz Kullanımı

Proteazlar, protein moleküllerindeki peptid bağlarını yıkmayı kataliz eden, hidrolitik enzimlerdir. Gıda işleme endüstrisinde kullanımları; ekmeğin tekstürel modifikasyonu, kurutulmuş yumurta ürünlerinde kalitenin geliştirilmesi, etin gevrekleştirilmesi, kemik atıklarından proteinlerin ayrılması, soya sosu ürünleri, peynirin olgunlaşmasının hızlandırılması ve şarabın berraklaştırılması gibi işlemlerde yararlanılır. Su ürünleri işleme endüstrisinde proteazların kullanımları aşağıda detaylı verilmiştir.

### Balık protein hidrolizatı (FPH)

Kimyasal veya enzimatik yolla çeşitli boyutlarda peptit zincirlerine kadar parçalanmış ürünlere protein hidrolizatları denir. Proteinleri hidrolize etmek amacıyla enzimler, asitler ve alkaliler kullanılmaktadır. Enzimatik hidroliz beslenme değerinde herhangi bir azalma yapmadan fonksiyonel özelliklerin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Kolay işlem koşulları, düşük tuz içeriği ve hızlı hidroliz ve buna bağlı olarak son ürün özelliklerinin kontrol edilebilir olması, enzimatik hidrolizin avantajlarından bazılarıdır. Farklı balık türleri, farklı enzimler ve koşullar oluşturularak çok çeşitli hidrolizatlar elde edilebilir. Bitkisel (papain, fisin vb.), hayvansal (tripsin,

pankreatin vb.) ve mikrobiyal (pronaz, alkalaz vb.) enzimler kullanılabilir. Hidroliz kontrollü koşullarda gerçekleştirilerek su tutma kapasitesi, emülsiyeye olma kapasitesi ve köpük oluşturma gibi fonksiyonel özellikleri düzeltilebilir. Balık proteinlerinin hidrolizinde 23 proteolitik enzim kullanılmış pankreatin, papin ve pepsin en uygun enzim olarak belirlenmiştir (Hale, 1969).

### Balık işleme atıklarından protein ayırma

Fileto çıkarma sırasında kafa, deri, iskelet gibi atıklar yüksek kalitede protein kaynaklarıdır. Bu atıklardaki kalan etleri ayırmak oldukça güçtür bu nedenle genellikle çöpe atılırlar. Proteaz enzimleri ile muamele edildiğinde birkaç saat içerisinde karides atıklarından ve fileto atıklarından proteinler ayrılabilir (Kim vd., 1997). Morina fileto atığı, ton balığının pilorik çekasından elde edilen ham proteinaz ile muamele edildiğinde 50 °C'de 12 saat sürede proteinlerin %80'inin ayrıldığı bildirilmiştir (Kim vd., 1997). Pseudomonas aeruginosa'dan elde edilen mikrobiyal proteaz ile karides ve yengeç atıklarından proteinlerin %61'i ayrılabilmiştir (Wang ve Chio, 1998).

### Balık pullarının ayıklanması

Günümüzde balıklardan pul ayırma işlemi elle veya mekanik olarak yapılmaktadır. Özellikle iri, pullu balıkların pullarını mekanik ayırma esnasında deride yırtılmalar veya tüm pulların temizlenememesi gibi sorunlar ile karşılaşmaktadır. Ya da pul ayırma esnasında kas tekstürüne zarar verilebilir. Enzimatik pul ayırma işleminde prensip; deri yüzeyindeki ve mukoz tabakadaki protein yapısını denatüre etmek ve su ile yıkıyarak pulları deri yüzeyinden uzaklaştırmaktır. Balıklar bu amaç için özel dizayn edilen inkübasyon tanklarında hafifçe asitlendirilmiş su solüsyonunda kollajenaz enzimi ile bekletilir. Sonrasında tanktan alınarak yıkanır (Stefansson, 1998).

### Kabukluların kabuk soyma işlemi

Aspergillus niger'den elde edilen karbohidraz ve selüloz enzimi kullanılarak, karides ve yengeç kabuklarından et kaybını önleyerek kabuk ayırma işlemi ve tarakların iç organlarının ayrılması işleminde kolaylık sağlanmıştır. Bunun için fisin ile amilaz enzimi, sodyum bikarbonatlı su da çözündürüldükten sonra (pH 7.8, 52°C), kafası koparılmış karidesler bu solüsyonda 30 d bekletilerek, vakum pompası yardımıyla su sirküle edilerek kabuk ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde tarakların iç organlarının uzaklaştırılması için fisin, amilaz ve selüloz enzimleri, sitrik asit solüsyonunda (44°C) bekletilmiş ve 3 saat sonra su sirküle edilmiştir (Fehmerling, 1970).

### Tuzlanmış balığın olgunlaşması

Balık işleme teknolojisinde tuzlama geleneksel bir muhafaza yöntemidir. Tuzlanmış balığın, kendine has tat ve lezzet ile istenilen yumuşak tekstürü depolanma esnasında olgunlaşma işlemi ile gerçekleşir. Tuzlanmış balıklarda olgunlaştırma işlemi, endojen proteazların yardımıyla, balık



proteinlerini hidroliz ederek, peptit ve amino asitlerin artması sağlanarak gerçekleştirilir (Voskresensky, 1965). Peptitler ve amino asitler balıkta tat ve aromayı artırır. Son ürünün tuz konsantrasyonu uygulanan işleme göre değişmekle beraber %4-18 arasında değişmektedir. Balığın tuzda olgunlaşma süresi bir seneyi bulabilmektedir. Olgunlaşma süresini kısaltan proteaz enzim karışımları sayesinde bu süre kısalmaktadır (Børresen, 1992).

### Balık sosu üretimi

Balık sosları fermente ürünler arasında yer alıp ülkelere göre değişen adlar altında (Japonya'da Shottsuru, Malezya'da Budu, Filipinler'de Patis, Tayland'ta Nam-pla, Vietnam'da Nuoc-mam) üretilmektedir. Bu soslar, tuzlanmış balıkların açık kahverengi renkte sıvı hidrolizatları olup enzim hidrolizine uğratılarak veya bakteriyel fermentasyona tabi tutularak elde edilmektedir. Genellikle temizlenmemiş küçük deniz balıklarından iyi kalitede balık sosu için sadece birkaç ay gerekirken, büyük balıklar için 1 yıl veya 18 ay gerekebilmektedir. Balık enzimlerinin proteolitik aktivitelerinin düşük olması nedeniyle fermentasyonun tamamlanması 6-12 ay gibi uzun zaman almaktadır. Bu durum balık sos üretiminde kısıtlayıcı bir faktördür. Fermentasyon süresinin kısaltılması, aminlerin oluşumu gibi zehirlenmeye sebep olabilen istenmeyen bozulmaları da engelleyecektir (Raa ve Gildberg, 1982; Beddows, 1985). Proteolizi artırmak ve oluşum oranını yükseltmek için bromelain, fisin ve papain gibi doğal enzimlerin kullanıldığı çalışmalar yapılmış, en iyi sonuç % 0.2 bromelain ilave edilen uskumrudan elde edilen hidrolizatta bulunmuştur (Chuapohuk ve Raksakulthai, 1992).

### Kalamarın yumuşatılması

Papain, fisin ve bromelain gibi bitkisel proteazlar ile fungal proteazlardan ve sığır dalağından elde edilen lisosomal ekstraktan, kalamar etinin yumuşatılması (tenderizasyon) amacıyla yararlanılmaktadır. Bu proteolitik enzimler etteki elastin ve kollajeni kısmi hidrolizasyona uğratarak etin yumuşamasına neden olurlar (Melendo vd., 1997). Bu etki özellikle kas fibrillerini tutan sarkolemma ve benzeri kas doku bölgelerinde olmaktadır. Kas fibrillerindeki aşırı proteolitik parçalanma, etin lapalaşma şeklinde istenmeyen bir değişikliğe uğramasına da neden olabilir.

### Yumuşatılmış suyu alınmış balık dilimlerinin hazırlanmasında

Dehidrasyona uğratılmış balık dilimleri oldukça sert bir yapı kazanmaktadır. Suyu alınmış dehidre edilmiş balık dilimlerinin yumuşatılmasında, enzim kullanımı oldukça başarılı olmuştur. Bir tatlı su balığı olan *Labeo rohita*'nın rehidre edilen fileto dilimleri %0.5 papain enziminde 1 saat bekletildikten sonra, %10 tuz konsantrasyonunda 1 saat bekletilerek kurutma tüneline geçirilmiştir. Bu yöntemle kurutulan balık dilimlerinin, rehidrasyon kapasitesinin arttığı, ürünün sertliğinin azaldığı görülmüştür (Smruti ve Venugopal, 2003).

### Karides işleme artıklarından karotenoprotein ve astaxanthin pigmentinin eldesi

Kabukluların dış iskeletleri önemli miktarda karotenoyit bağlamaktadır. Karides ve yengeç işleme atıklarından enzimatik yöntemle karotenoproteinlerin ekstraksiyonu söz konusudur. Tripsin hidrolizi ile astaksantin pigmentlerinin %90'ı, proteinlerin ise %80'i geri kazanılabilmektedir (Simpson ve Haard, 1985). Ekstrakte edilen pigmentler, kültür balık rasyonlarında renklendirici olarak kullanılmaktadır.

### Mukozanın vizkozitesini düşürmekte

Mukoza (stickwater) balık yemi üretimi sırasında elde edilen bir yan üründür. Kondanse edilip kurutulularak satılabilir. Mukozanın içerdiği protein, kondanse edilmesi sırasında (evaporasyon işlemi esnasında) problem oluşturmaktadır. Endüstriyel anlamda proteazlar, proteinlerin vizkozitesini azaltmada kullanılmaktadır. Alkalaz ve nötraz gibi ticari proteazlar nötral pH'da mukozaya eklenerek vizkoziteyi düşürerek evaporasyona yardımcı olmaktadır (Jacobsen ve Rasmussen, 1984).

### Lipaz enzimi kullanarak çok doymamış yağ asidi üretimi

EPA ve DHA Yağ asitlerinin elde edilmesinde bir çok konvansiyonel yöntem uygulanmaktadır. Bunlar; moleküler ve fraksiyonel distilasyon, çözgen ile ekstraksiyon ve kimyasal esterifikasyondur (Haraldsson, 1990; Wills vd., 1998). Bu yöntemlerdeki ekstrem pH ve sıcaklık koşulları, uzun zincirli omega-3 yağ asitlerinin doğal formu olan cis formundan trans formuna dönüşmesine neden olur. Bu olay balık yağının ısıya daha duyarlı olmasına neden olur ve oksidasyona karşı daha az dayanıklı olur. Enzimatik yolla omega-3 yağ asitleri eldesi, daha ılımlı koşullar sayesinde, kimyasal yöntemle göre avantaj sağlar. Enzimatik yağ modifikasyonu, daha çok mikrobiyal kaynaklı lipaz enzimleri ile gerçekleştirilir (McNeill vd., 1996). Lipaz enzimleri su varlığında, trigliserid, digliserid ve monogliseridlerin hidrolizini kataliz ederler. Lipazların yağ asidi spesifiteleri balık yağlarının eldesinde enzim uygulamalarının en can alıcı noktasıdır. Balık yağlarındaki EPA ve DHA'nın trigliseride esterleştirilmesi ile yağların EPA ve DHA içeriğinin % 60 artırılması üzerine bir yöntem geliştirilmiştir (Langholz vd., 1989; Haraldsson, 1990). *Pseudomonas* sp. 'den üretilen 1,3-spesifik lipaz enzimi sayesinde, sardalya yağının EPA ve DHA içeriği %29'dan %44.5'e (w/w) yükseltilmiştir (Adachi vd., 1993). Bu teknik ton balığının PUFA içeriğini zenginleştirmek için de kullanılmıştır. *Candida cylindracea*' dan üretilen lipaz enzimi kullanılarak yağların hidrolize olmayan fraksiyonundan 3 katı fazla DHA üretimi gerçekleştirilmiştir (Tocher vd., 1986).

### Transglutaminaz (tgaz) enzimi kullanarak tekstür modifikasyonu

TGaz, protein molekülleri arasında kovalent bağlar yaparak, proteinlerin çapraz bağlanmasını ve polimerizasyonunu katalizleyen bir enzimdir (EC 2.3.2.13). Transglutaminazlar çeşitli kabuklularda, balıklarda ve mikroorganizmalarda bulunmaktadır (Neilsen, 1995; Zhu vd., 1995; Motoki ve Seguro, 1999). TGaz aktivitesi sardalya, uskumru, kırmızı deniz çupraı, sazan, yılan balığı, somon ve alabalıkta saptanmıştır (An vd., 1996). TGaz enziminin, protein zincirindeki glisin ile lizin amino asitleri arasında gerçekleştirdiği çapraz bağlanmalar ile neden olduğu protein modifikasyonu gıda bilimcilerinin son dönemde gündemine oturmuş durumdadır. Protein substratları, TGaz ile inkübe edildiğinde jelleşmektedir. Bu jel oluşumu sonucunda ısı yoluyla jelleşmeyen proteinler jelleşebilmektedir. Moleküllerarası (g-glutamil)lisil çapraz bağları nedeniyle daha sık bir jel ağı oluşmaktadır. Oluşturulan jellerin ısıyla oluşturulanlara göre daha düzenli bir yapıya sahip olduğu saptanmıştır. Düşük değerli ve trimming uygulanmış et ve balık parçaları yeniden yapılandırılarak, tekstürel özellikleri geliştirilip, satış değeri artırılmaktadır. TGaz, kıyılmış et, balık ve tavuk ile diğer gıda ingrediyeentleri ile karıştırılarak, şekil verilir, basınca dirençli kaplarda paketlenir ve hamburger, et ve balık topları, gibi et ürünlerinin üretimi için kullanılmaktadır. Surimi teknolojisinde kritik faktör, kıyılmış balık etinin myofibriller proteinlerinden minimum kayıpla suda çözünür proteinlerin, pigmentlerin ve lipitlerin etkin ekstraksiyonudur. Özellikle yağlı balıklardan elde edilen surimi ürünlerine, TGaz eklenerek suriminin renk ve lezzet kalitesi ile jel oluşturma

yeteneği artırılır (Kuraishi vd., 2001).

### SONUÇ

İşleme sektöründe kullanılan diğer enzimler ile karşılaştırıldığında su ürünleri enzimlerinin kullanımı henüz emekleme aşamasındadır. Sucul organizmaların enzimleri geleneksel ve yeni geliştirilen gıda uygulamalarında umut vaat etse de önemi tam olarak anlaşılammıştır. Üstelik endüstriyel ölçüde sucul organizmaların enzimlerinin üretimi söz konusu değildir. İşleme hattında ve yeni teknikler geliştirme de spesifik koşulların ihtiyaç duyulduğu çeşitli gıda ürünlerinin üretiminde bu enzimlerin kullanımına gerek duyulduğunu gösteren araştırmalar yapılırsa değeri daha iyi anlaşılacaktır. Nitekim sucul organizmaların enzimleri düşük sıcaklıklarda yüksek moleküler aktiviteye sahip olmaları nedeniyle, düşük sıcaklıklarda reaksiyonları gerçekleştirmede başarılı olurlar, bu sayede geniş ölçüde uygulama imkânı bulabilirler. Sonuç olarak, bu çalışmada ortaya konan veriler ışığında ekonomik açıdan son derece değerli olan enzim uygulamaları ile proteinlerin modifikasyonu, lipitlerdeki PUFA'nın zenginleştirilmesi, raf ömrünün uzatılması, yan ürünlerin geliştirilmesi söz konusu olabilmektedir. Bu enzimlerin birçoğu, balık işleme atıklarından ve iskartalardan elde edilebilmektedir. Avlanan balıkların üç de biri denize geri atılmakta, işleme atıkları toplam yakalanan miktarın %70-85'ini oluşturmaktadır. Bu kaynaklardan daha fazla yararlanmayla ilgili birçok yaklaşım söz konusu olsa da ham materyalden enzimler gibi değeri artırılmış bileşenlerin izole edilmesi asıl ilgiyi oluşturmaktadır. Bu sayede, pek çok yerde etik ve estetik açıdan sorun yaratan çevre kirliliği azalacak, aynı zamanda, elde edilen enzimlerin endüstriyel kullanımları ile ekonomik yönden katkı sağlanacaktır.

### KAYNAKLAR

- Adahi, S., Okumura, K., Ota, Y., Mankura, M., 1993. Acidolysis of sardine oil by lipase to concentrate eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in glycerides, *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 75: 259-264. doi:10.1016/0922-338X(93)90148-2
- Almy, L.H., 1926. The role of the proteolytic enzymes in the decomposition of the herring. *Journal of the Analytical Chemical Society*, 48: 2136-2146. doi:10.1021/ja01419a019
- Amiza, M. A., Galani, D., Owusu-Apenten, R. K., 1997. Cod (*Gadus morhua*) trypsin heat inactivation: a reaction kinetic study, *Journal of Food Biochemistry*, 21: 273-288. doi:10.1111/j.1745-4514.1997.tb00209.x
- An, H., Seymour, T., Wu, J., Morrissey, T. 1994. Assay systems and characterization of pacific whiting (*Merluccius productus*) protease, *Journal of Food Science*, 59: 277-281. doi:10.1111/j.1365-2621.1994.tb06947.x
- An, H., Peters, M.Y., Seymours, T.A., 1996. Roles of endogenous enzymes in surimi gelation, *Trend in Food Science and Technology*, 7:321-327
- An, H., Visessanguan, W. 2000. Recovery of enzymes from seafood processing wastes. In: *Seafood Enzymes: Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality*, N.F. Haard and B.K.Simpson, (Ed.), Marcel Dekker, New York, pp. 641-664.
- Ando, M., Yoshimoto, Y., Inabu, K., Nakagawa, T., Makinodan, Y., 1995. Postmortem change of three-dimensional structure of collagen fibrillar network in fish muscle pericellular connective tissues corresponding to post-mortem tenderization, *Fisheries Science*, 61(2): 327-330.
- Ashie, I. N. A., Lanier, T.C., 2000. Transglutaminase in seafood processing. In: *Seafood Enzymes: Utilization and Influence on Postharvest Seafood Quality*, N.F. Haard, B.K. Simpson (Ed.), Marcel Dekker, New York, USA, pp. 147-166.
- Asgeirsson, B., Bjarnason, J. B., 1991. Structural and kinetic properties of chymotrypsin from Atlantic cod (*Gadus morhua*). Comparison with bovine chymotrypsin, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 99B: 327-335. doi:10.1016/0305-0491(91)90050-n
- Asgeirsson, B., Bjarnason, J. B., 1993. Properties of elastase from Atlantic cod, a cold-adapted proteinase, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1164: 91-100. doi:10.1016/0167-4838(93)90116-9
- Bairoch, A., 2000. The Enzyme database in 2000. *Nucleic Acids Research*, 28: 304-305. doi:10.1093/nar/28.1.304
- Baranowski, E. S., Nip, W. K., Moy, J. H., 1984 . Partial characterization of a crude enzyme extract from the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, *Journal of Food Science*, 49: 1494-1495. doi:10.1111/j.1365-2621.1984.tb12829.x
- Beddows, C.G., 1985. Fermented fish and fish products, In: *Microbiology of fermented foods Vol: 2*, B.J.B Wood (Ed.), *Elsevier Applied Science*, London, UK, pp. 1-39.
- Benjakul, S., Seymour, T. A., Morrissey, M. T., An, H., 1996. Proteinase in Pacific whiting surimi wash water: Identification and characterization, *Journal of Food Science*, 61: 1165-1170. doi:10.1111/j.1365-2621.1996.tb10953.x

- Benjakul, S., Morrissey, M. T., Seymour, T. A., An, H., 1997. Recovery of proteinase from Pacific whiting surimi wash water, *Journal of Food Biochemistry*, 21: 431–443. doi:10.1111/j.1745-4514.1997.tb00198.x
- Børresen, T., 1992. Quality aspects of wild and reared fish, In: Quality Assurance in the Fish Industry, H.H. Huss, M. Jakobsen and J. Liston (Ed.), Elsevier, Amsterdam, pp. 1–17.
- Børresen, T., 1992. Biotechnology, by-products and aquaculture, In: Seafood Science and Technology, Bligh, G. (Ed.) Fishing News Books, Blackwell Scientific Publ., Cambridge, MA, p p. 278–285.
- Capasso, C., Lees, W. E., Capasso, A., Scudiero, R., Carginale, V., Kille, P., Kay, J., Parisi, E., 1999. Cathepsin D from the liver of the Atlantic ice fish *Chionodraco hamatus* exhibits unusual activity and stability at high temperatures, *Biochimica Biophysica Acta*, 12(1431): 64–73. doi:10.1016/S0167-4838(99)00039-4
- Chuapoehek, P., Raksakulthai, N., 1992. Use of papain and bromelain in the production of oyster sauce, *Asean Food Journal*, 7: 196–199.
- Clark, J., Macdonald, N. L., Stark, J. R., 1985. Metabolism in marine flatfish III. Measurement of elastase activity in the digestive tract of dover sole (*Solea solea* L.), *Comparative Biochemistry and Physiology*, 81B: 695–700. doi:10.1016/0305-0491(85) 90389-x
- Clark, J., Quayle, K.A., MacDonald, N.L., Stark, J.R., 1988. Metabolism in marine flatfish: V. Chitinolytic activities in Dover sole, *Solea solea* (L.), *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 90: 379–384. doi:10.1016/0305-0491(88)90091-0
- Cohen, T., Gertler, A., 1981. Pancreatic proteolytic enzymes from carp *Cyprinus carpio* L. Purification and physical properties of trypsin, chymosin, elastase and carboxypeptidase, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 69B: 647–653.
- De-Vecchi, S. D., Coppes, Z., 1996. Marine fish digestive proteases—relevance to food industry and south-west Atlantic region—a review, *Journal of Food Biochemistry*, 20: 193–214. doi:10.1111/j.1745-4514.1996.tb00551.x
- Fehmerling, G.B., 1970. Process and composition for loosening and removing edible tissue from shells of marine creatures, U.S. Patent No: 3513071.
- Fru-ton, J. S., 1987. Aspartyl proteinases. In: Hydrolytic enzymes, X. Neuberger and K. Brocklehurst (Ed.), Elsevier Science, London, UK, pp. 1–37. doi:10.1016/S0167-7306(09)60015-6
- Geesink, G. H., Morton, J. D., Kent, M. P., Bickerstaffe, R., 2000. Partial purification and characterization of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) calpains and an evaluation of their role in postmortem proteolysis, *Journal of Food Science*, 65(8): 1318–1324. doi:10.1111/j.1365-2621.2000.tb10605.x
- Gildberg, A., Raa, J., 1983. Purification and characterization of pepsins from the arctic fish capelin (*Mallotus villosus*), *Comparative Biochemistry and Physiology*, 75A: 337–342. doi:10.1016/0300-9629(83)90090-7
- Gjellesvik, D.R., Lombardo, D., Walther B.T., 1992. Pancreatic bile salt dependent lipase from cod (*Gadus morhua*) purification and properties, *Biochimica Biophysica Acta*, 1124: 123–134. doi:10.1016/0005-2760(92)90088-D
- Gjellesvik, D.R., Lorens, J.B., Male, R., 1994. Pancreatic carboxylester lipase from Atlantic salmon (*Salmo salar*) cDNA sequence and computer-assisted modeling of tertiary structure, *European Journal of Biochemistry*, 226: 603–612. doi:10.1111/j.1432-1033.1994.tb20086.x
- Gopakumara, K., 1990. Biochemistry of melanosis in shellfish and its prevention, Annual Industrial Fisheries Association, 7: 17–20. Groppe, J., Morse, D., 1993. Molluscan chymotrypsin-like protease; structure, localization and substrate specificity, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 305: 159–169. doi:10.1006/abbi.1993.1406
- Haard, N.F. 1986. Atlantic cod gastric protease characterization with casein and milk substrate and influence of Sepharose immobilization on salt activation, temperature characteristics and milk clotting reaction, *Journal of Food Science*, 51:313–316. doi:10.1111/j.1365-2621.1986.tb11118.x
- Haard, N.F. 1992. A review of proteolytic enzymes from marine organisms and their application in the food industry, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 1: 17–35
- Haard, N.F., 1994. Protein hydrolysis in seafoods, In: Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality, F. Shahidi, J.R Botta (Ed.), Chapman & Hall, New York, USA, pp. 10–33. doi:10.1007/978-1-4615-2181-5\_3
- Haard, N.F., 1998. Specialty enzymes from marine organisms, *Food Technology*, 52: 64–67.
- Haard, N.F., Simpson, B.K., Martin, A.M., 1994. Fisheries processing: Biotechnological application, Chapman & Hall, London, 337 p.
- Haard, N. F., Simpson, B. K., 1994. Proteases from aquatic organisms and their uses in the seafood industry. In: Fisheries Processing: Biotechnological Applications, A. M. Martin (Ed.), Chapman and Hall, London, UK, pp. 132–154. doi:10.1007/978-1-4615-5303-8\_6
- Hale, M.B., 1969. Relative activities of commercially available enzymes in the hydrolysis of fish proteins, *Food Technology*, 23(1): 107–110.
- Haraldsson, G.G., 1990. The applications of lipases for modification of fats and oils, including marine oils. In: Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability, M.N. Voigt, J.R. Botta, (Ed.), Technomic Publishing, Lancaster, pp 337–357.
- Hernandez-Cortes, P., Whitaker, J. R., Garcia-Carreno, F. L., 1997. Purification and characterization of chymotrypsin from *Penaeus vannamei* (Crustacea: decapoda), *Journal of Food Biochemistry*, 21: 497–514. doi:10.1111/j.1745-4514.1997.tb00202.x
- Jacobsen, F., Rasmussen, O.L., 1984. Energy savings through enzymatic treatment of stickwater in the fish meal industry, *Process Biochemistry*, 19: 165–169.
- James, A.G., Probyn, T., Seiderer, L.J., 1989. Nitrogen excretion and absorption efficiencies of the Cape anchovy *Engraulis capensis* Gilchrist fed upon a variety of plankton diets, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 131: 101–124. doi:10.1016/0022-0981(89)90002-6
- Jensen, R. G., 1983. Detection and determination of lipase (acylglycerol hydrolase) activity from various sources, *Lipids*, 18: 650–657. doi:10.1007/BF02534677
- Kawamura, Y., Nishimura, K., Matoba, T., Yonezawa, D., 1984. Effects of protease inhibitors on the autolysis and protease activities of Antarctic krill, *Agricultural Biology and Chemistry*, 48: 923–930. doi:10.1271/bbb1961.48.923
- Kim, S.K., Jeon, Y.J., Byun, H.G., Kim, Y.T. and Lee, C.K., 1997. Enzymatic recovery of cod frame proteins with crude proteinase from tuna pyloric caeca, *Fisheries Science*, 63: 421–427.
- Kolodziejska, I., Sikorski, Z. E. 1996. Neutral and alkaline muscle proteases of marine fish and invertebrates - A review, *Journal of Food Biochemistry*, 20: 349–363
- Kuraishi C, Yamazaki K, Susa Y. 2001. Transglutaminase: its utilization in the food industry. *Food Review International*, 17:221–246
- Langholz, P., Anderson, P., Forskov, T., Schmidtsdorff, W., 1989. Application of a specificity *Mucor miehei* lipase to concentrate docosahexaenoic acid (DHA), *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66: 1120–1123. doi:10.1007/BF02670097
- Lee, H.G., Lanier, T.C., Hamann, D.D., Knopp, J.A., 1997. Transglutaminase effects on low temperature gelation of fish protein sols, *Journal of Food Science*, 62 (1) : 20–24. doi:10.1111/j.1365-2621.1997.tb04359.x
- Le-chevalier, P., Sello, D., Van-Wormhoudt, X., 1995. Purification and partial characterization of chymotrypsin-like proteases from digestive gland of the scallop *Pecten maximus*, *Comparative Biochemistry and Physiology*, 110B: 777–784. doi:10.1016/0305-0491(94)00211-C
- Lindsay, G.J.H., Gooday, G.W. 1985. Chitinolytic enzymes and the bacterial microflora in the digestive tract of cod, *Gadus morhua*. *Fish Biology*, 26:255–265
- Makinodan, Y., Toyohara, H., Ikeda, S., 1983. Combined action of carp muscle cathepsins A and D on proteins, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 49: 1153–1161. doi:10.2331/suisan.49.481
- Male, R., Lorens, J. B., Smalas, A. O., Torrissen, K. R., 1995. Molecular cloning and characterization of three alkaline proteinases from the pyloric caeca, *Biochimica Biophysica Acta*, 658: 17–26.



- Martinez, A., Olsen, R. L., Serra, J. L., 1988. Purification and characterization of two trypsin-like enzymes from the digestive tract of anchovy (*Engraulis encrasicolus*), *Comparative Biochemistry and Physiology*, 91B: 677–684. doi:10.1016/0305-0491(88)90191-5
- Maruyama, N., Nozawa, H., Kimura, I., Satake, M., Seki, N., 1995. Transglutaminase-induced polymerization of a mixture of different fish myosins, *Fisheries Science*, 61 (3): 495-500.
- Matsumiya, M., Mochizuki, A., 1996. Distribution of chitinase and B-N-acetylhexosaminidase in the organs of several fishes, *Fisheries Science*, 62: 150–151.
- McNeill, G.P., Ackman, R.G., Moore, S.R., 1996. Lipase-catalyzed enrichment of long-chain polyunsaturated fatty acids, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73: 1403-1407. doi:10.1007/BF02523503
- Melendo, J.A., Beltrán, J.A., Roncalés, P., 1997. Tenderization of squid (*Loligo vulgaris* and *Illex coindetii*) with bromelain and a bovine spleen lysosomal-enriched extract, *Food Research International*, 30: 335-341. doi:10.1016/S0963-9969(97)00057-4
- Motoki, M., Seguro, K., 1999. Transglutaminase and its use for food processing, *Trends in Food Science and Technology*, 9: 204-210. doi:10.1016/S0924-2244(98)00038-7
- Murakami, K., Noda, M., 1981. Studies on proteases from the digestive organs of sardine—purification and characterization of three alkaline proteases from the pyloric caeca. *Biochimica Biophysica Acta Part B*, 65: 17–26. doi:10.1016/0005-2744(81)90245-X
- Nakahara, C., Nozawa, H., Seki, N. 1999. A comparison of crosslinking of fish myofibrillar proteins by endogenous and microbial transglutaminase, *Fisheries Science*, 65: 138-144
- Nayak, J., Vishwanathan, P.G.N., Ammu, K., Susheela, M., 2003. Lipase activity in different tissues of four species of fish: rohu (*Labeo rohita* Hamilton), oil sardine (*Sardinella longiceps* Linnaeus), mullet (*Liza subviridis* Valenciennes) and Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta* Cuvier), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 1139–1142. doi:10.1002/jsfa.1515
- Neas, N.P. & Hazel, J.R. (1985). Partial purification and kinetic characterization of the microsomal phospholipase A2 from thermally acclimated rainbow trout (*Salmo gairdneri*), *Journal of Comparative Physiology B*, 155: 461–469. doi:10.1007/BF00684676
- Neilsen, P.M., 1995. Reactions and potential industrial applications of transglutaminase. Review of literature and patents, *Food Biotechnology*, 9, 119-156. doi:10.1080/08905439509549889
- Ono, H., Iijima, N., 1998. Purification and characterization of phospholipase A2 isoforms from the hepatopancreas of red sea bream, *Pagrus major*, *Fish Physiology and Biochemistry*, 18, 135–147. doi:10.1023/A:1007750618685
- Osness, K. K. , 1985. Peptide hydrolases of Antarctic krill *Euphausia superba*. Ph.D. Thesis, The Norwegian Institute of Technology, Dept. Biochemistry, Trondheim, Norway.
- Ouali, A., Garrel, N., Obled, A., Deval, C., Valin, C., 1987. Comparative action of cathepsin D, B, H, L and of a newly lysosomal cysteine proteinase on rabbit myofibrils, *Meat Science*, 19: 83–100. doi:10.1016/0309-1740(87)90014-3
- Raa, J., 1990. Biotechnology in aquaculture and the fish processing industry: a success story in Norway. In: *Advances in Fisheries Technology for Increased Profitability*, M. N. Voigt, and J. R. Botta (Ed.), Technomic Publication Company, Lancaster, PA, pp. 509–524.
- Raa, J., Gildberg, A., 1982. Fish Silage: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 16: 383-408. doi:10.1080/10408398209527341
- Raksakulthai, N., Lee, Y. Z., Haard, N. F., 1986. Effect of enzyme supplements on the production of fish sauce prepared from male capelin *Mallotus villosus*, *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 19: 28–33. doi:10.1016/S0315-5463(86)71377-1
- Rehbein, H., Danulat, E., Leineman, M., 1986. Activities of chitinase and protease and concentration of fluoride in the digestive tract of Antarctic fishes feeding on krill (*Euphausia superba* Dana), *Comparative Biochemistry and Physiology A*, 85: 545–551. doi:10.1016/0300-9629(86)90444-5
- Shahidi, F., Kamil, J.Y.V.A., 2001. Enzymes from fish and aquatic invertebrates and their application in the food industry, *Trends in Food Science & Technology*, 12: 435–464. doi:10.1016/S0924-2244(02)00021-3
- Shamsuzzaman, K., Haard, N. F., 1984. Purification and characterization of a chymosin-like protease from gastric mucosa of harp seal (*Paophilus groenlandicus*), *Canadian Journal of Biochemistry and Cell Biology*, 62: 699–708. doi:10.1139/c84-091
- Simpson, B.K., Haard, N.F., 1985. Extraction of carotenoprotein from shrimp processing offal with the aid of trypsin, *Journal of Applied Biochemistry*, 7: 212-222.
- Simpson, B. K., Smith, J. P., Haard, N. F., 1991. Marine enzymes. In: *Encyclopedia of Food Science and Technology*, Y. H. Hui (Ed.), John Wiley and Sons, NewYork, pp. 1645–1653.
- Smruti, K., Venugopal, V., 2003. Tenderized, dehydrated steaks of freshwater fish, Rohu: preparation and storage characteristics, *Fishery Technoogy (India)*, 40: 43-47.
- Stefansson, G., 1998. Enzymes in the fishing industry, *Food Technology*, 42(3): 64-68.
- Stefansson, G., Steingrimsdottir, U., 1990. Application of enzymes for fish processing in Iceland present and future aspects. In: *Advances in Fisheries Technology and Biotechnology for Increased Profitability*, M.N. Voigt, and J.R. Botta, (Ed.), Technomic, Lancaster, PA, pp. 237–250.
- Svenning, R., 1993. Biotechnological scaling of fish, *Info fish International*, 6: 30-35.
- Tocher, D.R., Webster, A., Sargent, J.R., 1986. Utilization of porcine pancreatic phospholipase A2 for the preparation of marine fish oil enriched in n-3 poly-unsaturated fatty acids, *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 8: 675-679.
- Tsai, I. H., Lu, P., Chuang, J. L., 1991. The midgut enzymes of shrimp *Penaeus monodon*, *Penaeus japonicus* and *Penaeus penicillatus*, *Biochimica Biophysica*, 1080: 59–67. doi:10.1016/0167-4838(91)90112-D
- Wanasundara, U.N., Shahidi, F., 1997. Lipase assisted concentration of 3-polyunsaturated fatty acids in acylglycerols from marine oils, *Journal of American Oil Chemists' Society*, 74: 1133–1136.
- Wang, Z., Taylor, K. D., Yan, X., 1992. Studies on the protease activities in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and their role in the phenolase activation process, *Food Chemistry*, 42: 111–116. doi:10.1016/0308-8146(92)90019-X
- Wang, S.L., Chio, S. H., 1998. Deproteinization of shrimp and crab shell with protease of *Pseudomonas aeruginosa* K 187, *Enzyme and Microbial Technology*, 22: 629, Wiseman, A. 1987. *Handbook of Enzyme Biotechnology*. 2. ed. John Wiley Sons, New York, EUA, 457 p.
- Wills, W.M., Lencki, R.W., Marangonie, G., 1998. Lipid modification strategies in the production of nutritionally functional fats and oils, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38: 639-674. doi:10.1080/10408699891274336
- Wiseman, A., 1987. The Application of Enzymes in Industry. In: *Handbook of Enzymes Biotechnology*, 2nd ed., Horwood, Chichester, pp. 274-373.
- Wong, T. Y., Preston, L. A., Schiller, N. L., 2000. Alginate lyase: Review of major sources and enzyme characteristics, structure-function analysis, biological roles, and applications, *Annual Review of Microbiology*, 54: 289-340. doi:10.1146/annurev.micro.54.1.289
- Voskresensky, N.A., 1965. Salting of herring. In: *Fish as Food*, Vol. 3, G. Borgstrom, (Ed.), Academic Press, London, pp. 107-120. doi:10.1016/B978-0-12-395571-5.50011-9
- Yasueda, H., Kumazawa, Y., Motoki, M., 1994. Purification and Characterization of a Tissue-type Transglutaminase from Red Sea Bream (*Pagrus major*), *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 58 (11): 2041-2045. doi:10.1271/bbb.58.2041
- Zefirova, O. N., Mamaeva, A. V., Chupov, V. V., Valuev, L. I., Plate, N. A., 1996. Synthesis nad properties of immobilized collagenolytic protease from

- hepatopancreas of the king crab *Paralithoides camtschatica*, *Applied Biochemistry and Microbiology*, 32: 461–464.
- Zhu, Y., Rinzema, A., Tramper, J., Bol, J., 1995. Microbial transglutaminase — a review of its production and application in food processing, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 44: 277-282. doi:[10.1007/BF00169916](https://doi.org/10.1007/BF00169916)
- Zotos, A., Taylor, K. D. A., 1996. Partial purification and characterization of proteases from Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) and their role in the phenolase activation process, *Food Chemistry*, 56: 61–68. doi:[10.1016/0308-8146\(95\)00158-1](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00158-1)





DERLEME

REVIEW

## Nisin ve su ürünleri

### Nisin and seafood

Zafer Ceylan\* • Sühendan Mol

Istanbul University, Faculty of Fisheries, Department of Seafood Processing Technology, 3400, Laleli, Istanbul, Turkey

\*Corresponding author: [zceylan@istanbul.edu.tr](mailto:zceylan@istanbul.edu.tr)

#### How to cite this paper:

Ceylan, Z., Mol, S., 2015. Nisin and seafood. *Ege J Fish Aqua Sci* 32(2): 115-120. doi: [10.12714/egejfas.2015.32.2.08](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.2.08)

**Abstract:** Nisin is a bacteriocin which has been used as a reliable and natural preservative and produced by *Lactococcus lactis*. Nisin can be used in different kinds of food as an additive from cheese to fish and some beverages. Nisin mainly inhibits the growth of gram positive bacteria, but it is not effective on the growth of gram negative bacteria, yeasts and moulds. When nisin is taken into human body, it is inactivated by digestion enzymes, so nisin doesn't have any toxic effects. Furthermore, nisin is the one and only bacteriocin approved by FDA. Nisin decreases the count of total bacteria, lactic acid bacteria, coliforms and pathogens. Nisin has inhibitory effect on some pathogens that can be found in seafood such as; *L. monocytogenes*. In addition, according to many studies on nisin, it provides microbiological safety and prolongs the shelf life of seafood. There is no any negative effect of nisin on fish odor. Moreover, it preserves the natural odor of fish. Nisin doesn't have a negative effect on pH value or color of fish. Increasing of TVBN, TMA, psychrophilic and mesophilic bacteria in seafood can be controlled by nisin during cold storage. Moreover, nisin can be combined successfully with other food preserving techniques such as; vacuum packing, irradiation, other food additives. Therefore, nisin has been regarded as a safe and natural preservative, increasing the shelf life of seafood.

**Keywords:** Nisin, natural food additive, seafood, shelf life, pathogens, hurdle effect

**Özet:** Nisin doğal ve güvenilir bir gıda katkı maddesidir ve *Lactococcus lactis*' ten üretilir. Peynirden balığa ve içecekler kadar çeşitli gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılabilir. Nisin özellikle gram pozitif bakteriler üzerine etkili iken gram negatif ve maya küfler üzerine bir etkisi yoktur. Nisin vücuda alındıktan sonra sindirim enzimleri tarafından inaktif hale getirilir bu nedenle hiçbir toksik etki yaratmaz. Ayrıca, FDA tarafından onaylanan tek bakteriosindir. Nisin sadece toplam bakteriler üzerinde etkin değil aynı zamanda laktik asit bakterileri, koliform ve patojenler üzerine de etkilidir. Nisin su ürünlerinde bulunabilecek *L. monocytogenes* gibi bazı patojenler üzerine inhibe edici özelliğe sahiptir. Ayrıca; nisin üzerine yapılan pek çok çalışmaya göre, nisin su ürünlerinin mikrobiyolojik güvenliğini sağlar ve raf ömrünü uzatır. Balığın kokusu üzerine olumsuz bir etkisi yoktur. Dahası, balığın doğal kokusunu muhafaza eder. Balık eti pH'sı ve rengi üzerine de olumsuz bir etkisi yoktur. Nisin TVBN, TMA değerleri ve psikrofilik ve mezofilik bakteri sayısının artışı depolama süresince kontrol etmektedir. Ayrıca, nisin vakum paketlenme, ışınlama ve diğer katkı maddeleri ile beraber başarı ile kullanılmaktadır. Bu sayede nisin su ürünlerinin raf ömrünü artıran güvenli ve doğal bir katkı maddesi olarak kabul edilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Nisin, doğal gıda katkı maddeleri, su ürünleri, raf ömrü, patojen, hurdle etki

## GİRİŞ

Su ürünleri besin değerinin yüksek olmasından dolayı insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Su ürünlerinin omega-3 yağ asitlerince zengin olması, iyi bir vitamin (A, D, K ve B grubu gibi), mineral (iyot, selenyum, fosfor, magnezyum, çinko gibi) kaynağı olması ve proteinlerinin sindirilmesi oranının yüksek olması onları değerli kılan birkaç nedendir. Ayrıca; günümüzde ciddi sağlık sorunlarından olan kalp, kanser, şeker ve tansiyon gibi hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde de önemli rol oynadığı belirtilmektedir (Yibar ve Çetinkaya, 2011; Altun, 2011; Tayar, 2011).

Dünya nüfusunun artışına paralel olarak gıdaları bir yerden ihtiyaç duyulan uzak mesafelere taşıma gerekliliği oluşmuş; bu nedenle gıdanın besin değeri, dokusu ve aroması korunarak

aynı anda raf ömrünün artırılması ve mikrobiyal bozulmanın engellenmesi için farklı muhafaza tekniklerinin uygulanması gerekliliği ortaya çıkmıştır (Ghaly vd., 2010). Ayrıca; çalışan nüfusun artışıyla gıdaların daha çok hazır olarak tüketilmesi, gıda katkı maddelerinin kullanımını artırmıştır (Şentürk vd., 2002).

Katkı maddeleri çeşitli nedenlerden dolayı su ürünlerine doğrudan ya da dolaylı olarak karıştırılmaktadır. Gıdaların görünümünü, tekstürünü, lezzetini, depolama özelliklerini iyileştirmek ve raf ömrünü artırmak amacıyla gıdalara belirli oranlarda katkı maddeleri ilave edilmektedir (Angiş ve Oğuzhan, 2008). Kullanılan katkı maddelerinden biri de nisindir.

### Nisinin Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanımı

Nisin, *Lactococcus lactis*'in bazı suşları tarafından üretilen bir bakteriosindir. Son yıllarda çeşitli gıdalarda katkı maddesi olarak başarıyla kullanılmaktadır (Kışla ve Ünlütürk, 2003). E 200 - E 297 kodları arasında sınıflandırılan koruyucular 'Gıdaların mikroorganizmalarla bozulmalarını önleyerek raf ömürlerinin uzatılmasını sağlayan maddeler' olarak tanımlanmaktadır. Nisin gıda katkı maddeleri ve bu sınıflandırma içerisinde E 234 koduyla koruyucular kısmında yer almaktadır (Saldamlı ve Uygun, 2005). Beyaz renkli ve 34 aminoasit içeren çoklu bir peptittir (Alanyalı, 2009). Gıda katkı maddesi olarak nisin gıda hücrelerinin çatlamasına ve hücreden adenozintrifosfat gibi hücre içi maddelerin sızmasına neden olmakta böylece etki mekanizmasını göstermektedir (Altuğ, 2001). Nisin ilk olarak peynirlerde koruyucu olarak kullanılmış, ancak son yıllarda sadece peynirlerle sınırlı kalmayıp diğer süt ürünleri, et, kanatlı ve su ürünleri gibi çeşitli gıdalarda, ayrıca şarap ve bira sanayinde koruyucu olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hampikyan ve Çolak, 2007). *Lactococcus lactis* tarafından üretilen ve 1. sınıf bakteriyosin olan nisin ilk defa İngiltere'de gıda katkı maddesi olarak kabul edilmiş olup Avrupa'dan, Amerika'ya ve Çin'e kadar kullanılmaktadır (Koponen, 2004). Peynirden, domatese, tatlıya, mayoneze ve alkollü içeceklere kadar çok geniş bir yelpazede gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Delves, 2005). Mikrobiyolojik yönden, gıda sanayinde mezofilik, psicrofili bakteriler ve özellikle *L.monocytogenes*, *Pseudomonas*, *Salmonella* ya da *Clostridium botulinum* ve çeşitli sporlara karşı etkili olabildiği belirtilmektedir. Bunun yanı sıra, çeşitli depolama periyotları ve çeşitli kombinasyonlarla beraber su ürünlerinin kimyasal ve fiziksel parametrelerini de korumada etkili olabilmektedir (Langroudi vd., 2011; Nykänen, 1999; Toylar vd., 1990).

### Nisinin Güvenilirliği

Nisin 1969 yılında FAO/WHO uzmanlar komitesi tarafından gıda katkı maddesi olarak kullanılması onaylanmış ve o tarihten itibaren E 234 koduyla gıda katkı maddeleri listesinde tanımlanmıştır. Ayana (2007), nisinin antimikrobiyal etkiyi sağlayabildiği kritik miktar ve üzerinde kullanılabileceğini belirtmektedir. Toksikite çalışmaları sonucunda Birleşmiş Milletler Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından genel olarak güvenli kabul edilebilir ürün (GRAS) sınıfına alınmıştır. Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü tarafından gıda katkı maddesi olarak kabul gören onaylanan tek bakteriosindir (Bouttefroy ve Milliere, 2000; Nel vd., 2004).

Nisin vücuda alındıktan sonra sindirim enzimleri tarafından inaktif hale getirilmekte ve aşırı miktarda alınan nisin herhangi bir toksit etki yaratmadığı belirtilmektedir (Luck ve Jager, 1995; Altuğ, 2001). Ayrıca, Delves vd., (1996), yaptıkları çalışmada; saflaştırılmış ve şelatlarla zenginleştirilmiş nisinin insanlar için ülser tedavisinde kullanıldığını, büyük baş hayvanlarda olan

meme ucu iltihabının kontrolünde etkili olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısı ile nisinin gıdalarda kullanımı sağlık yönünden risk teşkil etmemektedir.

### Nisinin Tek Başına veya Kombine Olarak Kullanımının Su Ürünlerinin Kalitesine Etkisi

#### Mikrobiyal kaliteye etkisi

İnsanda hastalık yapan mikroorganizmalar olarak tarif edilen patojenler; sağlık problemlerinin en büyük nedenlerinden biridir.

Patojenler çeşitli gıdalar aracılığı ile insanda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Patojenler su ürünlerinde de uygun veya hijyenik olmayan işleme prosesleri sonucunda yer alabilmektedir. Bilindiği gibi patojenler düşük sıcaklıklarda uzun süre yaşayabilmektedirler (Palumbo ve Williams, 1990). Bunun yanı sıra su ürünlerinin hızlı bozulabilir yapısı ve patojen riski göz önüne alındığında birkaç muhafaza yönteminin (ışınlama, map, ısıl işlem) bir arada ya da tek kullanılmasıyla oluşacak bu riskleri azaltacağı bildirilmiştir (Mol ve Ceylan, 2011). Nisin tek başına ya da diğer gıda katkı maddeleri ile birlikte su ürünlerindeki patojenleri inhibe etmede ya da bakteri sayısını düşürmede kullanılmaktadır. Zuckerman ve Avraham (2002), 6 °C'de depolanan somonlarda nisin ve ticari ismi micrograd olan bakteriosin kombinasyonunun toplam aerobik bakteri yükünü 2 log kadar azalttığını ve kontrol grubuna göre raf ömrünü 3-4 gün artırdığını bildirmişlerdir. Ayrıca bu kombinasyon *Listeria monocytogenes* sayısında azalma sağlamıştır. Yapılan bir başka çalışmada ise Toylar ve diğ. (1990), sıcak dumanlanmış morina, ringa ve uskumru balıklarındaki *C. botulinum* Tip E sporlarına nisinin etkisini incelemişlerdir. Bunun için örnekler *C. botulinum* Tip E sporları inokule etmiş ve anaerobik paketlenme yapmışlardır. Nisin uygulaması 26 °C depolanan balıklara 16000 ve 32000 IU, 10 °C'de depolananlara ise 8000 ve 16000 IU düzeyinde yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda nisinin tüm balık türlerinde toksik oluşumu geciktirdiği tespit edilmiştir. Yapılan bir başka patojen çalışmasında; 4 °C de taze olarak vakum paketlenen karideslere 4 log/CFU olacak şekilde *Listeria monocytogenes* inokule edilmiştir. 500 IU ml<sup>-1</sup> nisin, 0.02 M EDTA, %3 potasyum sorbat ve %3 sodyum benzoat, %3 sodyum diasetat tek başına ya da kombine olacak şekilde örnekler üzerine uygulanmış ve örneklerdeki *Listeria monocytogenes* sayıları incelenmiştir. Nisin, EDTA ve Potasyum Sorbat kombinasyonu vakum paketlenerek soğukta depolanan karideslerdeki *L. monocytogenes* sayısını 1.07-1.27 log CFU/g düşürürken, Nisin, EDTA ve Sodyum benzoat 1.32-1.36 log CFU/g olacak şekilde *L.monocytogenes* sayısını düşürmüştür. Ancak bu uygulamaların *Salmonella* sayısında önemli bir düşüş sağlamadığı belirtilmiştir (Norhana vd., 2012). Delves (2005), dumanlanmış somon balıklarını CO<sub>2</sub> ile paketlenip raf ömrünü incelediklerinde nisinin antilisterial bir ajan olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca 25 mg/kg nisinin düşük ısıl işlem ile kombine olarak uygulandığında istakoz etinde herhangi bir zedelenmeye sebep olmadığını, üstelik özellikle *Listeria sp.*

üzerinde tek başına uygulanan ısı işlem ya da nisine göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, [Abdollahzadeh vd., \(2014\)](#), nisinin pişirilmiş balık kıyması örneklerinde bulunan *L. monocytogenes*'e karşı çığ örneklerde bulunanlara göre daha güçlü bir antilisterial ajan olduğunu tespit etmişlerdir.

Nisinin toplam bakteriler üzerindeki etkisini gösteren çalışmalarda mevcut olup; [Chen vd., \(1997\)](#) uskumru filetolarını içerisinde 190 IU nisin/ ml bulunan sıvıya daldırılmış ve polietilen torbalar içinde depolanmıştır. Bu uygulama sayesinde yapılan 20 günlük depolama sonrasında bakteri yükünün düşük kaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca; soğuk dumanlanmış gökkuşağı alabalığına; laktik asit, nisin peynir altı suyu ve tuz solüsyonu olmak üzere üç farklı solüsyon enjekte edilip vakum paketlenip 3 °C de saklanmıştır. Toplam bakteri sayısının kombine yapılan grupta depolamanın 29. günde tüm örneklerde en düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir. Laktik asidin tek başına kullanımı bu kombinasyona göre daha az başarılı bulunmuştur ([Nykänen, 1999](#)). Bir başka çalışmada; yengeç etinin nisin solüsyonu ile yıkanması sonucunda *L.monocytogenes* düzeyinin azaldığı tespit edilmiştir. Yine aynı çalışmada ot sazanı filetoları sodyum asetat ve nisin solüsyonlarına ayrı ayrı ya da kombine olacak şekilde daldırılmış ve buzdolabı şartlarında soğuk muhafazaya alınmıştır. % 0.1 lik nisin solüsyonuna daldırılan filetoların mezofilik bakteri sayısı sodyum asetat solüsyonuna göre daha düşük bulunmuş ancak kombine yöntem uygulandığında sadece nisin uygulanan gruba göre mezofilik bakteri sayısında daha yüksek bir inhibisyon tespit edilmiştir ([Langroudi vd., 2011](#)). Taze karidesler % 0, 1 ve 2 olmak üzere üç farklı laktik asit solusyonuna ayrıca 0.04 (g/L/kg) olacak şekilde nisin solusyonuna 10 dakika daldırılmıştır. % 2 lik laktik asit ve nisin solusyonu ile kombine edilen örneklerde 14 günlük depolama süresi boyunca *Pseudomonas* sayısında azalma tespit edilmiştir. Toplam bakteri sayısı depolamanın 7.günün de 2.94 log/CFU 14.günde ise 2.63 log/CFU olarak bulunmuş olup bu değer kontrol grubuna göre düşük olarak tespit edilmiştir ([Shirazinejad vd., 2010](#)). Nisin aynı zamanda çeşitli paketlenme yöntemleri ile beraber başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Gram negatif bakterilere karşı etkisi düşük olan nisinin MAP ile ve sodyumhexametfosfat ile birlikte kullanılması sonrasında soğutulmuş mezgitin raf ömründe artış sağladığı bildirilmiştir. Bu şekilde kombine kullanımın sinerjistik etki sağlayarak başarılı sonuç verdiği tespit edilmiştir ([Cabo vd., 2005](#)). Nisin; aynı zamanda soğuk pastörizasyon yöntemi olarak da tanımlanan ışınlama teknolojisi ile beraber kullanılabilir. Levrek balığı filetoları üzerine yapılan bir çalışmada kontrol (K), nisin (N), ışın (I), nisin + ışın (NI) olmak üzere dört farklı grup adı paketlenme yapılarak soğuk depoda muhafaza edilmiştir. Toplam bakteri sayısı depolamanın 9. günde K grubunda sınır değeri aşarken N grubunda ise 11. günde aştığı tespit edilmiştir. NI ve I gruplarının her ikisinde ise toplam bakteri sayısı soğuk depolama süresince tüketilebilirlik sınır değerinin çok altında kalmıştır. Psikrofilik bakteri sayısı ise; 7. günde K

grubunda 7.10 log CFU/g, N grubunda ise 6.6 log CFU/g NI grubunda ise depolama süresince; 1 log CFU/g değerinin altında kalmıştır ([Ceylan, 2014](#)). Tilapia nilotica nisin çözeltisine (1000 RU/g ve 30 dakika süresince) daldırılmış ve 4°C de 12 gün depolanmıştır. Bu çalışmada nisinin küf ve mayalar üzerine etki yaratmadığı bulunmuştur ([El-Bedaway vd., 1985](#)). Benzer olarak [Ariyapitipun vd., \(2000\)](#)' de nisinin gram pozitif bakterilere ve özellikle de bunların sporlarına karşı etkin olmakla beraber maya ve küflere karşı etkin olmadığını belirtmişlerdir. Mikrobiyolojik yönden nisinin su ürünlerindeki patojenlere karşı etkili olduğu, toplam ve psikrofilik bakteri yükünü raf ömrü boyunca daha düşük tuttuğu çeşitli çalışmalarda görülmektedir. Nisinin diğer muhafaza yöntemleriyle başarılı olarak kombine edilebildiği ve mikrobiyal kalite üzerinde etkisinin daha da artırılabilirdiği anlaşılmaktadır.

### Duyusal kalite üzerine etkisi

Nisinin tek başına ya da kombine olarak su ürünlerinin duyu kalitesi üzerine yaptığı etkiyi ortaya koyan çalışmalar mevcuttur. Soğuk dumanlanmış gökkuşağı alabalığına laktik asit, nisin peynir altı suyu ve tuz solüsyonu kombinasyonu uygulanmış ve vakum paketlenip 3 °C de saklanmıştır. Bu kombinasyonun depolamanın 22. güne kadar balığa has kokuyu muhafaza edip balığın duyu kalitesini koruduğu tespit edilmiştir ([Nykänen, 1999](#)). Yapılan bir başka çalışmada ise; Nisin (% 0.1) uygulanıp adi paketlenme ile soğuk muhafazaya alınan levrek filetolarının duyu kalitelerini kontrol grubuna göre daha iyi muhafaza ettiği bildirilmiştir. Kontrol grubu 7. günde duyu olarak bozuk kabul edilirken nisin uygulanan grubun ise 11. günde duyu olarak tüketilemeyeceği tespit edilmiştir ([Ceylan, 2014](#)).

Yapılan bir başka çalışmada ise; içerisinde % 0.2 nisin, % 15 kitosan ve kırmızı alg ekstraktı bulunan solüsyonun yayın balığı etinin duyu kalitesi üzerine olumlu etki yarattığı tespit edilmiştir ([Qian vd., 2013](#)). Bu çalışma sonuçlarına göre; oda sıcaklığında depolanan balıkların duyu raf ömrü 12 saatten 24 saate, 4 °C de depolanan balıkların raf ömrü ise 6 günden 9 güne çıkarılmıştır. [Nykänen vd., \(1999\)](#), soğuk tütülenmiş gökkuşağı alabalığının duyu kalitesi üzerine laktik asit (448 g/kg) ve nisin içeren ticari peynir altı suyunun (4000-6000 IU nisin/ml) etkisi incelenmiştir. Depolamanın 29. gününün sonunda duyu analiz sonucunda; laktik asit ve nisin ile muamele edilen örneklerde yoğun bir tütü kokusu varlığını korumuştur. Buna karşın kontrol ve sadece laktik asit uygulaması yapılan örneklerde hidrojen sülfür, ekşi ve bozulmuş koku tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda nisin tek başına veya kombine bir yöntemle beraber uygulandığında duyu kalite olarak daha iyi bir ürün elde edildiği görülmüştür.

### Fiziksel ve kimyasal kalite üzerine etkisi

Nisin uygulamalarının su ürünlerinin rengi üzerindeki etkisi de incelenmiştir. [Ceylan \(2014\)](#), levrek balığı filetolarına % 0.1' lik uygulanan nisinin depolama süresi boyunca kontrol grubuna

göre renk değerlerinde istatistiksel bir fark yaratmadığını tespit etmiştir. Bu çalışmaya paralel olarak Zuckherman ve Avraham (2002), nisin uyguladıkları somon balıklarının renk değerleri ile uygulanmayan grupların arasında ayırt edici bir fark olmadığını ve nisinin renk özellikleri üzerinde olumsuz bir etki bırakmadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmalara göre; nisin ürünün raf ömrünü artırırken ürünün rengi üzerine olumsuz bir etki yaratmamaktadır.

Nisinin su ürünlerinin raf ömrünü uzatırken fiziksel ve kimyasal kalitesini daha iyi koruduğunu gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır. Zuckherman ve Avraham (2002), taze somon balıklarına bakteriosin (nisin) uygulamalarının balığın pH değerine olumsuz bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca; yılan balığından elde edilen filetolara alginate-kalsiyum kaplama yapılmış ve 2000 IU ml nisin ile 150 mikrogram ml EDTA kombinasyonu olacak şekilde balık filetolarına uygulanmıştır. Kontrol grubu ve diğer gruplara göre nisin uygulanmış filetolardaki pH değerini muhafaza etme başarısı diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur (Lu, 2010). Bu durumun nisinin kombine olarak uygulanmasından ileri gelebileceği düşünülmektedir. Ceylan (2014), nisin uygulanan levrek balığı filetolarının pH değerlerinin depolama boyunca kontrol grubu ile paralel sonuçlar izlediğini tespit etmiştir. Gao vd., (2014), palamut filetolarını nisin ile muamele edip 4°C de depolamışlardır. Depolamanın son günü olan 15. günde kontrol ve nisin uygulanan grupların her ikisi de 6.7 pH değerinde kalarak bozulma parametresi olarak değerlendirilmemiştir. Bu çalışmalardan nisinin pH üzerinde önemli bir etkisi olmadığını anlaşılmaktadır.

Nisin kimyasal parametreler üzerinde de etkili olabilmektedir. Langroudi vd., (2011), nisin ve sodyum asetat kombinasyonu uygulanan filetolarda TVBN düzeyini kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuşlardır. Ceylan (2014), nisin uygulanan fileto levreklerde TVBN değeri kontrol grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Filetoların başlangıç değeri 14.61 mg/100g iken, nisin uygulamasının hemen sonrasında yapılan ölçümle bu değer 11.32 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Gao ve vd., (2014), 15 günlük depolama periyodu sonunda palamut balığı filetolarının kontrol grubu örneklerinin TVBN değerini 50.66 mg/100g bulurken nisin uygulanan grupta ise bu değer 43.76 mg/100g olarak bulunmuştur. Ayrıca nisin bu çalışmada biberiye ile kombine edilmiş ve 15 günlük depolama sonucunda 39.57 mg/100g TVBN değeri elde edilmiştir. Bu ifade nisinin kombine uygulamadaki başarısını göstermektedir. Yapılan bir başka çalışmada da Ghomi vd., (2011) ot sazanı filetolarına uyguladıkları % 0.2 nisin ile soğuk depolamanın son günü olan 8.günde 19.36 mg/100g TVBN değerini bulurken, kontrol grubunda bu değer 20.64 mg/100g olarak tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda nisin kullanılan gruplarda depolamanın ilerleyen günlerinde nisin oranında bağlı olarak TVBN değerinin daha düşük olarak belirlendiği ifade edilmiştir (Raju vd., 2003).

Başka bir kimyasal parametre olan TBA üzerinde de nisinin olumlu sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Langroudi vd., (2011), % 0.1 ve 0.2 lik nisin uyguladıkları ot sazanı filetolarının TBA düzeylerini incelemişlerdir. 16 günlük soğuk depolama sonucunda kontrol grubunun TBA değeri 0.46 mg MDA/kg iken, % 0.1 nisin uygulanan grubun TBA değeri 0.38 mg MDA/kg, % 0.2 nisin uygulandığında ise değeri 0.30 mg MDA/kg olduğunu tespit etmişlerdir. Ceylan (2014), yaptığı çalışmada levrek filetolarına % 0.1'lik nisin uygulayıp adi paketlenme yapmıştır. 25 günlük depolama periyodu sonunda kontrol grubunun değeri 0.75 mg MDA/kg iken, nisin uygulanan grubun TBA değeri 0.73 mg MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Nisin uygulamasının TBA değerlerinde önemli bir fark yaratmadığı anlaşılmaktadır. Asghari vd. (2010), nisin ve sodyum asetatı beraber kullanıp gümüş sazanının raf ömrüne etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada depolamanın son günü olarak kabul edilen 9. günde nisin + sodyum asetat uygulanan grubun TBA sınır değerini aşmadığını tespit etmişlerdir. Nisinin kombine olarak uygulanmasının daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Nisinin balık eti için kimyasal bozulma parametrelerinden biri olan TMA değeri üzerinde de depolama süresince etkisi olabildiği bazı çalışmalar sonucunda görülmektedir. % 0.1 nisin uygulanıp adi paketlenen ve soğuk depoda saklanan levrek filetolarının depolama süresince kontrol grubuna kıyasla daha düşük TMA değerine sahip olduğu belirtilmiştir. Bu fark istatistiksel olarak da depolamanın çoğu günde tespit edilmiştir (Ceylan, 2014). Yapılan bir başka çalışmada ise; nisinin balığın TMA değerini depolama süresi boyunca kontrol grubuna göre daha düşük tuttuğu ancak kombine yöntemlerle beraber daha etkin olduğu tespit edilmiştir (Tsironi ve Taoukis, 2010). El-Bedawey vd. (1985), tilapia ile yaptıkları çalışmada nisini tetrasiklin ile beraber kullanmışlardır. İki katkı maddesinin bir arada kullanımı sayesinde TMA düzeyinde depolama süresi boyunca gözükten artışın kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Gao vd. (2014), biberiye ile nisinin kombine kullanıldığı çalışmada; bu kombinasyonun mikrobiyal aktiviteyi azaltmada başarılı olduğunu ve buna bağlı olarak da TMA miktarında depolama süresi boyunca görülen değişimin kontrol grubuna kıyasla daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca kontrol grubu ile arasındaki fark istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur. Özetle, nisin kimyasal kalite parametrelerinden biri olan TMA üzerinde de etkili olabilmektedir.

## SONUÇ

Nisin doğal bir gıda katkı maddesidir. Su ürünlerini bozmadan raf ömrünü uzattığı ve çeşitli kimyasal parametreleri (TVBN, TBA, TMA) depolama süresi boyunca daha düşük düzeylerde tuttuğu görülmüştür. Bu kimyasal değerleri korurken aynı zamanda renk ve pH değerlerini depolama süresince daha iyi muhafaza ettiği belirtilmektedir. İlk bakışta tüketici açısından en önemli parametrelerden olan duyuusal özellikleri korumada nisinin son derece başarılı olduğu çeşitli



duyusal analiz çalışmaları ile vurgulanmaktadır. Nisinin ürünün kimyasal, fiziksel ve duyusal özelliklerini korumasının yanı sıra; toplam bakteri ve psikrofilik bakteri sayısını da depolama süresi boyunca daha düşük tuttuğu çeşitli çalışmalarda belirtilmektedir. Ayrıca patojenlere karşı (*L.monocytogenes*, *Pseudomonas*, *Cl. botulinum* gibi) da son derece etkili olduğu yapılan mikrobiyolojik çalışmalarda anlaşılmaktadır. Sonuç olarak nisin doğal bir gıda katkı maddesi olarak kimyasal, fiziksel, duyusal ve mikrobiyolojik yönden daha sağlıklı olarak

ürünleri muhafaza ettiği açıktır. Nisin çeşitli paketleme yöntemleri, diğer doğal gıda katkı maddeleri, ışınlama teknolojisi, ısı işlem uygulamaları gibi diğer muhafaza teknikleriyle beraber başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca kimyasal gıda katkı maddeleri yerine nisin gibi doğal bir gıda katkı maddesinin su ürünlerinde istenilen oranda güvenle kullanılacağı ve buna bağlı olarak da doğal olan gıda katkı maddesinin tüketici tarafından tercih edilme olasılığı daha fazla olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdollahzadeh, E., Rezaei, M., Abdollahzadeh, E. H., Rezaei M., Hosseini, H., 2014. Antibacterial Activity Of Plant Essential Oils And Extracts: The Role Of Thyme Essential Oil, Nisin, And Their Combination To Control *Listeria monocytogenes* Inoculated In Minced Fish Meat. *Food Control*, 35; 1:177-183. doi:10.1016/j.foodcont.2013.07.004
- Alanyalı, F. S., 2009. Gıdaların Kimyasal Koruyucularla Muhafazası Syf: 44-63 In: *Gıda Muhafaza Açıköğretim Fakültesi Yayını*, Eskişehir, syf. 978-975-06-0636-6.
- Altun, S., 2011. Dünden Bugüne Balıkçılık Balıkçılığın Tarihi. *Dünya Gıda Dergisi*, 27-30.
- Altuğ, T., 2001. Gıda Katkı Maddeleri, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Meta Basım, İzmir.
- Angiş, S., Oğuzhan, P., 2008. Su Ürünlerinde Kullanılan Katkı Maddeleri, Türkiye 10. Gıda Kongresi 2008, Erzurum, syf. 122.
- Asghari, M., Alizadehdoghkolaei, E., Safari, R., Arshadi, A., Saeidiasl, M.R., 2010. Effect Of Bacteriocine And Sodium Acetate On Shelf-Life Of Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) Fillet During Refrigerator Storage. *Innovation in Food Science and Technology* 3;55-64.
- Ayana, B., 2007. Antimikrobiyal Yenilebilir Filmlerin Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- Ariyapitipun T, Mustafa A, Clarke A.D., 2000. Survival of *Listeria monocytogenes* scott A On Vacuum-Packed Raw Beef Treated Withpolylactic Acid, Lactic Acid And Nisin. *J. Food Prot.*, 63: 131-136.
- Boutefroy, A., Milliere, J.B., 2000. Nisin-Curvaticin 13 Combinations For Avoiding There Growth Of Bacteriocin Resistant Cells Of *Listeria monocytogenes*, *International Journal of Food Microbiology*, 62:65-75. doi:10.1016/S0168-1605(00)00372-X
- Cabo, M.L., Herrera, J.J.R., Sampedro, G., Pastoriza, L., 2005. Application Of Nisin, CO2 And A Permeabilizing Agent In The Preservation Of Refrigerated Blue Whiting (*Micromesistius poutassou*), *Journal of Science Food Agriculture*, 85:1733-1740. doi: 10.1002/jfsa.2104
- Ceylan, Z. 2014. Nisin ve Işınlama Teknolojilerinin Birlikte Kullanımının Soğukta Depolanan Balığın Raf Ömrüne Etkisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 104.
- Chen, H., Chen, M., Chang, Y., 1997. Processing Of Low-Salted Mackerel Fillets Using Biopreservative, The Sixth International Congress On Food Industry New Aspects On Food Processing, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir, 297-306.
- Delves B. J., Blacburn, P., Evans, R.J., Hugenholtz, J., 1996. Applications Of The Bacteriocin, Nisin, Antonie Van Leeuwenhoek Kluwer Academic Publishers, 69: 193-202. doi: 10.1007/BF00399424
- Delves, B. J. 2005. Nisin As a Food Preservative, *Food Australia*, 5-12.
- El-Bedaway, A.E., Zaki, M.S., El-Sherbiney, A.M., Khalil, A.H., 1985. The Effect Of Certain Antibiotics On Boltfish (*Tilapia nilotica*) Preservation, *Die Nahrung*, 29(3), 303-308. doi: 10.1002/food.19850290318
- Gao, M., Feng, L., Jiang, T., Zhu, J., Fu, L., Yuan, D., Li, J., 2014. The Use Of Rosemary Extract In Combination With Nisin To Extend The Shelf Life Of Pompano (*Trachinotus Ovatus*) Fillet During Chilled Storage. *Food Control*, 37:1-8. doi: 10.1016/j.foodcont.2013.09.010
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., Brooks, M. S., 2010. Fish Spoilage Mechanisms And Preservation Techniques, *American Journal of Applied Sciences*, 7 (7), 859-877. doi:10.3844/ajassp.2010.859.877
- Ghomi, M.R., Nikoo, M., Heshmatipour, Z., Amir, J.A., Ovissipour, M., Hashemi, M., Faghani L. H., Hasandoost, M., Jadiddokhani, D. 2011. Effects Of Sodium Acetate And Nisin On Microbial And Chemical Changes And Fatty Acid Composition Of Grass Carp *Ctenopharyngodon Idella* During Refrigeration Storage. *J. Food Saf.* doi:10.1111/j.1745-4565.2010.00281.x
- Hampikyan, H., Çolak, H., 2007. Nisin ve Gıdalardaki Antimikrobiyal Etkisi, *TSK Koruyucu HekimlikBülteni*,6,(2).
- Kışla, D., Ünlütürk, A., 2003. Nisinin Antimikrobiyal Etkisi, Taze Ve İşlenmiş Balıklarda Kullanımı, *Ege University Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 20(3-4), 543 – 550.
- Koponen, O., 2004, Studies Of Producer Self-Protection And Nisin Biosynthesis Of *Lactococcus lactis*, Institute of Bio technology and Department of Applied Chemistry and Microbiology.
- Langroudi, H. F., Mehdi S., Abolghasem, K., Mohammad, R. G., Seyed, E. H., Soottawat, B., Zoheir, H., 2011. Effect Of *Listeria monocytogenes* Inoculation, Sodium Acetate And Nisin On Microbiological And Chemical Quality Of Grass Carp *Ctenopharyngodonidella* During Refrigeration Storage, *African Journal of Biotechnology*, 10(42), 8484-8490.
- Lu, F., Ding, Y., Ye, X., Liu, D., 2010. Cinnamon And Nisin In Alginate Calcium Coating Maintain Quality Of Fresh Northern Snake Head Fish Fillets, *LWT – Food Science and Technology*,43,1331-1335.
- Luck, E., Jager, M. 1995. Nisin Antimicrobial, *Food Additives*, 27, 208-213.
- Mol, S., Ceylan, Z., 2011. Su Ürünleri Ve Işınlama Teknolojisi, *Dünya Gıda Dergisi*, 10, 79-87
- Nel, S., Lues, J.F.R., Buys, E.M., Venter, P., 2004. Bacterial Populations Associated With Meat From The Deboning Room Of A High Through Put Red Meat Abattoir, *Meat Science*, 66, 667-674. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00187-6
- Nykanen A., Lapvetelainen A., Hietanen, R. M., Kallio, H., 1999. Applicability Of Lactic Acid And Nisin To Improve The Microbiological Quality. *International Journal of Food Microbiology*,88-98.
- Norhana, W.M.N., Poole, E.S., Deeth, H.C., Dykes, G.A., 2012. Effects Of Nisin, Edta And Salts Of Organic Acids On *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* And Native Microflora On Fresh Vacuum Packed Shrimps Stored At 4°C, *Food Microbiology*, 31,43-50. doi: 10.1016/j.fm.2012.01.007
- Palumbo, S., Williams, A.C. 1990. Effect Of Temperature, Relative Humidity, And Suspending Menstrua On The Resistance Of *Listeria monocytogenes* To Drying. *J. Food Prot.* 53: 377-381.
- Raju, C.V., Shamsundar, B.A., Udupa, K.S., 2003. The Use Of Nisin As A Preservative In Fish Sausage Stored At Ambient (28±2°C) And Refrigerated (6±2°C) Temperatures, *International Journal of Food Science Technology*, 38, 171-185. doi: 10.1046/j.1365-2621.2003.00663.x

- Qian, Z.G., Jiang, L.F., Rui, L. 2013. Catfish Preservation Using Porphyra Yezoensis Composites Preservatives. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 5(9): 1255-1259.
- Saldamlı, İ., Uygun, Ü., 2005. Gıda Katkı Maddeleri, Hacettepe Yayınları, Ankara.
- Shirazinejad, A. R., Noryati, I., Rosma, A., Darah, I. 2010. Inhibitory Effect Of Lactic Acid And Nisin On Bacterial Spoilage Of Chilled Shrimp, World Academy of Science, Engineering and Technology, 41.
- Şentürk, Ş., Yüksel, B., Özer, H., Çakır, B., Bideci, E. 2002. Toplumun Beslenmede Bilinçlendirilmesi. T.C. Sağlık Bakanlığı Yayını. Ankara. 147.
- Tayar, M. 2011. Osmanlı'da Balık ve Balıkçılık. *Dünya Gıda Dergisi*, 38-39.
- Toylar, S. S., Bucchler, J.A., Yonemoto, W., 1990. CAMP Dependent Protein Kinase Frame Work For A Diverse Family Of Regulatory Enzymes, *Annrev Biochemical*, 59, 971-1005. doi: [10.1146/annurev.bi.59.070190.004543](https://doi.org/10.1146/annurev.bi.59.070190.004543)
- Tsironi N. T., Taoukis P. S., 2010. Modeling Microbial Spoilage And Quality Of Gilthead Seabream Fillets: Combined Effect Of Osmotic Pretreatment, Modified Atmosphere Packaging And Nisin On Shelf life, *Journal of Food Science*, 75, 4. doi: [10.1111/j.1750-3841.2010.01574.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01574.x)
- Yıbar, A., Çetinkaya, F., 2011. Su Ürünleri Ve Omega-3 Yağ Asitleri. *Dünya Gıda Dergisi*, 10, 22-26.
- Zuckerman, H., Avraham, R.B., 2002, Control Of Growth Of L. monocytogenes In Fresh Salmon Using MicrogradTM And Nisin. *Lebensm Wissu Technolgy.*, 35, 543-548. doi: [10.1006/ftl.2002.0909](https://doi.org/10.1006/ftl.2002.0909)



## **İÇİNDEKİLER CONTENTS**

### **ARAŞTIRMA MAKALESİ RESEARCH ARTICLE**

- Catch composition of set net (fixed stake trap) fisheries in the coastal waters of Saros Bay, North Aegean Sea  
Saros Körfezi'nin (Kuzey Ege Denizi) kıyısız sularında ağ dalyan balıkçılığının av kompozisyonu  
**Serhat Çolakoğlu, Adnan Tokaç, Ali İşmen, Hasan Yurdusev**..... 53-58
- Gonad and Gut Indices of European Sea Urchin (*Paracentrotus lividus*, L, 1816) in Çesme Bay of Eastern Aegean Sea  
Çesme Körfezi'ndeki (Doğu Ege Denizi) Avrupa Deniz kestanesinin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816) gonad ve mide indeksleri  
**Aysun Küçükdermenci, Aynur Lök, Serpil Serdar, Sefa Acarlı, Deniz Acarlı, Harun Yıldız, Selçuk Yiğitkurt, Ali Kırtık**..... 59-63
- Köprüçay Nehri (Antalya) su kalitesinin epilithic diyotomlarla belirlenmesi  
Determination of water quality by epilithic diatoms in Köprüçay River (Antalya)  
**Nezire Lerzan Çiçek, Ömer Osman Ertan**..... 65-78
- Gediz Deltası dalyan alanlarının (İzmir Körfezi) yüzey sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi  
Assessment of heavy metal pollution of surface sediments from lagoon areas of Gediz Delta (Izmir Bay)  
**Esin Uluturhan Suzer, Aynur Konaş, Elif Can Yılmaz**..... 79-87
- Milas (Muğla-Türkiye) yöresinde deniz balığı yetiştiriciliği yapan toprak havuz işletmelerinin risk kaynakları ve risk yönetim stratejileri  
Risk resources and management strategies in the earthen pond fish farming in the Milas region (Muğla- Turkey)  
**Ferit Çobanoğlu, Deniz Çoban, Şükrü Yıldırım, Birsen Kırm, Renan Tunalıoğlu, Murat Cankurt**..... 89-97

### **KISA ARAŞTIRMA SHORT COMMUNICATION**

- Balık yemlerinde besin madde analiz yöntemlerinin karşılaştırılması  
Comparison of nutritional analysis methods in fish feed  
**Ali Yıldırım Korkut, Ahmet Kaan Karamanoğlu, Aysun Kop**..... 99-104

### **DERLEME REVIEW**

- Su ürünleri enzimleri ve enzimlerin işleme endüstrisinde kullanım olanakları  
Seafood enzymes and their application in the seafood industry  
**Yasemen Yanar**..... 105-113
- Nisin ve su ürünleri  
Nisin and seafood  
**Zafer Ceylan, Sühendan Mol**..... 115-120