

Interactive Effects of Lake Morphometry and Sticklebacks on the Trophic Position of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), across Lakes in Western Greenland

Ignasi ARRANZ^{1,2*} , Thomas A. DAVIDSON^{3,4} , Lluís BENEJAM¹ , Sandra BRUCET^{1,5} , Javier SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ⁶ , Frank LANDKILDEHUS³ , Torben L. LAURIDSEN^{3,4,7} , Nestor MAZZEO⁸ , Nicolas VIDAL^{8,9} , Korhan ÖZKAN¹⁰ , Irene GALLEGU¹¹ , Juliane WISCHNEWSKI^{3,4} , Rosemberg F. MENEZES¹² , Shurkhuu TSERENPIL¹³ , Erik JEPPESEN^{3,4,7,14*}

¹ Aquatic Ecology Group, University of Vic – Central University of Catalonia, Vic, Catalonia, Spain

² Laboratoire Evolution et Diversité Biologique, UMR5174, Université Toulouse 3 Paul Sabatier, CNRS, IRD, Toulouse, France

³ Department of Bioscience, Aarhus University, Silkeborg, Denmark

⁴ Arctic Research Centre, Aarhus University, Silkeborg, Denmark

⁵ ICREA, Catalan Institution for Research and Advanced Studies, Barcelona, Catalonia, Spain

⁶ Departamento de Biología, Geología, Física y Química Inorgánica, Universidad Rey Juan Carlos, Móstoles, Madrid, Spain

⁷ University of Chinese Academy of Sciences, Sino-Danish Centre for Education and Research

⁸ Departamento de Ecología y Gestión Ambiental, Centro Universitario Regional del Este (CURE), Universidad de la República

⁹ Departamento de Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Universidad de la República, Montevideo, Uruguay

¹⁰ Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin, Turkey

¹¹ Department of Aquatic Ecology, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland

¹² Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, Areia, Paraíba, Brazil

¹³ Nuclear Research Center, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

¹⁴ Limnology Laboratory, Department of Biological Sciences and Centre for Ecosystem Research and Implementation, Middle East Technical University, Ankara, Turkey

ABSTRACT

The structure and functioning of Arctic ecosystems have been drastically modified by global warming, with fish species potentially performing habitat shifts such as the northern expansion of generalist and warm-adapted species. The freshwater fish species Arctic charr (*Salvelinus alpinus*, hereafter charr) plays a key role in Arctic lake food webs, but sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) may impact the trophic position (TP) of charr by affecting their habitat choice and food resources. In the present study, we used multiple regression analyses to examine the role of lake morphology (i.e., depth and area) and the influence of sticklebacks on the TP of charr (estimated from $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) sampled in nine Arctic lakes in Western Greenland between 2011 and 2013. Results showed that charr populations exhibited larger TP values when co-occurring with sticklebacks. Specifically, for larger and deeper lakes, a significant positive effect on TP values was observed for medium-sized (25 to 35 cm) charr. Moreover, the TP of sticklebacks had a null effect on the TP values of the largest charr (> 40 cm), suggesting that the largest-sized charr individuals did not prey on sticklebacks. We conclude that charr undergoes flexible ontogenetic trophic trajectories depending on the species composition of the Arctic fish community structure (here presence or absence of sticklebacks) and abiotic lake features.

Keywords: Ecosystem size, food webs, polar regions, predator-prey interactions, salmonids

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 23.11.2021

Revised : 02.01.2022

Accepted : 04.01.2022

Published : 26.08.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.1020727



* CORRESPONDING AUTHOR

ignasiarranz@gmail.com

ej@bios.au.dk

Phone : +06 131 828 82

How to Cite

Arranz I, Davidson TA, Benjam L, Brucet S, Sánchez-Hernández J, Landkildehus F, Lauridsen TL, Mazzeo N, Vidal N, Özkan K, Gallego I, Wischnewski J, Menezes RF, Tserenpil S, Jeppesen E. 2022. Interactive Effects of Lake Morphometry and Sticklebacks on the Trophic Position of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), across Lakes in Western Greenland. LimnoFish. 8(2): 101-115. doi: 10.17216/LimnoFish.1020727

Introduction

Arctic biomes have been profoundly modified by global warming as the increased air temperature and ice cover retreat have altered the structure and functioning of food webs (Quinlan et al. 2005; Kortsch et al. 2015; Coumou et al. 2018). Arctic charr (*Salvelinus alpinus*, hereafter charr) plays a key role in structuring Arctic food webs by interacting across multiple trophic levels, coupling benthic–pelagic compartments and maintaining community stability (Eloranta et al. 2013; Jeppesen et al. 2017). So far, however, the combined impact of lake morphology and ecological interactions with other sympatric fish species is a little studied subject, although it may determine the charr population structure in species-poor oligotrophic high-latitude lakes (Eloranta et al. 2015; Knudsen et al. 2016).

Arctic food webs are relevant model systems for evaluating ecological interactions because of their relatively low species diversity and simple structure (Jeppesen et al. 2017; Rolls et al. 2017). In Greenland lakes, charr is commonly the sole fish species, but it often lives in sympatry with three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus*, hereafter stickleback) at lower latitudes in Greenland (Wootton 1985; Laske et al. 2019). However, the strength of the charr and stickleback interactions is body-size dependent because charr undergoes ontogenetic trophic shifts following a positive trophic-level–body-size relationship (i.e., trophic level increasing with body size), as demonstrated by many animal taxa but particularly by salmonids (McCann et al. 2005; Romanuk et al. 2011). Typically, adult charr is the top predator in Arctic food webs, feeding on small-sized fish species such as sticklebacks (Jeppesen et al. 2017), but cannibalism among charr also occurs (Amundsen 2016). Given that young and small-sized charr may share similar food resources with sticklebacks in the littoral zone, small-sized charr and sticklebacks are usually segregated by microhabitat feeding site selection, with sticklebacks feeding on small benthic microcrustaceans and small charr usually on chironomids or zooplankton (Jørgensen and Klemetsen 1995). Given the fact that sticklebacks affect the ontogenetic niche shifts of other salmonids such as brown trout *Salmo trutta* (Sánchez-Hernández et al. 2017), stickleback presence might influence the trophic position (TP) of charr populations in Arctic lakes.

A key environmental factor controlling the ecological interactions among species is habitat morphology – defined as the ecosystem size or the space where a species performs its ecological activities (Connell 1961). Controlling for environmental conditions is important to understand ecological interactions, as e.g. interspecific

competition strength may change due to the lake morphology (Post et al. 2000; Eloranta et al. 2015). Lake morphology has been observed as a key driver of charr TP, in which charr populations display high foraging plasticity and occupy different niches at large ecosystem size (Adams and Huntingford 2002; Eloranta et al. 2015; Doenz et al. 2019). Moreover, lake morphology modifies the cross-habitat linkages between littoral and pelagic food web compartments and the charr food resources (Murdoch and Power 2013; Eloranta et al. 2015). However, conflicting effects of lake morphology on the food chain length have been observed because of the complexity of food webs (Eloranta et al. 2010; Murdoch and Power 2013) and also due to the lack of studies using the same compositional communities. Therefore, it is a priority to develop approaches that are universal enough to include the differences in environmental conditions among lakes in order to identify general mechanisms driving changes in the trophic ecology in fish.

In the present study, we investigated the role of lake morphology and ecological interactions with sticklebacks on charr TP in Arctic lakes and, with this, the food web structure and food chain length. The studied Arctic lakes are excellent model systems for assessing trophic interactions under both allopatric (only charr populations) and sympatric (charr populations co-occurring with sticklebacks) community compositions. We used a Bayesian Stable Isotope Mixing Model (i) to estimate the TP (from $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$) of the two fish species in nine Greenland lakes and (ii) to assess the effects of lake morphology and stickleback presence on the TP of the model organism. We hypothesized that lake morphology (defined here as the living space where a species performs their ecological activities; Connell 1961) would be positively related to the food chain length, resulting in enhanced TP of the top predator; i.e., the ecosystem-size hypothesis (Post et al. 2000; Eloranta et al. 2015). We also tested the hypothesis that the ecological role of charr would be influenced by lake morphology through biotic interactions triggering ontogenetic shifts (hereafter the trophic-ontogenetic hypothesis; Sánchez-Hernández et al. 2017; Kahilainen et al. 2019; Klobucar and Budy 2020). To support this hypothesis, we predicted that the TP and population density of sticklebacks would trigger a switch to charr trophic level during their ontogeny/development, leading to a higher TP.

Materials and Methods

Study Site

Nine lakes were studied along the coast of western Greenland (latitudinal and longitudinal gradients 64°–76°N and 51°–54°E, respectively;

Figure 1). Sampling was carried out once in each lake in summer (on 7 or 27 August) during the period 2011-2013. The studied lakes cover two regions (4 lakes at Ilulissat in the north and 5 lakes at Nuuk in the south; Figure 1). The lakes in the region of Ilulissat hold only allopatric charr, whereas charr and sticklebacks co-occur in the Nuuk region. The range distribution of sticklebacks is limited along both the eastern and western coast up to about 70°N (Wootton 1985; Laske et al. 2019), but in the

Holocene Thermal Optimum, ca. 8,000 years ago, sticklebacks occurred up to 80°N (Fredskild 1985). Sticklebacks usually occupy the littoral zone that, in most oligotrophic high-latitude lakes, is dominated by benthic production (Eloranta et al. 2015). Lake area was determined based on satellite images, and maximum depth was measured in situ for each lake. A summary of the parameters characterising the morphometry of each lake is found in Table 1.

Table 1. Background data on the study lakes

Lake code	Lake area (ha)	Lake depth (m)	Charr				Sticklebacks		
			Number individuals	Average TP ($\delta^{15}\text{N}$)	Abundance (CPUE)	Average size (cm)	Number individuals	Average TP ($\delta^{15}\text{N}$)	Abundance (CPUE)
Nuuk 1	80	35	77	4.50	8.56	18.69	11	3.23	1.23
Nuuk 2	32	13	258	4.72	28.67	18.86	30	4.59	3.34
Nuuk 3	15.6	9.5	96	3.63	16.00	23.40	58	3.60	9.67
Nuuk 4	17.3	12.0	37	4.17	12.33	23.29	25	3.92	8.34
Nuuk 5	10.0	10.5	14	4.25	4.66	38.88	14	3.26	4.67
Ilulissat 1	39.8	29.4	46	4.32	7.67	20.48	-	-	-
Ilulissat 2	14.0	20.4	123	4.06	20.50	26.76	-	-	-
Ilulissat 3	24.3	49.7	43	3.41	21.50	9.49	-	-	-
Ilulissat 4	1.3	5.3	28	4.37	14.00	19.50	-	-	-

Charr and stickleback abundances are expressed as a measure of CPUE (catch per unit effort)

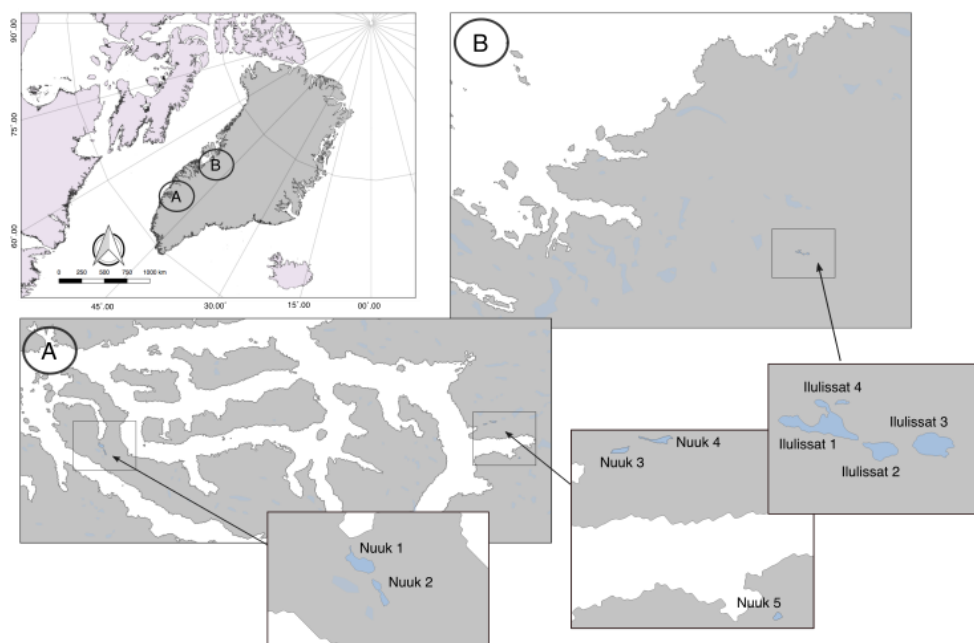


Figure 1. Map of Greenland (top left) showing the geographical location of the studied lakes at Nuuk (A) and Ilulissat (B)

Lake Sampling

Fish were captured using sinking Lundgren multimesh gill nets (1.5 m high). For each lake, the nets were randomly placed at the bottom in open water near the shore (in the middle of the water column, at half the max depth). Depending on lake size, the number of nets varied from one to eight and the nets were set during the afternoon and left overnight (~8 hours fishing time) to

maximize fish catchability (Prchalová et al. 2009). Each charr individual was counted, measured (fork length in mm and weight in g) and examined for the occurrence of parasites in the visceral cavity and flesh, the tapeworm *Diphyllbothrium* sp. being the most common species found (Henriksen et al. 2016). Interspecific density-dependent effects were estimated as the total number of sticklebacks captured divided by the number of nets and hours

(catch per unit effort, stickleback CPUE, ind. nets⁻¹ hours⁻¹). A clean piece of a white muscle tissue (without parasites) was removed from a subset of 392 charr and 138 sticklebacks and frozen at -20°C for SIA.

Benthic and pelagic invertebrates were sampled to determine the overall food-web structure in the study lakes. Benthic invertebrates were collected using a 500 µm mesh kick net within the submerged vegetation or in the shallow littoral zone (0–1 m depth) and an Ockelmann benthic sledge in deeper areas (> 2m). Only soft body tissue of the benthic invertebrates was selected for Stable Isotope Analysis (shells, cases of mollusks and trichopterans were discarded). Pelagic zooplankton taxa were collected by undertaking several vertical hauls with a 140 µm plankton net, and phytoplankton was collected by pumping water through a 11 µm net. However, it was difficult to obtain enough material for measurements due to the high fish predation on zooplankton and low productivity of plankton biomass (Jeppesen et al. 2017).

Lake Morphology

The studied lakes vary markedly in lake morphology (lake depth and area, Table 1). We performed a Principal Component Analysis (PCA) to determine the variation in lake morphology and reduce information to one dependent variable, which was then modelled as a function of charr TP. Thus, we estimated lake morphology as a synthetic variable of the lake area and depth extracted from the first PCA axis (91% variance explained). Positive values of the first PCA axis indicate larger and deeper lakes.

Trophic Position (TP) of Charr and Sticklebacks

In the laboratory, muscle samples were oven-dried at 60 °C for 24 h, homogenised by grinding into

a fine powder, weighed (0.5 – 1.5 mg animal tissue) and packed into tin capsules for stable isotopes analysis at the UC Davis Stable Isotope Facility, U.S.A. The analyses were performed on a PDZ Europa ANCA-GSL elemental analyzer interfaced with a PDZ Europa 20-20 isotope ratio mass spectrometer (Sercon Ltd., Cheshire, UK). We expressed stable isotope data in parts per thousand (per mil, ‰) deviations from international standards (Vienna Pee Dee Belemnite and atmospheric N₂ for δ¹³C and δ¹⁵N, respectively) using the following equation:

$$\text{Equation 1: } \delta X = \frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}} - 1} \times 1000$$

where X = δ¹³C or δ¹⁵N and R = ratio of heavy/light isotope content (¹³C/¹²C or ¹⁵N/¹⁴N). Internal precision was <0.2‰. We extracted δ¹³C and δ¹⁵N isotope values for the fish data using trophic discrimination factor (TDF) by Post (2002). Because δ¹³C and δ¹⁵N cannot be used for cross-site comparison as they depend on the level in primary consumers, we determined charr and stickleback TP with 20,000 iterations and five chains by using a Bayesian Stable Isotope Mixing Model “twoBaselinesFull” of the R package “tRophicPosition” (Quezada-Romegialli et al. 2018). This approach includes isotopic variation in the baseline indicator (all primary consumers, divided into littoral and pelagic/benthic parts) and in the fish muscle tissue to provide reliable estimates of charr and sticklebacks TP (Figures 2 and 3). We first classified the charr individuals into 5 cm size intervals (0–4 cm; 5–9 cm; 10–14 cm; 15–19 cm and so on) to illustrate differences in TP along ontogeny within and among the fish populations. Stickleback TP was estimated without size partitioning.

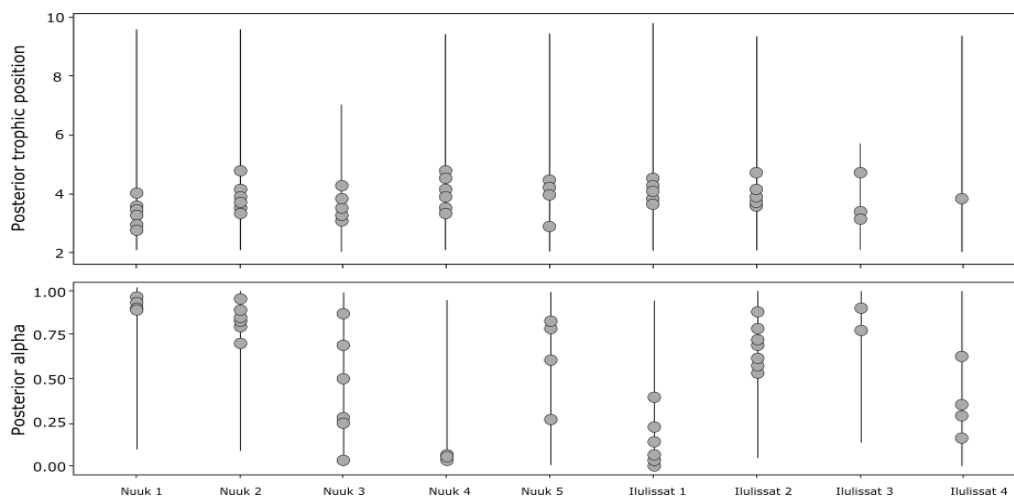


Figure 2. Variation in charr TP and α (i.e., relative use of pelagic + profundal – derived from δ¹⁵N) across the lakes

The upper panel shows posterior TP estimations and the lower panel estimated α at each location.

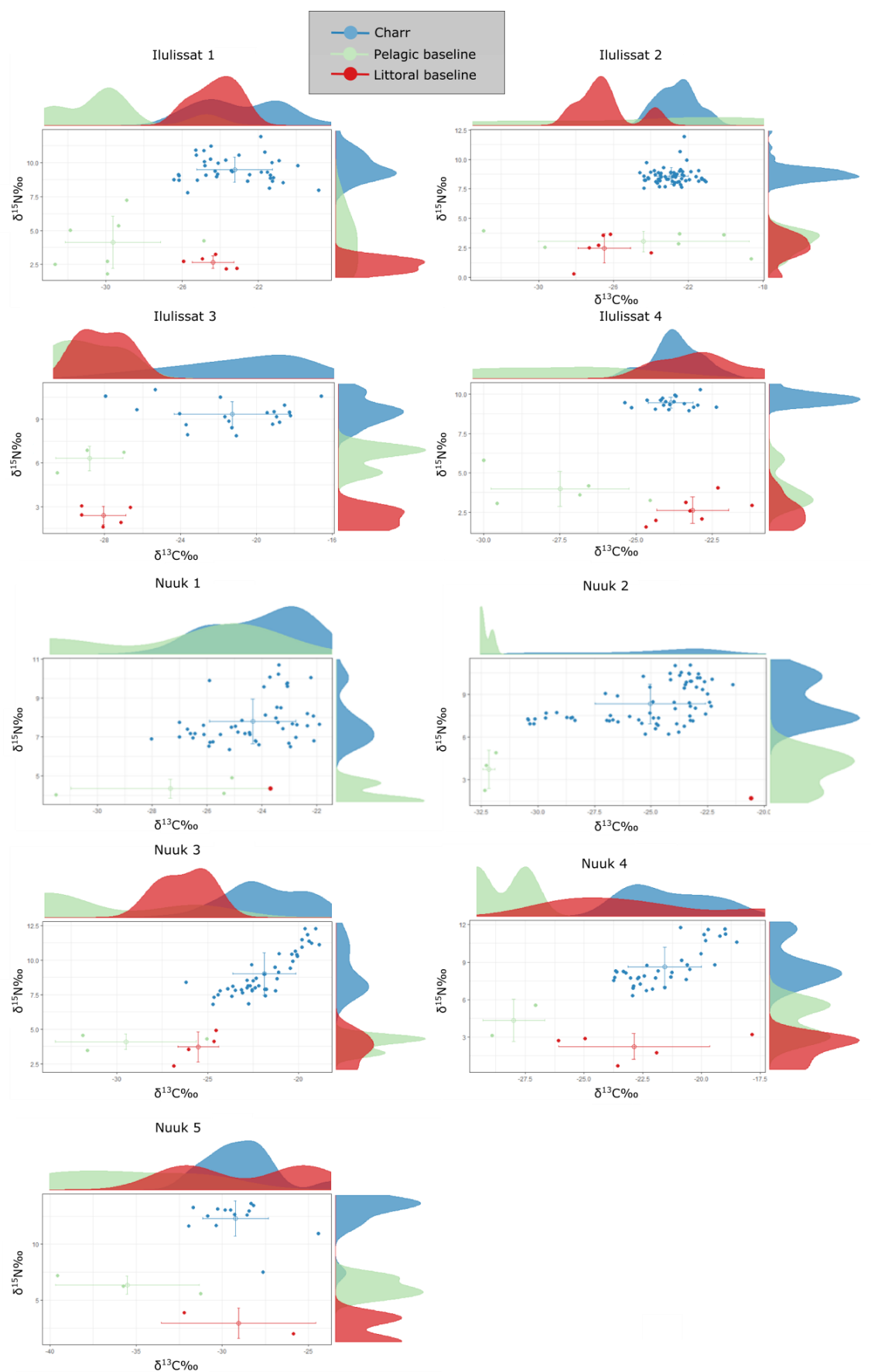


Figure 3. $\delta^{15}\text{N}$ — $\delta^{13}\text{C}$ biplot and results of the Bayesian Stable Isotope Mixing Model for the different lakes Charr (blue and left-hand plots), baseline resources (green and red) and sticklebacks (blue and right-hand plots)

Statistical Analyses

Simple linear regressions were performed for each lake to test positive TP–body-size relationships with:

$$\text{Equation 2: } Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

where Y = median charr TP in lake i ; X , body size class; β_1 , β_0 , linear parameters and ε_i , error term.

We assessed if the β_1 of the linear regression in Equation 2 showed positive (i.e., expected TP–body-size relationship), null, or negative (i.e., breakdown of the TP–body-size relationship) effects on each lake and each lake group (presence/absence of sticklebacks).

We computed Generalized Linear Models (GLM) to quantify the effects of environmental gradients on the TP of charr populations per size class. The response variable was charr TP and the predictors were lake morphology (first PCA axis), stickleback TP and CPUE. Because the stickleback TP and CPUE were strongly correlated, we separated these variables into two GLM models. Continuous variables were standardized (mean = 0 and standard deviation = 1) to obtain the same units prior to fitting the GLM models. Thus, the effect sizes of the variables can be contrasted by their respective t -values. The variables were $\log_{10}$ transformed if they violated the assumptions of normality (Shapiro-Wilk test, p -value < 0.05). The probability (p -value) of rejecting the null hypothesis of the GLM models was set to 95% (level of significance 0.05). Variance inflation factors (VIF) were calculated to identify multicollinearity among predictors. For all predictors, VIF values were less than two, indicating a low degree of multicollinearity (Belsley et al. 1980). All analyses were performed with the software R 4.1.0 (R Development Core Team 2021).

Results

TP–Body-Size Relationships

We found clear changes in charr TP with body size, particularly in the lakes Nuuk 3, Nuuk 4 and Ilulissat 2 (Figure 4), indicating that TP increases with increasing body size. By grouping lake systems (at catchment scale) into stickleback density, there was also a significant positive TP–body-size relationship in Nuuk 3 and 4 with high stickleback density, as expected, suggesting an increase of charr TP with ontogeny (Figure 5).

However, charr TP showed non-significant TP–body-size relationship with absence or low density of sticklebacks, where charr populations only exhibited a steep increase of TP in the largest sizes classes and non-linear relationships, respectively (Figure 5).

Determinants of the Trophic Position of Charr

GLM revealed differences in the response of charr TP to the lake morphology across body size classes (Figure 6). In the first model (using stickleback TP values as a predictor of stickleback effects), larger and deeper lakes predominantly showed a positive effect on TP values of medium-sized charr populations (from 25 to 35 cm), indicating that increasing lake morphology leads to enhanced TP of charr populations (Figures 6 and 7). Moreover, the presence of sticklebacks gradually increased the TP of charr, with the most significant changes occurring in 35–39 cm charr individuals (Figures 6 and 7). In contrast, the TP values of sticklebacks showed a null effect on the TP values of the largest charr (> 40 cm), suggesting that the largest charr individuals did not interact with sticklebacks. Moreover, a significant positive interaction was found in charr individuals of 25–29 cm; at locations without sticklebacks, the TP values of charr decreased with increasing lake morphology, whereas in lakes with sticklebacks the TP values of charr increased (Figure 7).

The second model (with stickleback density, CPUE, as a predictor of stickleback effects) showed results similar to those of the first model: *i*) lake morphology had a significant positive effect on the medium-sized charr (from 30 to 34 cm), *ii*) a gradual increase of TP values of charr appeared with increasing stickleback abundance simultaneously with an abrupt decline in the TP of the largest charr individuals, *iii*) the effects of the interaction between stickleback abundance and lake morphology were most pronounced for medium-sized charr (Figures 6 and 7).

Although anadromy was not examined in our study, which might bias charr TP, we further evaluated the effects of the distance of the lake to the sea on charr TP in the subset of Nuuk lakes at different levels of connectivity to the sea (Figure 8). In our results, we did not detect an independent influence of lake distance to the sea on charr TP (Figure 8).

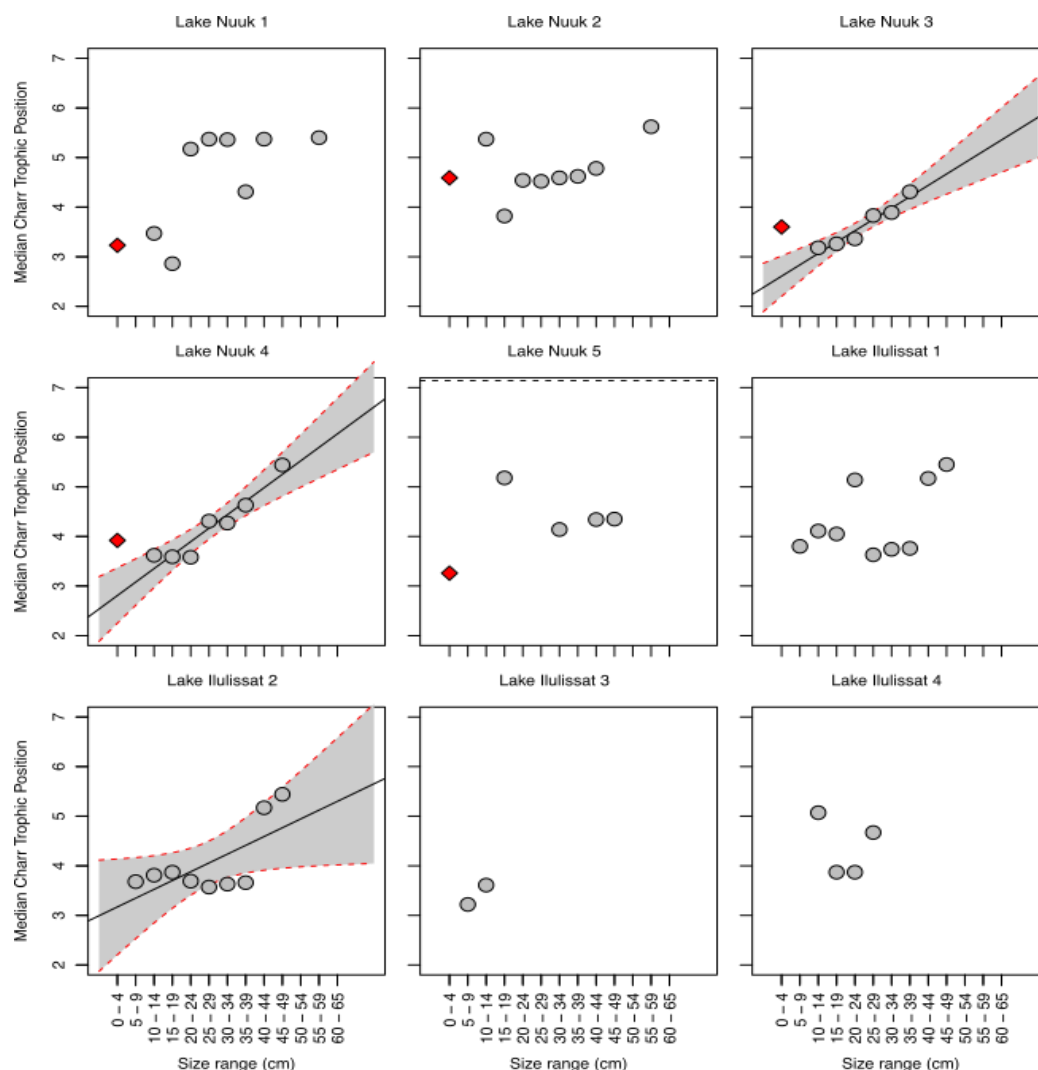


Figure 4. The relationships between size range (in 5 cm; X-axis) and charr trophic position (Y-axis) at each location

Grey dots represent the charr trophic position in each body size class [i.e., length in cm: first size class = [0 – 4), second size class = [5 – 9), and so on]. Red rhombuses represent TP stickleback medians. Only significant regressions (p -value < 0.05) between body size class and charr trophic position with 95 % confidence intervals are shown.

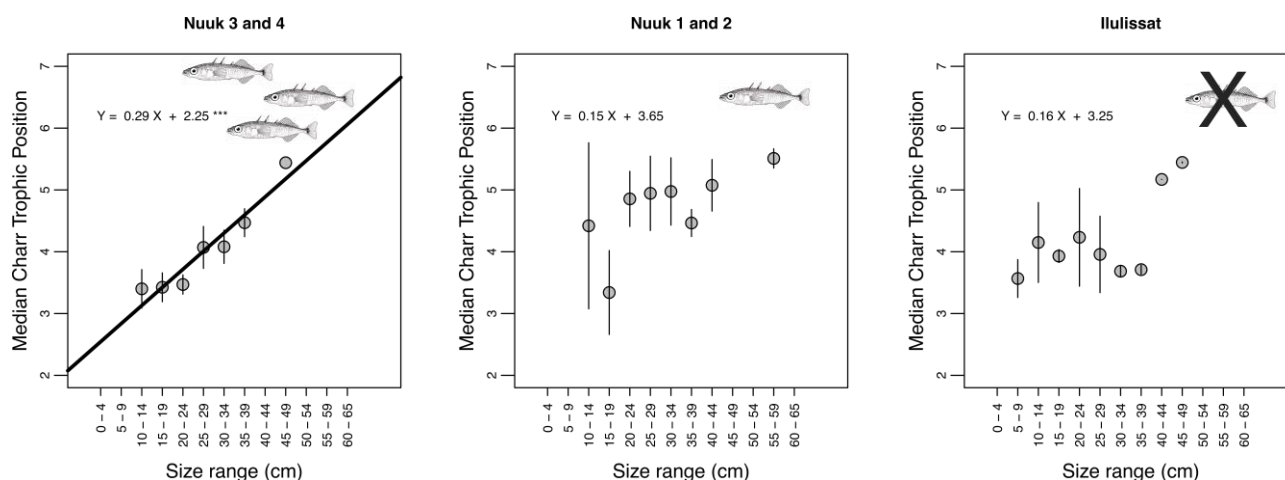


Figure 5. Effects of stickleback density on the trophic position of charr at catchment scale (lakes Nuuk 3 and 4; high stickleback density; lakes Nuuk 1 and 2: low stickleback density; lakes in Ilulissat: no sticklebacks)

The points represent the average and standard error of the trophic position (TP) for each body size class of charr. Regression coefficients are shown at the top of each plot.

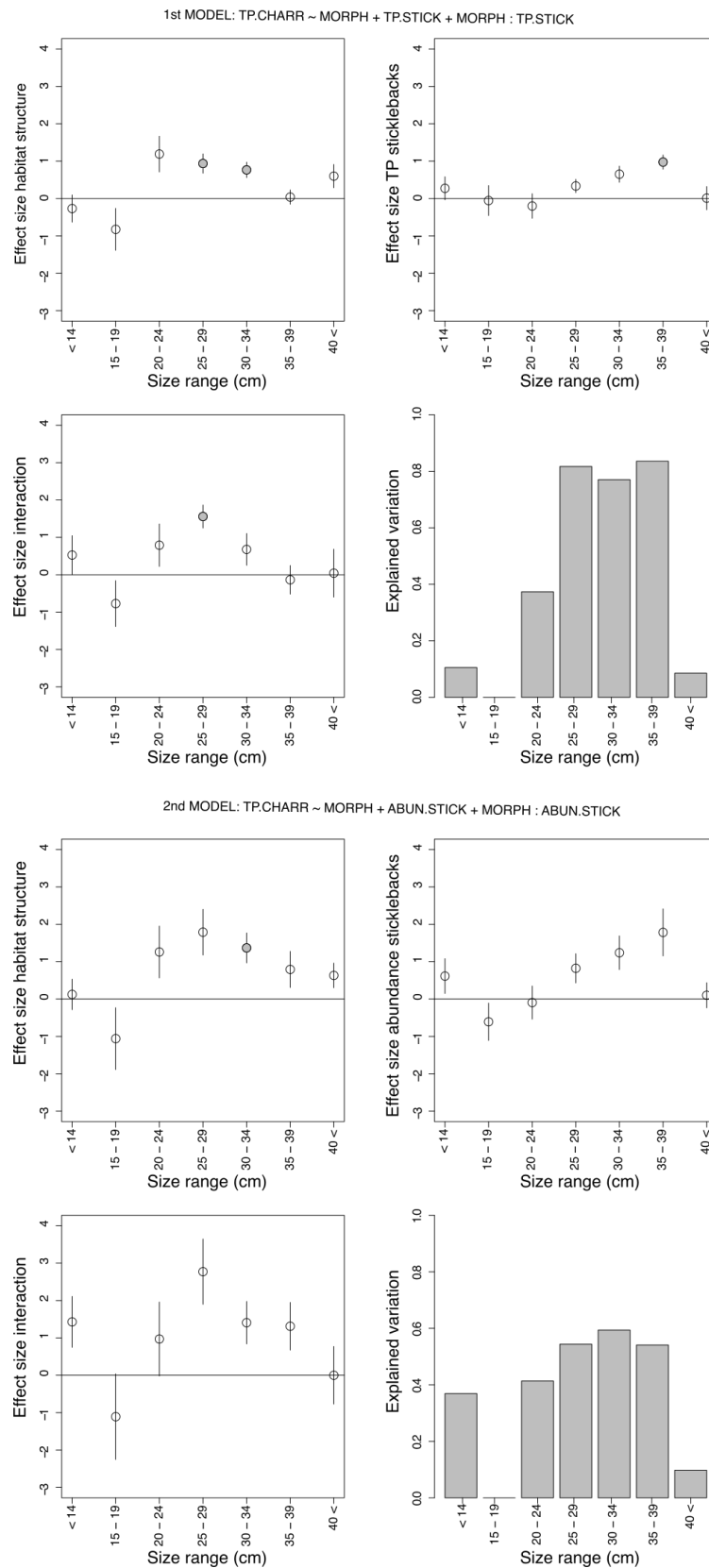


Figure 6. The effects of lake morphology (lake size/depth), stickleback trophic position and abundance, and their interactions, on the trophic position (TP) of charr for each body -size class

Y-axes indicate the effect size (estimate and standard error) of the driver and x-axes the body size classes. Grey points display significant results (p -value < 0.05).

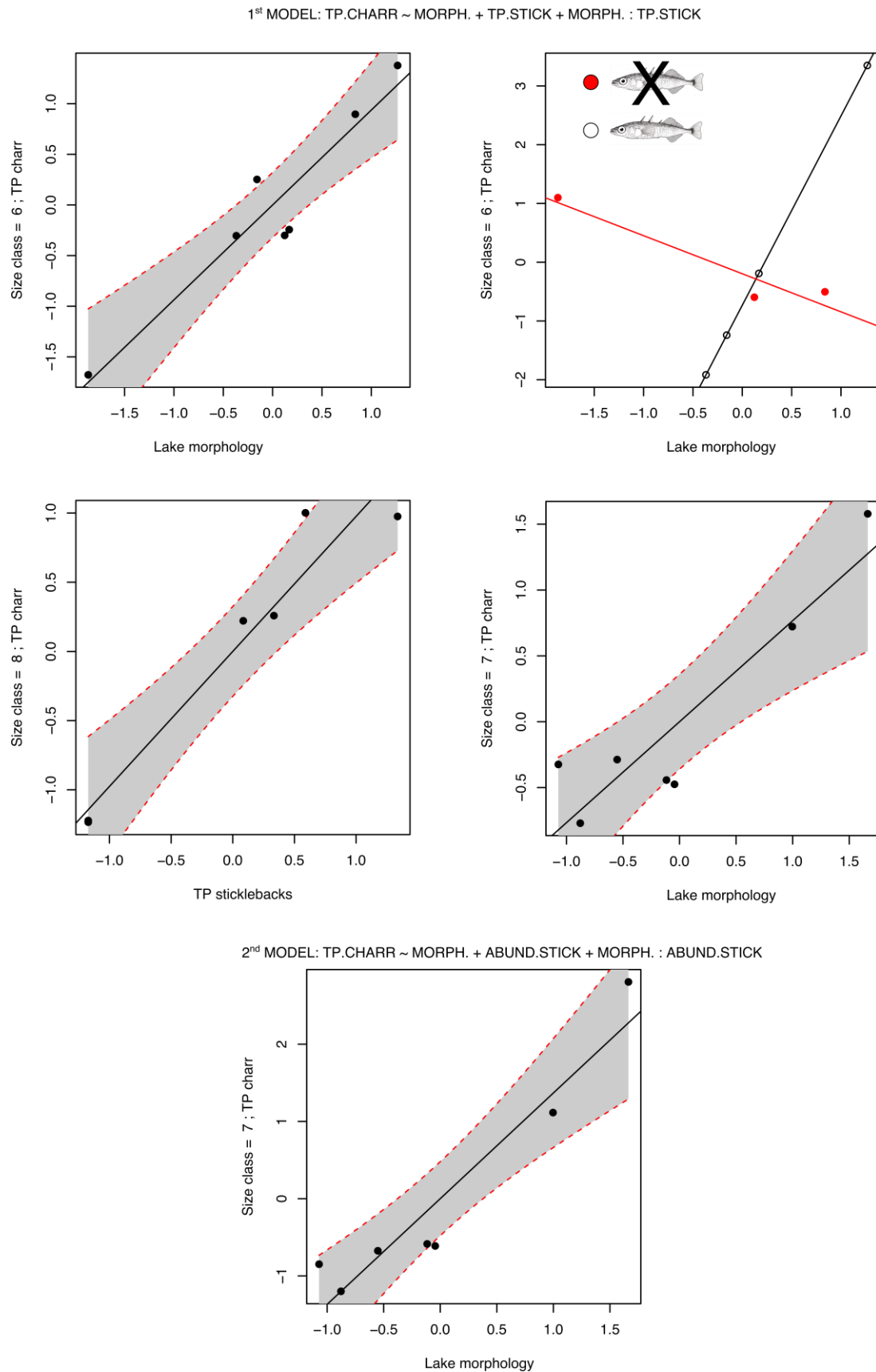


Figure 7. Significant effects of lake morphology (lake size/depth) and sticklebacks (both TP, first model, and abundance, second model)

Grey shadow at 95% shows confidence intervals. X-axes indicate the predictors and Y-axes the residuals for each model and charr body size class. For the interaction effect, the red line indicates lakes without sticklebacks and the black line lakes with sticklebacks. For more information, see Figure 6.

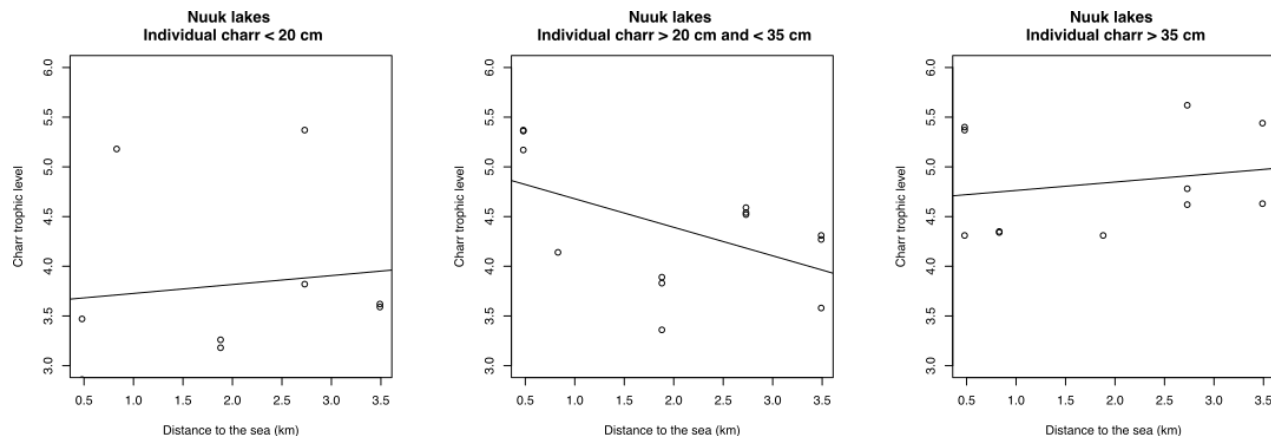


Figure 8. Effects of lake distance to the sea on charr TP

To avoid confounding effects of the presence and absence sticklebacks and to gather a proper number of observations, only Nuuk lakes were considered. Solid lines indicate the trend of the relationship, but no fish size group showed a significant (p -value < 0.05) trend, suggesting weak effects of lake distance to the sea on charr TP. The points represent charr TP in each size category and lake. Size group category: 1–4, <20 cm; 5–7, >20 cm and <35 cm; >8, >35 cm. Size groups were based on the first quartile (first group), first quartile – third quartile (second group), and third quartile (3rd group). Sea distance was estimated using visual analysis of lakes on Google Earth.

Discussion

Compared to more complex food webs in territories other than Scandinavia, the West Nordic islands and northern Canada (Eloranta et al. 2010; Murdoch and Power 2013), as well as studies of Greenland charr populations focusing on population size structure (Sparholt 1985; Riget et al. 2000; Jeppesen et al. 2017) and marine feeding (Davidsen et al. 2020), the present study is the first to focus on specific-size charr TP in species-poor oligotrophic high-latitude lakes with the same fish community composition. While in several lakes, such as Nuuk 3 and 4, charr TP increased with increasing body size following the typical pattern of a positive TP–body-size relationship as many other animal taxa (McCann et al. 2005; Romanuk et al. 2011), in other lakes, e.g. Lake Nuuk 1 and Ilulissat 1, charr displayed no clear trophic shifts, which is similar to the findings of previous studies of other model fish (Layman et al. 2005; Schriever and Williams 2013). Moreover, our findings highlight the importance of the simple fish community composition for understanding the TP of salmonids. Thus, charr had a greater TP in lakes with than without sticklebacks, as observed also in other studies of other salmonid species (Sánchez-Hernández et al. 2017 and references therein). This suggests that ecological interactions are pivotal factors in structuring food webs and food web lengths (Simberloff 1982; Vander Zanden et al. 1999).

Our results demonstrate the occurrence of contrasting trophic positions and habitat uses of charr across all body size classes in Greenland lakes, confirming that charr is a highly adaptive species (Knudsen et al. 2016). Only the TP of medium-sized

charr responded positively to an increase in lake size/depth. This matches the ecosystem-size hypothesis that the larger ecosystems hold greater home range areas, thereby providing more niche space for larger organisms (Reiss 1988) and a longer food web length (Post et al. 2000). Interestingly, medium-sized charr display different responses to lake size/depth depending on the presence of sticklebacks (as interactive effects; Figures 6 and 7); thus, the TP of charr between 25 and 29 cm exhibited a positive response to increasing size/depth in lakes with sticklebacks (Figure 7), while a negative influence was observed in lakes without sticklebacks (Figure 7). Given that sticklebacks mainly inhabit littoral parts (Eloranta et al. 2015), increased lake morphology would increase the niche differentiation among species and also within body size classes, suggesting low intra- and inter-specific competition (Eloranta et al. 2013). This also indicates that the presence of stickleback is a more important factor than lake morphology in shaping the TP of charr and thus the food chain length of lacustrine systems of Greenland.

General fish ecology theory suggests that young individuals of species with large adult sizes such as charr might utilise resources similar to those used by older individuals of a smaller species such as stickleback (Persson and Greenberg 1990). In our study, the TP of the smallest and largest charr individuals seemed not to be determined by the lake morphology but solely by the ecological interactions of sticklebacks, suggesting idiosyncrasies to the type of driver and body size class. The ecological interactions between the young (small-sized) charr

individuals and sticklebacks may cause a reduction in charr TP, but when the charr grow, their TP appears to increase as a function of the density and TP of sticklebacks. However, the TP of the largest charr (> 40 cm) seemed to be invariant to the abundance and TP of sticklebacks. A possible explanation is that the largest charr migrate to the pelagic zone likely to feed on zooplankton, thus alleviating the competition for littoral resources, or that they specialise in feeding on small-bodied zooplankton (Eloranta et al. 2013), leading to a decrease in TP. However, in the Ilulissat lakes, the 40-cm charr showed an abrupt enrichment

of $\delta^{15}\text{N}$, suggesting a probable trophic shift with ontogeny from feeding on invertebrates to their conspecifics (Knudsen et al. 1996). Eloranta et al. (2010) also reported that most of the charr >50 cm in a sub-Arctic lake with a fish community consisting of charr and brown trout underwent an ontogenetic dietary shift to cannibalism. In line with the previous findings, the presence of parasites may determine the cannibalistic role of charr (Hammar 2000), which in our analysis was confirmed by high rates of parasite infestation of charr > 45 cm in the Ilulissat lakes (Figure 9).

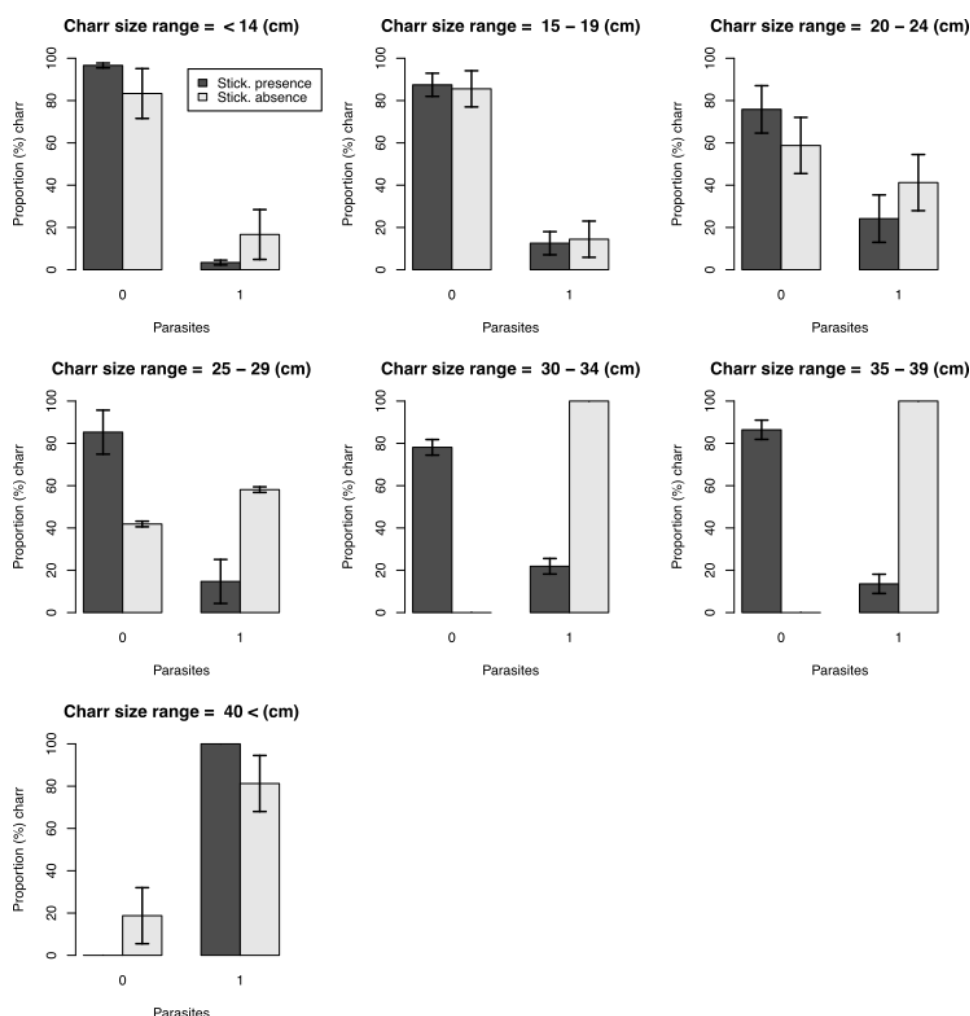


Figure 9. Proportion of charr with parasites in each size category.

Dark bars are charr caught in the Nuuk region, and light bars are charr caught in the Ilulissat region.

Instead of strict cannibalism, some of the largest charr individuals in our study lakes with sticklebacks (e.g., Nuuk 3 and 4) probably have a diet partly consisting of invertebrates, as suggested by the high individual variation in $\delta^{15}\text{N}$ signatures. McCarthy et al. (2004) proposed that in a sub-Arctic lake with a multispecies fish community (sticklebacks, minnows *Phoxinus* sp., brown trout), the wide variation in $\delta^{15}\text{N}$ values for large piscivorous charr may result from individual differences in isotopic fractionation (some

individuals prey only on fish, while others switch between fish and invertebrates). Fraser et al. (1998) highlighted that in a deep lake, with low abundance of sticklebacks, piscivorous charr fed mainly on other charr to alleviate the resource competition of small-sized charr. Accordingly, charr may undergo flexible ontogenetic dietary trajectories (switching between fish and invertebrates) depending on the fish community composition, with concomitant consequences for the variability of TP.

The contrasting trophic responses of charr may also be attributed to the strong interspecific competition in the Arctic lake systems that are characterised by food resource scarcity (Bolnick et al. 2010; Brodersen et al. 2012), as has been reported for other salmonids, e.g. sockeye salmon *Oncorhynchus nerka* and brown trout (Brodersen et al. 2012). In Faroese lakes, Brodersen et al. (2012) found that when sticklebacks lived in sympatry with brown trout, the salmonid shifted its niche preferences. Jørgensen and Klemetsen (1995) observed that small charr and sticklebacks were segregated at microhabitat level for feeding in the littoral zone of Lake Takvatn (northern Norway). In an enclosure experiment, O'Neill (1986) showed that sticklebacks competed with young individuals of sockeye salmon by reducing the abundance of food resources. In our study, the interspecific competition between sticklebacks and charr caused a reduction of the trophic level of charr by potentially reducing the amount of resources and habitat space.

Our results may potentially be affected by migration of the fish. Migration to the sea, if it occurs, often takes place in early summer, and charr specimens (typically in the size range 15 – 70 cm; Gulseth and Nilssen 2001) remain in estuarine or coastal water until at the end of the summer for feeding before returning to freshwater (Radtke et al. 1996). These anadromous specimens exhibit elevated $\delta^{15}\text{N}$ values compared with resident populations (Murdoch et al. 2015), and migration may also enhance the basic level of $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ (Gregory-Eaves et al. 2007). Enhanced basic levels in the lakes will not affect the TP of fish, while higher $\delta^{15}\text{N}$ obtained when feeding in the sea will. However, we found no relationship between the TP of the different size groups (first size group = <20 cm; second = >20 cm and <35 cm; third = >35 cm) in the Nuuk lakes with different distances to the sea (Figure 8). Therefore, we assume that our results are not violated by sea-based higher $\delta^{15}\text{N}$.

A promising area for future research is to explore the effects of poleward expansion of generalist species and environmental shifts driven by global change on cold-water species such as charr. Eutrophication in high-latitude lakes induced by climate change could lead to reduced littoral primary production and changes in charr TP. Moreover, the increasing snowmelt caused by glacier retreat may lead to connection between lakes and the sea due to higher runoff in Arctic streams. Consequently, some fish-free lakes will probably be colonised by charr and also by northward-moving sticklebacks (Bennike et al. 2008). Anadromous migration by sticklebacks may extend their range of distribution towards the north where they were once present up to Thule

(80°N) in the Holocene Thermal Optimum (ca. 8,000 years ago, Fredskild 1985). (Re)-spreading of the species to new areas in Arctic food webs may alter ecological interactions, so further development of SIA may be valuable to unravel mechanisms driving changes in trophic ecology by key fish species such as charr in Arctic food webs.

Acknowledgments

We thank Anne Mette Poulsen, Kathe Møgelvang and Tinna Christensen for manuscript assistance and layout and the technical staff at Aarhus University for valuable support. The work was supported by the “Global Climate Change Programme” (no. 9700195) and the MARS project (Managing Aquatic ecosystems and water Resources under multiple Stress) funded under the 7th EU Framework Programme, Theme 6 (Environment including Climate Change), Contract No.: 603378 (<http://www.mars-project.eu>). Funding for the 2012 expedition to Greenland was provided by the Carlsberg Foundation (Project 2013_01_0535) and the Arctic Research Centre, AU. During the writing phase, EJ and TAD were supported by the North Water Project (NOW), funded by the Velux Foundations and the Carlsberg Foundation, and TLL was supported by the Arctic Research Centre, AU. EJ was also supported by Tübitak BİDEB 2232 (project 118C250). NM was supported by SNI-Uruguay. RFM was supported by the Coordination for the Improvement of Higher Educational Personnel (CAPES) under the Brazilian Postdoctoral National Program (PNPD- N° 2304/2011). SB was partially supported by the PONDERFUL project (Pond ecosystems for resilient future landscapes in a changing climate) funded by European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 869296.

References

- Adams C, Huntingford FA. 2002. Inherited differences in head allometry in polymorphic Arctic charr from Loch Rannoch, Scotland. *J Fish Biol.* 60(3):515–520. doi: [10.1111/j.1095-8649.2002.tb01680.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb01680.x)
- Amundsen PA. 2016. Contrasting life-history strategies facilitated by cannibalism in a stunted Arctic charr population. *Hydrobiologia* 783(1):11–19. doi: [10.1007/s10750-015-2600-y](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2600-y)
- Belsley DA, Kuh E, Welsch RE. 1980. Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. *J R Stat Soc.* 144:367–368.
- Bennike O, Sørensen M, Fredskild B, Jakobsen BH, Böcher J, Amsinck SL, Jeppesen E, Andreassen C, Christiansen HH, Humlum O, Meltofte H, Røjle Christensen T, Elberling B, Forchhammer MC, Rasch M. 2008. Late Quaternary environmental and cultural changes in the Wollaston Forland Region, Northeast

- Greenland. In High-Arctic ecosystem dynamics in a changing climate: ten years of monitoring and research at Zackenberg Research Station, Northeast Greenland. Adv Ecol Res. 40:45–79.
doi: [10.1016/S0065-2504\(07\)00003-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2504(07)00003-7)
- Bolnick DI, Ingram T, Stutz WE, Snowberg LK, Lau OL, Paull JS. 2010. Ecological release from interspecific competition leads to decoupled changes in population and individual niche width. Proc Royal Soc. B 277: 1789–1797.
doi: [10.1098/rspb.2010.0018](https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0018)
- Brodersen J, Malmquist HJ, Landkildehus F, Lauridsen TL, Amsinck SL, Bjerring R, Sondergaard M, Johansson LS, Christoffersen KS, Jeppesen E. 2012. Short-and long term niche segregation and individual specialization of brown trout (*Salmo trutta*) in species poor Faroese lakes. Environ Biol Fish. 93(3):305–318.
doi: [10.1007/s10641-011-9914-z](https://doi.org/10.1007/s10641-011-9914-z)
- Connell JH. 1961. The influence of interspecific competition and other factors on the distribution of the barnacle *Chthamalus stellatus*. Ecology. 42(4): 710–723.
doi: [10.2307/1933500](https://doi.org/10.2307/1933500)
- Coumou D, Capua GD, Vavrus S, Wang L, Wang S. 2018. The influence of Arctic amplification on mid-latitude summer circulation. Nat Commun. 9: 2959.
doi: [10.1038/s41467-018-05256-8](https://doi.org/10.1038/s41467-018-05256-8)
- Davidson JG, Power M, Knudsen R, Sjørnsen AD, Kjærstad G, Rønning L, Arnekleiv, JV. 2020. Marine trophic niche-use and life history diversity among Arctic charr *Salvelinus alpinus* in southwestern Greenland. J Fish Biol 96(3):681–692.
doi: [10.1111/jfb.14261](https://doi.org/10.1111/jfb.14261)
- Doenz CJ, Krähenbühl AK, Walker J, Seehausen O, Brodersen J. 2019. Ecological opportunity shapes a large Arctic charr species radiation. Proc Royal Soc B. 286: 20191992.
doi: [10.1098/rspb.2019.1992](https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1992)
- Eloranta AP, Kahilainen KK, Jones RI. 2010. Seasonal and ontogenetic shifts in diet of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) in a subarctic lake. J Fish Biol. 77(1): 80–97.
doi: [10.1111/j.1095-8649.2010.02656.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02656.x)
- Eloranta AP, Knudsen R, Amundsen PA. 2013. Niche segregation of coexisting Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brown trout (*Salmo trutta*) constrains food web coupling in subarctic lakes. Freshwater Biol. 58(1):207–221.
doi: [10.1111/fwb.12052](https://doi.org/10.1111/fwb.12052)
- Eloranta AP, Kahilainen KK, Amundsen P-A, Knudsen R, Harrod C, Jones RI. 2015. Lake size and fish diversity determine resource use and trophic position of a top predator in high-latitude lakes. Ecol Evol. 5(8): 1664–1675.
doi: [10.1002/ece3.1464](https://doi.org/10.1002/ece3.1464)
- Fraser D, Adams CE, Huntingford FA. 1998. Trophic polymorphism among Arctic charr *Salvelinus alpinus* L., from Loch Ericht, Scotland. Ecol Freshw Fish 7(4):184–191.
doi: [10.1111/j.1600-0633.1998.tb00185.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.1998.tb00185.x)
- Fredskild B. 1985. The Holocene vegetational development of Tugtulligssuaq and Qeqertat, northwest Greenland. Geoscience 14:1–20.
- Gregory-Eaves I, Demers JM, Kimpe L, Krümmel EM, Macdonald RW, Finney BP, Blais JM. 2007. Tracing salmon-derived nutrients and contaminants in freshwater food webs across a pronounced spawner density gradient. Environ Toxicol Chem. 26(6): 1100–1108.
doi: [10.1897/06-402R.1](https://doi.org/10.1897/06-402R.1)
- Gulseth OA, Nilssen KN. 2001. Life-History Traits of Charr, *Salvelinus alpinus*, from a High Arctic Watercourse on Svalbard. Arctic. 54(1):1–11.
doi: [10.14430/arctic758](https://doi.org/10.14430/arctic758)
- Hammar J. 2000. Cannibals and parasites: Conflicting regulators of bimodality in high latitude Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. Oikos 88(1):33–47.
doi: [10.1034/j.1600-0706.2000.880105.x](https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.880105.x)
- Henriksen EH, Knudsen R, Kristoffersen R, Kuris AM, Lafferty KD, Siwertsson A, Amundsen PA. 2016. Ontogenetic dynamics of infection with *Diphyllbothrium* spp. cestodes in sympatric Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) and brown trout *Salmo trutta* (L.). Hydrobiologia. 783(1):37–46.
doi: [10.1007/s10750-015-2589-2](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2589-2)
- Jeppesen E, Lauridsen TL, Christoffersen KS, Landkildehus F, Geertz-Hansen P, Amsinck SL, Søndergaard M, Davidson TA, Ríget F. 2017. The structuring role of fish in Greenland lakes: an overview based on contemporary and paleoecological studies of 87 lakes from the low and the high Arctic. Hydrobiologia. 800(1): 99–113.
doi: [10.1007/s10750-017-3279-z](https://doi.org/10.1007/s10750-017-3279-z)
- Jørgensen L, Klemetsen A. 1995. Food resource partitioning of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.) and three-spined stickleback, *Gasterosteus aculeatus* (L.), in the littoral zone of lake Takvatn in northern Norway. Ecol Freshw Fish. 4(2):77–84.
doi: [10.1111/j.1600-0633.1995.tb00120.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.1995.tb00120.x)
- Kahilainen KK, Thomas SM, Harrod C, Hayden B, Eloranta AP. 2019. Trophic ecology of piscivorous Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) in subarctic lakes with contrasting food-web structures. Hydrobiologia. 840(1):227–243.
doi: [10.1007/s10750-018-3845-z](https://doi.org/10.1007/s10750-018-3845-z)
- Klobucar SL, Budy P. 2020. Trophic structure of apex fish communities in closed versus leaky lakes of arctic Alaska. Oecologia. 194:491–504.
doi: [10.1007/s00442-020-04776-9](https://doi.org/10.1007/s00442-020-04776-9)
- Knudsen R, Klemetsen A, Staldevik F. 1996. Parasites as indicators of individual feeding specialization in Arctic charr during winter in northern Norway. J Fish Biol. 48(6):1256–1265.
doi: [10.1111/j.1095-8649.1996.tb01819.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1996.tb01819.x)
- Knudsen R, Klemetsen A, Alekseyev S, Adams CE, Power M. 2016. The role of *Salvelinus* in contemporary

- studies of evolution, trophic ecology and anthropogenic change. *Hydrobiologia*. 783(1):1–9.
doi: [10.1007/s10750-016-2999-9](https://doi.org/10.1007/s10750-016-2999-9)
- Kortsch S, Primicerio R, Fossheim M, Dolgov AV. 2015. Climate change alters the structure of arctic marine food webs due to poleward shifts of boreal generalists. *Proc Royal Soc B*. 282: 20151546.
doi: [10.1098/rspb.2015.1546](https://doi.org/10.1098/rspb.2015.1546)
- Laske SM, Amundsen PA, Christoffersen KS, Erkinaro J, Guðbergsson G, Hayden B, Heino J, Holmgren K, Kahilainen KK, Lento J, Orell P, Östergren J, Power M, Rafikov R, Romakkaniemi A, Svenning M-A, Swanson H, Whitman M, Zimmerman CE. 2019. Circumpolar patterns of Arctic freshwater fish biodiversity: A baseline for monitoring. *Freshwater Biol*. 67(1): 176–193
doi: [10.1111/fwb.13405](https://doi.org/10.1111/fwb.13405)
- Layman GA, Winemiller KO, Arrington DA, Jepsen DB. 2005. Body size and trophic position in a diverse tropical food webs. *Ecology* 86(9):2530–2535.
doi: [10.1890/04-1098](https://doi.org/10.1890/04-1098)
- McCann KS, Rasmussen JB, Umbanhowar J. 2005. The dynamics of spatially coupled food webs. *Ecol Lett*. 8(5):513–523.
doi: [10.1111/j.1461-0248.2005.00742.x](https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00742.x)
- McCarthy ID, Fraser D, Waldron S, Adams CE. 2004. A stable isotope analysis of trophic polymorphism among Arctic charr from Loch Erich, Scotland. *J Fish Biol*. 65(5):1435–1440.
doi: [10.1111/j.0022-1112.2004.00526.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2004.00526.x)
- Murdoch A, Power M. 2013. The effect of lake morphometry on thermal habitat use and growth in Arctic charr populations: Implications for understanding climate-change impacts. *Ecol Freshw Fish*. 22(3):453–466.
doi: [10.1111/eff.12039](https://doi.org/10.1111/eff.12039)
- Murdoch A, Power M, Klein G, Doidge W. 2015. Assessing the food web impacts of an anadromous Arctic charr introduction to a sub-Arctic watershed using stable isotopes. *Fisheries Manag Ecol*. 20(4):302–314.
doi: [10.1111/fme.12012](https://doi.org/10.1111/fme.12012)
- O'Neill S. 1986. Competitive interactions between juvenile sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) and limnetic zone sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus*) [Master's Thesis]. The University of British Columbia 101 p.
- Persson L, Greenberg LA. 1990. Juvenile Competitive Bottlenecks: The Perch (*Perca fluviatilis*)-Roach (*Rutilus rutilus*) Interaction. *Ecology*. 71(1):44–56.
doi: [10.2307/1940246](https://doi.org/10.2307/1940246)
- Post D, Pace M, Hairston N. 2000. Ecosystem size determines food-chain length in lakes. *Nature*. 405:1047–1049.
doi: [10.1038/35016565](https://doi.org/10.1038/35016565)
- Post DM. 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology* 83(3):703–718.
doi: [10.1890/0012658\(2002\)083\[0703:USITET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012658(2002)083[0703:USITET]2.0.CO;2)
- Prchalová M, Kubečka J, Říha M, Mrkvička T, Vašek M, Jůza T, Kratochvíl M, Peterka J, Draštík V, Křížek J. 2009. Size selectivity of standardized multimesh gillnets in sampling coarse European species. *Fish Res*. 96(1):51–57.
doi: [10.1016/j.fishres.2008.09.017](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.017)
- Quezada-Romegialli C, Jackson AL, Hayden B, Kahilainen KK, Lopes C, Harrod C. 2018. tRophicPosition, an R package for the Bayesian estimation of trophic position from consumer stable isotope ratios. *Methods Ecol Evol*. 9(6):1592–1599.
doi: [10.1111/2041-210X.13009](https://doi.org/10.1111/2041-210X.13009)
- Quinlan R, Douglas MSV, Smol JP. 2005. Food web changes in arctic ecosystems related to climate warming. *Glob Chang Biol*. 11(8):1381–1386.
doi: [10.1111/j.1365-2486.2005.00981.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00981.x)
- R Development Core Team. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available from <https://www.R-project.org/>
- Radtke R, Svenning M, Malone D, Klemetsen A, Ruzicka J, Fey D. 1996. Migrations in an extreme northern population of Arctic charr *Salvelinus alpinus*: insight from otolith microchemistry. *Mar Ecol Prog Ser*. 136(1):13–23.
doi: [10.3354/meps136013](https://doi.org/10.3354/meps136013)
- Reiss M. 1988. Scaling of home range size: body size, metabolic needs and ecology. *Trends Ecol Evol*. 3(3):85–86.
doi: [10.1016/0169-5347\(88\)90025-0](https://doi.org/10.1016/0169-5347(88)90025-0)
- Riget F, Jeppesen E, Landkildehus F, Lauridsen, TL, Geertz-Hansen P, Christoffersen K, Sparholt H. 2000. Landlocked Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) population structure and lake morphometry in Greenland - is there a connection? *Polar Biol*. 23:550–558.
doi: [10.1007/s0030000000120](https://doi.org/10.1007/s0030000000120)
- Rolls RJ, Hayden B, Kahilainen KK. 2017. Conceptualising the interactive effects of climate change and biological invasions on subarctic freshwater fish. *Ecol Evol*. 7(12):4109–4128.
doi: [10.1002/ece3.2982](https://doi.org/10.1002/ece3.2982)
- Romanuk TN, Hayward A, Hutchings, JA. 2011. Trophic level scales positively with body size in fishes. *Global Ecol Biogeogr*. 20(2):231–240.
doi: [10.1111/j.1466-8238.2010.00579.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00579.x)
- Sánchez-Hernández J, Eloranta AP, Finstad AG, Amundsen PA. 2017. Community structure affects trophic ontogeny in a predatory fish. *Ecol Evol*. 7(1):358–367.
doi: [10.1002/ece3.2600](https://doi.org/10.1002/ece3.2600)
- Schriever TA, Williams DD. 2013. Ontogenetic and individual diet variation in amphibian larvae across an environmental gradient. *Freshwater Biol*. 58(2): 223–236.
doi: [10.1111/fwb.12044](https://doi.org/10.1111/fwb.12044)
- Simberloff D. 1982. The status of competition theory in ecology. *Ann Zool Fenn*. 19: 241–253.
- Sparholt H. 1985. The population, survival, growth, reproduction and food of Arctic charr, *Salvelinus*

- alpinus* (L.), in four unexploited lakes in Greenland. J Fish Biol. 26(3):313–330.
doi: [10.1111/j.1095-8649.1985.tb04270.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1985.tb04270.x)
- Vander Zanden MJ, Casselman JM, Rasmussen JB. 1999. Stable isotope evidence for the food web consequences of species invasions in lakes. Nature. 401:464-467.
doi: [10.1038/46762](https://doi.org/10.1038/46762)
- Wootton RJ. 1985. A functional biology of sticklebacks. US: Springer 266 p.



Güney Doğu Anadolu Bölgesi Sülük Faunası Üzerine Araştırmalar

Özkan ÖZBAY¹, Naim SAĞLAM^{2*}, Mustafa DÖRÜCÜ², Mustafa BALCI³, Ali KILIÇ⁴,
Nurten ÖZBEY¹, Ayşegül PALA⁵, Ahmet SESLİ¹, Timur DEMİR¹, Selami ARCA⁶, Sena
METİN⁷, Abdulmuttalip BERİ⁸, Kadir ÖZKAN⁹, Sibel DOĞAN BARATA²

¹ Tarım ve Orman Bakanlığı Elazığ Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü, Elazığ, Türkiye

² Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Elazığ, Türkiye

³ Elazığ DSİ 9. Bölge Müdürlüğü Keban Su Ürünleri Şube Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

⁴ Tarım ve Orman Bakanlığı, Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

⁵ Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Tunceli, Türkiye

⁶ Eskişehir İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Eskişehir, Türkiye

⁷ Elazığ İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

⁸ Bingöl İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Bingöl, Türkiye

⁹ İzmir Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü, İzmir, Türkiye

ÖZ

Bu çalışma, Ocak 2012- Aralık 2014 tarihleri arasında Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan yedi ilde (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin ve Şanlıurfa) bulunan akarsu, baraj, göl, gölet ve sazlık alan olmak üzere toplam 169 tatlısu habitatında sülük faunasının belirlenmesi amacıyla yürütüldü. Sülük örnekleri habitatın özelliğine göre birim zaman, birim çerçeve (Sülük toplama çerçevesi) ve Ekman kepçesi yöntemiyle toplandı. Toplam 169 sulak alanın 53'ünde sülük tespit edildi. Çalışma süresince toplanan sülük örnekleri su bulunan 0,5-1,0 L'lik pet bidonlarla laboratuvara taşındı. Sülük örnekleri önce % 10 etanol içinde bayıltıldı, sonra %70 alkol veya %4 formalin içinde tespit edildi. Toplanmış olan sülükler morfolojik özelliklerine göre stereo mikroskop altında teşhisi yapıldı. Bu çalışma sonunda, Güneydoğu Anadolu Bölgesi sulak alanlarında *Albolossiphonia heteroclita*, *Albolossiphonia* sp., *Dina apathyi*, *Dina* sp., *Erpobdella octoculata*, *E. testacea*, *Erpobdella* sp., *Helobdella stagnalis*, *Hirudo sulukii*, *Placobdella costata* ve *Placobdella* sp. olmak üzere altı soya ait toplam 11 farklı sülük türü belirlendi. Söz konusu çalışma kapsamında tesbit edilen *H. sulukii* dünya için 2016 yılında tanımlanmış bir tıbbi sülük türü olup, bölge halkı tarafından geleneksel ve tamamlayıcı tıp uygulamaları çerçevesinde kullanılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sülükler, fauna, popülasyon, Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 06.08.2021

Düzeltilme : 04.10.2021

Kabul : 07.10.2021

Yayın : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.894988

* SORUMLU YAZAR

nsaglam@firat.edu.tr

naim.saglam@gmail.com

Tel : +90 424 237 0000/4529

Investigation of the Leech Fauna of the South Eastern Anatolia Region

Abstract: This study was carried out to determine the leech fauna of the wetlands of seven provinces (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin and Şanlıurfa) in South East Anatolia Region between January 2012 and December 2014. In this study, total 169 different freshwater habitats such as rivers, ponds, dams, lakes and reeds were investigated for leeches. In these provinces, Leech samples were found in 53 out of 169 wetlands. Leech samples were collected by unit time, unit frame (Leech collection frame) and Ekman dredge method according to the characteristics of the freshwater habitat. During the study, collected leeches were transferred to the laboratory in 0.5-1.0 L pet cans containing water. Leech specimens were relaxed in 10% ethanol, and subsequently fixed in 70 ethanol or 4% formalin. Collected leeches were identified according to their morphological characters under a stereomicroscope. In the present study, 11 leech species belonging to 6 genera were identified in the wetlands of the Southeastern Anatolia Region, respectively the leech species *Albolossiphonia heteroclita*, *Albolossiphonia* sp., *Dina apathyi*, *Dina* sp., *Erpobdella octoculata*, *Erpobdella testacea*, *Erpobdella* sp., *Helobdella stagnalis*, *Hirudo sulukii*, *Placobdella costata* and *Placobdella* sp. *H. sulukii* is a medicinal leech species which was defined for the world in 2016 and has been used by the people of the region within the framework of traditional and complementary medicine practices.

Keywords: Leeches, fauna, population, South Eastern Anatolia Region, Turkey

Alıntılama

Özbay Ö, Sağlam N, Dörücü M, Balcı M, Kılıç A, Özbey N, Pala A, Sesli A, Demir T, Arca S, Metin S, Beri A, Özkan K, Doğan Barata S. 2022. Güney Doğu Anadolu Bölgesi Sülük Faunası Üzerine Araştırmalar. LimnoFish. 8(2): 116-130. doi: 10.17216/LimnoFish.894988

Giriş

Sulak alan bakımından oldukça zengin bir ülke olan Türkiye, bu alanlarda yayılış gösteren sülük türleri açısından da dünyanın en zengin ülkelerinden birisidir. Ancak, bu zenginlik üzerindeki çalışmalar yakın zamanlarda başlamış olup istenilen düzeye ulaşamadığı gibi ülkemizin sülük faunası da tam olarak ortaya çıkarılamamıştır. Geçmişten günümüze sınırlı sayılarda da olsa çeşitli sulak alanlarda yürütülmüş olan sülük faunasıyla ilgili çalışmalar genel bilgiler edinmemizi sağlamıştır.

Türkiye’de 1915 yılından günümüze kadar *Batrachobdella paludosa*, *Dina lineata*, *D. stschegolewi*, *D. vignai*, *Erpobdella octoculata*, *E. testacea*, *E. vilnensis*, *Glossiphonia complanata*, *G. heteroclita*, *Haementaria costata*, *Haemopsis sanguisuga*, *Helobdella stagnalis*, *Hemiclepsis marginata*, *Hirudo medicinalis*, *H. officinalis*, *H. sulukii*, *H. troetina*, *H. verbana*, *Herpobdella costata*, *Limnatis nilotica*, *Nephelopsis obscura*, *Piscicola geometrica*, *Placobdella costata*, *Theromyzon tessulatum*, *Trocheta bykowskii* olmak üzere 25 farklı sülük türü belirlenmiştir (Akyıldız 2008; Artüz 1997; Balık vd. 1999; Balık vd. 2006; Ceylan 2002; Ceylan vd. 2014; Demiroğlu ve Mısırlıoğlu 2010; Devciyan 1915; Duran 2006; Duran ve Akyıldız 2011; Duran vd. 2007; Dügel 2001; Geldiay 1949; Geldiay ve Tareen (1972); (Gülen vd. 1998; Kalyoncu 2002; Kalyoncu ve Gülboy 2009; Kalyoncu vd. 2008; Kalyoncu ve Zeybek 2009; 2011; Karaşahin 1998; Kazancı vd. 2015; Kazancı vd. 2009; Kazancı vd. 1992; Minelli 1978; Özbek ve Sarı 2007; Özbek vd. 2008; Sağlam 2001; Sağlam ve Dorucu 2002; Sağlam vd. 2016; Sağlam 2011; Ustaoglu vd. 2003; Ustaoglu vd. 1998; Zeybek 2007).

Türkiye’deki tıbbi sülük (*H. medicinalis*) popülasyonlarının durumu izlenmiş ve Karamık Gölü, Işıklı Gölü, Karagöl, Kızılırmak Deltası, Eber Gölü, Yeşilirmak Deltası ve Manyas Gölünün tıbbi sülük popülasyonları yönünden zengin habitatlar olduğu belirtilmiştir (Demirsoy vd. 2005). Yine Doğu Anadolu (Sağlam vd. 2008) ve Göller Bölgesi’ndeki (Ceylan vd. 2018) Tıbbi sülük popülasyonlarının durumu araştırılmıştır. 2010 yılına kadar *H. medicinalis* olarak bilinen türlerin genetiksel teşhisler sonucunda çoğunun *H. verbana* türüne ait olduğu belirlenmiştir (Sağlam 2011; Siddall vd. 2007).

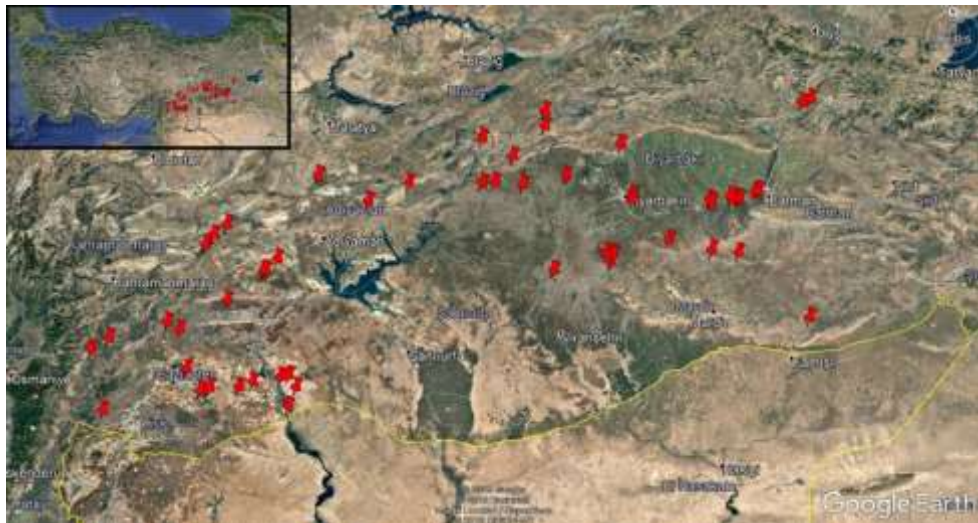
Bunlara ilaveten yapılan genetiksel çalışmalar sonucunda 2016 yılında Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yeni bir tıbbi sülük türünün, *H. sulukii* varlığı çalışmalarla ortaya koyulmuştur ve Türkiye’deki tıbbi sülük türlerinin sayısı iki olmuştur (Sağlam vd. 2016).

Son yıllarda yoğunlaşan bu çalışmalara rağmen Türkiye’nin henüz sülük faunası tam olarak ortaya çıkarılamamış olup, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ise sülükler üzerinde yapılan çalışma sınırlı sayıdadır.

Söz konusu bu çalışma ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde yer alan dokuz ildeki sulak alanlarda sülük faunasının belirlenmesi amaçlanarak bu alandaki eksikliğin giderilmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışma Ocak 2012 ile Aralık 2014 tarihleri arasında Güney Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak olmak üzere dokuz ilde bulunan toplam 169 sulak alanda yürütüldü (Şekil 1).



Şekil1.Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde sülük belirlenen sulak alanlar

Figure 1. Wetlands with leeches in the Southeastern Anatolia Region

Sülük örnekleri sulak alanlardan Ekman çamur alma aleti ve Sağlam vd. (2008)'nin birim çerçeveden modifiye ederek geliştirmiş oldukları tıbbi sülük toplama çerçevesi yöntemi kullanılarak toplandı. Ayrıca yarı nicel bir yöntem olan bir kişinin birim zamanda topladığı sülük sayısının belirlenmesine dayalı yöntem kullanılarak da sülüklerin (tıbbi olan / olmayan) sulak alandaki yoğunlukları ortaya çıkarılmaya çalışıldı (Kasperek vd. 2000).

Çalışma süresince toplanan sülük türleri 0,5-1,0 L'lik taşıma kaplarıyla teşhis çalışmalarının yürütüleceği laboratuvara canlı olarak taşındı. Her ilden laboratuvara taşınmış olan sülük türler teşhis için yöntemine göre (Klemm 1982) tespit edilip şeffaflaştırıldıktan sonra veya disekte edildikten sonra stereo mikroskop altında teşhisi yapıldı. Sülüklerin bayıltılması için su bulunan petrideki sülüklerin üzerine %10'luk alkol ilave edildi. Sülük türlerinin bayılması için hafif hafif petriler çalkalanarak yarım saat içinde bayımları sağlandı. Bayılmış olan sülükler daha sonra %70'lik etil alkol veya %4'lük formalin içine alınarak tespit edildi. Türlerin teşhisi için önemli olan morfolojik karakterleri sülük teşhis formlarına işlendi. Sülüklerin teşhisinde Govedich vd. (2010), Elliott ve Mann (1979), Klemm (1982), Sağlam (2004) ve Sawyer (1986)'dan yararlanıldı.

Çalışmada arazide yerinde yürütülen su kalite parametreleriyle ilgili ölçümler YSI Professional Plus Multiparametre marka ölçüm cihazı ile yapıldı. Özellikle sülük tespit edilen sulak alanlarda suyun kalitesi ile ilgili olarak sıcaklık (°C), çözünmüş oksijen konsantrasyonu (mg/L), pH, tuzluluk (ppt), ve elektriksel iletkenlik (µS/cm) gibi su parametreleri ölçüldü. Sülük örneklemelerinin yapıldığı sulak alanların koordinatları Magellan Triton 1500 marka el tipi GPS cihazıyla belirlendi ve Google Earth üzerinde işaretlendi.

Bulgular

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan 7 ilde toplam 169 sulak alanda çalışma yürütülmüş olup, toplam 53 habitatta sülük belirlendi ve örnekleme yapıldı (Şekil 1; Tablo 1). Çalışma sonunda 11 farklı sülük türü belirlendi. Bu sülük türleri; *Hirudo sulukii*, *Dina apathy*, *Dina sp.*, *Erpobdella octoculata*, *Erpobdella testacea*, *Erpobdella sp.*, *Alboglossiphonia heteroclita*, *Alboglossiphonia sp.*, *Helobdella stagnalis*, *Placobdella costata* ve *Placobdella sp.* olarak teşhis edildi (Tablo 2). Bunlara ilaveten söz konusu çalışma ile tespiti yapılan türlerinden birisinin tıbbi sülük *H. sulukii* olduğu, sadece Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaşadığı, endemik bir tür olduğu ve ekonomik olarak ticaretinin yapılabileceği belirlendi. Çalışmada tespit edilmiş olan sülük türüne ait sistematik aşağıda verilmiştir.

Bölüm (Divisio-Phylum)	: Annelida - Lamarck, 1809 – Halkalı solucanlar
Alt bölüm (Subphylum)	: Clitellata
Sınıf (Classis)	: Hirudinea - Lamarck, 1818 - Sülükler
Alt sınıf (Subclassis)	: Euhirudinea - Lukin, 1956
Takım (Ordo)	: Arhynchobdellida - Blanchard, 1894
Alt takım (Subordo)	: Hirudiniformes - Caballero, 1952
Aile (Familia)	: Hirudinidae
Cins (Genus)	: <i>Hirudo</i> – Tıbbi sülükler
Tür	: <i>Hirudo sulukii</i> Sağlam, Saunder, Lang, Shain, 2016
Alt takım (Subordo)	: <i>Erpobdelliformes</i> Sawyer, 1986
Aile (Familia)	: <i>Erpobdellidae</i>
Cins (Genus)	: <i>Dina</i>
Tür	: <i>Dina apathyi</i> Gedroye, 1916
Tür	: <i>Dina sp.</i>
Cins (Genus)	: <i>Erpobdellade</i> Blainville, 1818
Tür	: <i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)
Tür	: <i>Erpobdella testacea</i> (Savigny, 1822)
Tür	: <i>Erpobdella sp.</i>
Takım (Ordo)	: <i>Rhynchobdellida</i> R. Blanchard, 1894
Aile (Familia)	: <i>Glossiphoniidae</i> Vaillant, 1890
Cins (Genus)	: <i>Alboglossiphonia</i> Lukin, 1976
Tür	: <i>Alboglossiphonia heteroclita</i> (Linnaeus, 1761)
Tür	: <i>Alboglossiphonia sp.</i>
Cins (Genus)	: <i>Helobdella</i> R. Blanchard, 1896
Tür	: <i>Helobdella stagnalis</i> (Linnaeus, 1758)
Cins (Genus)	: <i>Placobdella</i> R. Blanchard, 1893
Tür	: <i>Placobdella costata</i> (Fr. Müller, 1846)
Tür	: <i>Placobdella sp.</i>

Tablo 1. Örnekleme Yapılan Sulak alan habitatları ve dağılımı**Table 1.** Sampled wetland habitats and distribution

İller	Akarsu		Baraj		Göl		Gölet		Sazlık		Toplam	
	Araştırılan	Sülük bulunan	Araştırılan	Sülük bulunan	Araştırılan	Sülük bulunan	Araştırılan	Sülük bulunan	Araştırılan	Sülük bulunan	Araştırılan	Sülük bulunan
Adıyaman	14	-	3	1	4	4	1	-	8	4	30	9
Batman	5	2	-	-	-	-	2	-	2	2	9	4
Diyarbakır	9	9	-	-	-	-	6	4	25	8	40	21
Gaziantep	25	10	4	-	-	-	8	-	5	2	42	12
Kilis	4	-	-	-	-	-	3	1	-	-	7	1
Mardin	4	3	1	-	-	-	4	-	-	-	9	3
Şanlıurfa	12	3	4	-	2	-	14	-	-	-	32	3
Toplam	73	27	12	1	6	4	38	5	40	16	169	53

Tablo 2. Arazide toplanmış olan sülük türlerinin ağırlık, uzunluk, genişlik anterior ve posterior çekmen çaplarının ortalama ölçümleri**Table 2.** Average measurements of weight, length, width, anterior and posterior sucker diameters of leech species collected in the field

Sülük türü	Ağırlık (mg)	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Anterior Çekmen Çapı (mm)	Posterior Çekmen Çapı (mm)
1) <i>Hirudo sulukii</i>	1222±621 (570-2520)	59,85±14,84 (40-98)	6,31±1,25 (5,0-9,0)	3,15±0,71 (2,1-4,3)	3,98±0,86 (3,0-5,4)
2) <i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	120±36,21 (40-164)	28,04±0,38 (12-35)	17,1±0,43 (12-21)	1,1±0,06 (0,9-1,5)	1,6±0,09 (1,3-2,1)
3) <i>Alboglossiphonia</i> sp.	110±26,87 (54-133)	25,69±0,48 (10-32)	14,0±0,33 (11-17)	1,1±0,05 (0,9-1,4)	1,5±0,08 (1,3-1,8)
4) <i>Dina apathy</i>	87,62±101,54 (10-490)	29,63±12,59 (10-66)	1,94±0,87 (1,0-4,0)	0,77±0,32 (0,3-1,9)	1,43±0,47 (0,3-2,0)
5) <i>Dina</i> sp.	43,75±30,96 (7-110)	21,13±6,10 (10-30)	1,96±0,88 (1,0-3,0)	0,66±0,29 (0,1-1,2)	1,19±0,41 (0,3-1,7)
6) <i>Erpobdella octoculata</i>	44,17±26,58 (20-110)	24,22±5,06 (13-36)	2,25±0,50 (1,3-3,2)	0,94±0,27 (0,5-1,5)	1,09±0,28 (0,7-2,1)
7) <i>Erpobdella testacea</i>	123,33±58,73 (60-176)	31,00±12,00 (19-43)	2,83±0,76 (2,0-3,5)	1,33±0,58 (1,0-2,0)	2,00±0,82 (1,0-3,0)
8) <i>Erpobdella</i> sp.	83,75±65,65,54 (17-157)	25,55±6,44 (13-36)	1,98±0,70 (2-4,0)	1,33±0,52 (0,3-1,9)	1,22±0,64 (0,7-2,0)
9) <i>Helobdella stagnalis</i>	24,50±14,22 (10-60)	9,28±2,72 (7-23)	3,11±1,65 (1-10)	0,56±0,29 (0,2-1,8)	1,05±0,37 (0,6-2,6)
10) <i>Placobdella costata</i>	62,87±71,45 (10-240)	18,73±2,37 (14-24)	9,27±1,91 (6-14)	1,24±0,24 (0,8-1,6)	2,18±0,23 (1,8-2,6)
11) <i>Placobdella</i> sp.	22,30±6,43 (10-31)	18,60±2,89 (11-26)	7,80±1,14 (6-10)	1,16±0,22 (0,7-1,5)	2,13±0,24 (1,6-2,5)

1- *Hirudo sulukii* Sağlam, Saunder, Lang, Shain, 2016

Vücut dorso-ventral hafif yassılaşmış olup, vücut uzunluğu $59,85 \pm 14,84$ mm (40-98 mm) ve genişliği ise $6,31 \pm 1,25$ mm (5,0-9,0 mm) dir. Vücut ortalama ağırlığı 1222 ± 621 mg (570-2520 mg) olarak belirlenmiştir. Anterior çekmenin çapı $3,15 \pm 0,70$ mm (2,1-4,3 mm) iken, posterior çekmenin çapı ise $3,98 \pm 0,86$ mm (3,0-5,4 mm) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Ağız geniştir ve bütün anterior çekmeni kaplamıştır. Canlı olarak incelenen bireylerde renk zeytin yeşilinden kahverengiye kadar değişmektedir. Vücudun dorsal yüzeyi değişken zeytin yeşilinden kahverengiye kadar değişmekte olup, kesikli siyah benek içeren bir çift turuncu paramedian ve kapsayıcı oval siyah benek içeren iki turuncu paramarjinal çizgiye sahiptir. Vücudun dorsa-lateral kısımda zikzak tarzında siyah boyuna çizgileri vardır. Kenarlar açık zeytin rengindedir. Vücudun ventral kısmı ise her iki yanında siyah beneklerin birleşmesiyle oluşmuş belirgin bir bant mevcut olup, bu siyah benekler karın altına irili ufaklı şekilde dağılmış durumdadır. Vücudun II ve VI. segmentleri arasında parabolik

kemer şeklinde beş çift göz sıralanmakta, 3. ve 4. göz çifti bir halkayla, 4. ve 5. göz çifti ise iki halkayla birbirinden ayrılmaktadır. Ayrıca vücut üç çeneye sahiptir ve genital delikler beş halkayla birbirinden ayrılmıştır.

Habitat ve dağılım

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan sazlık ve bataklık karakterdeki sulak alanlarda yayılım göstermekte olan *H. sulukii*, 2016 yılında yeni bir tıbbi sülük türü olarak tanımlanmış olup, bölgede yıllardır insanlar tarafından tedavide yaygın olarak kullanılmaktadır.

İlgili çalışma kapsamında *H. sulukii* Adıyaman ili Gerger ilçesi Sülüklü Göl ve Kahta ilçesi Kozağaç Sazlığı, Batman ili Merkez ilçesi Segirkan Sazlığı, Diyarbakır ili Bismil ilçesi Arıkgöl Sazlığı, Korukçu Sazlığı, Sabun Gölleri ve Yukarısalat Gölü ve Gaziantep ili Şehitkamil ilçesi Akçagöze Gölü ve Sülüklü Göl olmak üzere toplam dokuz sulak alanda belirlenmiştir ve sadece Türkiye'nin Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yayılış gösteren bir tıbbi sülük türü olması nedeniyle bölgesel endemik özelliği taşımaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde sulak alanlarda belirlenen sülük türleri ve yoğunlukları

Table 3. Leech species and densities determined in wetlands in Southeastern Anatolia Region

İlçe	Sulak Alan Adı	Sülük Türü	Birim Zamanda Toplanan Sülük Sayısı (Sülük/Saat/Kişi)	Birim Alanda Sülük Sayısı (adet/m ²)
ADİYAMAN				
Besni	Keysun-Tavas Sazlığı	<i>Dina apathyi</i>	36	1,8
	Keysun-2 Sazlığı	<i>E.octoculata</i>	26	1,3
		<i>Dina apathyi</i>	18	0,9
	Safraz Sazlığı	<i>Dina apathyi</i>	64	3,2
Çelikhan	Çat Barajı/Sazlıca Gölü	<i>Erpobdella testacea</i>	15	0,75
		<i>Dina apathyi</i>	31	1,55
Gerger	Sülüklü Göl (Karagöl)	<i>Hirudo sulukii</i>	12	0,6
Gölbaşı	Gölbaşı Gölü	<i>Alboglossiphonia heteroclita</i>	25	1,25
		<i>Erpobdella testacea</i>	15	0,75
		<i>Erpobdella octoculata</i>	10	0,5
		<i>Dina apathyi</i>	10	0,5
		<i>Alboglossiphonia sp.</i>	5	0,3
		<i>Dina sp.</i>	14	1,3
	Azablı Gölü	<i>Erpobdella octoculata</i>	86	4,3
		<i>Dina apathyi</i>	34	1,7
		<i>Dina sp.</i>	32	1,5
	İnekli Gölü	<i>Erpobdella testacea</i>	32	1,2
		<i>Erpobdella octoculata</i>	35	1,4
		<i>Erpobdella sp.</i>	57	1,8
Kahta	Kozağaç Sazlığı	<i>Hirudo sulukii</i>	10	0,4
BATMAN				
Merkez	Batman Çayı	<i>Dina apathyi</i>	12	0,2
		<i>Helobdella stagnalis</i>	12	0,3
	Segirkan Sazlığı	<i>Hirudo sulukii</i>	12	0,3
Sason	Kilimli Gölü	<i>Dina apathyi</i>	16	0,2
	Sason Çayı	<i>Dina apathyi</i>	48	0,6

Tablo 3. Devamı
Table 3. Continued

İlçe	Sulak Alan Adı	Sülük Türü	Birim Zamanda Toplanan Sülük Sayısı (Sülük/Saat/Kişi)	Birim Alanda Sülük Sayısı (adet/m ²)
DIYARBAKIR				
Bismil	Arıkgöl sazlığı	<i>Hirudo sulukii</i>	29	1,2
	Dicle Nehri	<i>Dina apathyi</i>	21	0,4
		<i>Dina sp.</i>	13	0,2
	Korukçu Sazlığı	<i>Hirudo sulukii</i>	13	0,65
		<i>Dina apathyi</i>	32	1,6
	Sabun Gölleri	<i>Hirudo sulukii</i>	23	0,2
	Yukarısalat Çayı	<i>Dina apathyi</i>	10	0,5
	Yukarısalat Gölü	<i>Hirudo sulukii</i>	274	13,7
Çermik	İncili Çayı	<i>Dina apathyi</i>	20	0,5
	Kalecik Gölü	<i>Placobdella costata</i>	184	2,3
		<i>Dina apathyi</i>	16	0,2
	Gürüz Sazlığı	<i>Helobdella stagnalis</i>	200	2,5
	Yaylacık Gölü	<i>Helobdella stagnalis</i>	400	5
Çınar	Bayırkonak Göleti	<i>Dina apathyi</i>	39	1,95
		<i>Helobdella stagnalis</i>	3	0,15
	Kunreş Sazlığı	<i>Dina apathyi</i>	5	0,23
		<i>Dina apathyi</i>	21	1,05
	Kunreş Göleti	<i>Placobdella costata</i>	3	0,15
	Göksu Göleti	<i>Dina apathyi</i>	69	3,45
		<i>Helobdella stagnalis</i>	13	0,3
Çüngüş	Çüngüş Çayı	<i>Dina apathyi</i>	18	0,9
Dicle	Dicle Nehri	<i>Dina apathyi</i>	120	6
		<i>Helobdella stagnalis</i>	6	0,3
		<i>Placobdella sp.</i>	27	1,2
Eğil	Dicle Nehri	<i>Dina apathyi</i>	45	2,25
Ergani	Dicle Nehri	<i>Erpobdella testacea</i>	72	3,6
	Boğazköy Gözesi	<i>Dina apathyi</i>	50	0,625
	Doğanköy Göleti	<i>Placobdella costata</i>	20	0,25
		<i>Helobdella stagnalis</i>	380	4,75
Merkez	Dicle Nehri	<i>Dina apathyi</i>	48	2,4
GAZİANTEP				
Araban	Karasu Çayı	<i>Dina apathyi</i>	88	2,7
Karkamış	Yurtbağı-Merç Deresi	<i>Dina apathyi</i>	68	2,6
Merkez	Alleben Deresi	<i>Dina apathyi</i>	200	5
Nizip	Fırat Nehri	<i>Dina apathyi</i>	10	0,5
	Nizip Çayı	<i>Dina apathyi</i>	56	2,5
	Uluatır Çayı	<i>Dina apathyi</i>	16	0,8
Nurdağı	Sarayburnu Çayı	<i>Dina apathyi</i>	8	0,3
Nurdağı	Nogaylar Deresi	<i>Dina apathyi</i>	84	2,8
Oğuzeli	Karpuzatan Deresi	<i>Dina apathyi</i>	40	2
	Kırkgöz suyu	<i>Dina apathyi</i>	8	0,8
Şehitkamil	Akçagöze Gölü	<i>Hirudo sulukii</i>	21	1,2
	Sülüklü Göl	<i>Hirudo sulukii</i>	266	7,6
KİLİS				
Musabeyli	Yedigöz Göleti	<i>Dina apathyi</i>	20	0,25

Tablo 3. Devamı

Table 3. Continued

İlçe	Sulak Alan Adı	Sülük Türü	Birim Zamanda Toplanan Sülük Sayısı (Sülük/Saat/Kişi)	Birim Alanda Sülük Sayısı (adet/m ²)
MARDİN				
Nusaybin	Beyaz su	<i>Dina apathyi</i>	59	3,6
		<i>Dina sp.</i>	13	0,3
Savur	Savur Çayı	<i>Dina apathyi</i>	58	2,9
	Sürgücü Çayı	<i>Dina apathyi</i>	60	3,8
ŞANLIURFA				
Birecik	Bentbahçesi Çayı	<i>Dina apathyi</i>	60	3
	Mağaralı Çayı	<i>Dina apathyi</i>	40	2,66
Siverek	Doğukent Çayı	<i>Dina apathyi</i>	104	3,46

2- *Dina apathyi* Gedroye, 1916

Vücudu dorso-ventral hafif yassılaşılmış olup ovalimsi bir yapıdadır. Uzunluğu $29,63 \pm 12,59$ mm (10-66 mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $1,94 \pm 0,87$ mm (1,0-4,0 mm) olarak ölçülmüştür. Sülüğün ortalama ağırlığı $87,62 \pm 101,54$ mg (10-190 mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmenin çapı $0,77 \pm 0,32$ mm (0,30-1,90 mm) ve posterior çekmenin çapı ise $1,43 \pm 0,47$ mm (0,30-2,40 mm) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Renkleri koyu olup gri, grimsi-siyah veya kahverengidir. Ağız bütün anterior çekmeni kaplayacak şekilde geniştir. Bu sülükte proboskis yoktur. İki çift labial iki çift bukkal olmak üzere dört çift göze sahiptir ve gözler arasında iki halka vardır. Vücut segmentleri eşit uzunlukta olan beş halkadan meydana gelmiştir. Erkek ve dişi genital delik birbirinden iki halkayla ayrılmıştır. Erkek ve dişi genital delikleri içeren segmentler yumurta oluşumu aşamasında vücudun genişliğine göre daha fazla genişlemekte ve bu bölgenin rengi açılmaktadır.

Habitat ve dağılım

Dina apathyi durgun sularda bataklık ve sazlık alanlarda her türlü akarsuyun durgun kısımlarında, toprakla temas eden taş, bitki kalıntıları ve sert cisimlerin alt kısımlarında yer alır. Bu sülük türü bölgede yer alan sulak alanlarda en yaygın bulunan tür olarak belirlemiştir. Söz konusu tür, ilgili çalışma kapsamında sülük tespit edilmiş olan toplam 53 sulak alanın 40'ında bu türün kaydı yapılabilmüş ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yaygın sülük türü olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

3- *Dina sp.*

Bu türün vücudu dorso-ventral hafif yassılaşılmış olup ovalimsi yuvarlağa yakın bir yapıdadır. Küçük yapılı bir sülük türü olup uzunluğu $21,13 \pm 6,10$ mm (10-30 mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $1,96 \pm 0,88$ mm (1,0-3,0 mm) dir. Sülüğün ortalama ağırlığı $43,75 \pm 30,96$ mg (7-110 mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmen $0,66 \pm 0,29$ mm (0,1-1,2

mm) ve posterior çekmen ise $1,19 \pm 0,41$ mm (0,3-1,7 mm) çapındadır (Tablo 2). Renkleri açık kahverengidir. Dört çift göze sahiptir ve gözler arasında iki halka vardır. Vücudun orta kısmında yer alan segmentler 6 halkadan meydana gelmiştir. Erkek ve dişi genital delik birbirinden 2-2,5 halkayla ayrılmıştır. Yapılan morfolojik çalışmada diğer *Dina* türlerinden oldukça farklı bir yapıya sahip olduğu belirlenmiş olup üzerinde detaylı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Habitat ve dağılım

Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan göllerde ve akarsuların durgun kısımlarında, toprakla temas eden taş, bitki kalıntıları ve sert cisimlerin alt kısımlarında yaşamaktadır. İlgili türe söz konusu çalışma kapsamında Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde yer alan Gölbaşı Gölü, Azablı Gölü ile Diyarbakır ili Bismil ilçesi sınırları içerisinde bulunan Dicle nehri ve Mardin ili Nusaybin İlçesinde bulunan Beyazsu Deresi'nde olmak üzere toplam 4 lokalitede tespit edilmiştir (Tablo 3).

4- *Erpobdella octoculata* (Linnaeus, 1758)

Bu sülük türünün vücudu dorso-ventral hafif yassılaşılmış olup uzunluğu $24,22 \pm 5,06$ mm (13-36 mm), vücut genişliği ise $2,25 \pm 0,50$ mm (1,30-3,20 mm) olarak ölçülmüştür. Sülüğün ortalama ağırlığı $44,17 \pm 26,58$ mg (10-110 mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmenin çapı $0,94 \pm 0,27$ mm (0,50-1,50 mm) ve posterior çekmenin çapı ise $1,09 \pm 0,28$ mm (0,70-2,10 mm) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Dört çift göze sahiptir ve gözler arasında iki halka vardır. Vücut hafif yassılaşılmış ovalimsi yapıdadır. Renkleri koyu olup gri, grimsi-kahverengi veya kahverengidir. Vücut üzerinde segmental yerleşmiş olan duyu papillaları beyazımsı olarak enine dizili şekilde sıralanmıştır. Ağız geniştir ve bütün anterior çekmeni kaplamaktadır. Vücut segmentleri eşit uzunlukta olan beş halkadan meydana gelmiştir. Erkek ve dişi genital delik birbirinden üç halkayla ayrılmıştır.

Habitat ve Dağılım

E. octoculata durgun sularda, göllerde, bataklık ve sazlık alanlarda toprakla temas eden taş, bitki kalıntıları ve sert cisimlerin alt kısımlarında yaşamaktadır. Söz konusu türle ilgili çalışma kapsamında Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sadece Adıyaman ili Besni ilçesinde bulunan Keysun-2 Sazlığı, Gölbaşı ilçesinde yer alan Azablı, Gölbaşı ve İneklı Göllerinde olmak üzere toplam 4 lokalitede rastlanılmıştır (Tablo 3).

5- *Erpobdella testacea* (Savigny, 1822)

Vücut dorsa-ventral hafif yassılaştırmış olup, dorsalin orta kısmında birbirine yakın durumda paralel olarak uzanan kahverengi bir çift çizgi yer almaktadır. Vücut uzunluğu $31,00 \pm 12,00$ mm (19-43 mm) genişliği ise $3,83 \pm 0,76$ mm (2,0-3,5 mm)'dir. Sülüğün ortalama ağırlığı $123,33 \pm 58,73$ mg (60-176 mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmenin çapı $1,33 \pm 0,58$ mm (1-2 mm) ve posterior çekmenin çapı ise $2,00 \pm 0,82$ mm (1-3 mm) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Vücut renkleri koyu olup, gri, grimsi-siyah veya kahverengidir. Ağız geniştir ve bütün anterior çekmeni kaplamaktadır. Proboskis yoktur. İki çift labial iki çift bukkal olmak üzere dört çift göze sahiptir. Gözler arasında iki halka vardır. Vücut segmentleri eşit uzunlukta olan beş halkadan meydana gelmiştir. Erkek ve dişi genital delik birbirinden dört halkayla ayrılmıştır.

Habitat ve dağılım

E. testacea göl ve akarsuların durgun kısımlarındaki habitatları tercih etmektedir. Söz konusu tür diğer Erpobdellidlerde olduğu gibi toprakla temas eden taş, bitki kalıntıları ve sert cisimlerin alt kısımlarında yaşamaktadır. Bu tür söz konusu çalışma kapsamında Adıyaman ili Çelikhane ilçesinde bulunan Çat Barajı/Sazlıca Gölünde, Gölbaşı ilçesinde yer alan Gölbaşı ve İneklı Göllerinde ve Diyarbakır ili Ergani ilçesinde yer alan Dicle nehrinde olmak üzere toplam 4 lokalitede belirlenmiştir (Tablo 3).

6- *Erpobdella* sp.

Vücudu dorso-ventral hafif yassılaştırmış olup ovalimsi bir yapıya sahiptir. Uzunluğu $25,55 \pm 6,44$ mm (13-36 mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $1,98 \pm 0,70$ mm (2-4,0 mm) olarak ölçülmüştür. Sülüğün ortalama ağırlığı $83,75 \pm 65,54$ mg (17-157 mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmen $1,33 \pm 0,52$ mm (0,3-1,9 mm) ve posterior çekmen ise $1,22 \pm 0,64$ mm (0,7-2,0 mm) çapındadır (Tablo 2). Vücudun dorsal kısmı açık kahverenginden koyu kahverengiye kadar düz bir yapı göstermektedir. Vücudun yüzeyinde çok küçük duyu papillaları bulunmaktadır. İki çift labial iki çift bukkal olmak üzere dört çift göze sahiptir. Gözler arasında iki halka vardır. Vücut segmentleri eşit uzunlukta olan

beş halkadan meydana gelmiştir. Erkek ve dişi genital delik birbirinden 3-3,5 halkayla ayrılmıştır.

Habitat ve dağılım

İlgili tür durgun sularda bataklık ve sazlık alanlarda toprakla temas eden taş ve sert cisimlerin alt kısımlarında yaşamakta olup, bu çalışmada sadece Adıyaman ili Gölbaşı ilçesi İneklı Gölünde kaydedilebilmiştir (Tablo 3).

7- *Alboglossiphonia heteroclita* (Linnaeus, 1761)

Küçük yapılı sülükler olup, vücut dorsa-ventral yönde yassılaştırmış yaprak şeklinde bir yapıya sahiptir. Vücut uzunluğu $28,04 \pm 0,38$ mm (8,27-32,11 mm), genişliği ise $17,1 \pm 0,43$ mm (11,10-21,05 mm)'dir (Tablo 2). Vücut genellikle açık kahverengi veya kehribar rengine, saydam ve soluk görünümlüdür. Anterior çekmen ventralde yer alıp, vücuttan daha dar ve vücutla az veya çok kaynaşmıştır. Ağızdan dışarı çıkabilen bir faringeal proboskis vardır. Gözler üç çift ve IV-V., segmental olarak yerleşmiş, üçgen şekilde sıralanmıştır olup, bir birini takip etmektedirler. Gözlerin ilk çifti, diğer iki çifte göre birbirine daha yakındır. Erkek ve dişi genital delikler XII. segmentin a1/a2 (28/29. halka) halkalar arasında yerleşmiş olup ortak bir genital delik içine açılır.

Habitat ve dağılım

Alboglossiphonia heteroclita Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan sazlık ve bataklık karakterdeki sulak alanlarda yayılım göstermektedir. Bu sülük türü sadece Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde yer alan Gölbaşı Gölünde belirlenmiştir (Tablo 3). Gölde su kaplumbağalarının bulunması dikkat çekici olarak görülmüştür.

8- *Alboglossiphonia* sp.

Alboglossiphonia sp'nin vücudu dorsoventral yönde yassı olup, yaprak şeklinde bir yapıya sahiptir. Küçük yapılı sülüklerdir. Uzunluğu $25,69 \pm 0,48$ mm (10-32 mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $14,0 \pm 0,33$ mm (11-17 mm) kadardır (Tablo 2). Vücut genellikle açık kahverengi veya yeşilimsi renktedir. Ventral kısmı açık yeşilimsi renktedir. Vücut yüzeyi irili ufaklı duyu papillalarıyla kaplıdır. Anterior ve posterior çekmenler vücutla kaynaşmış olup ağızdan dışarı çıkabilen bir proboskise sahiptir. Gözler üç çifttir. Göz çiftleri birbirine eşit mesafelerde ve paralel konumda yerleşmiştir. Erkek ve dişi genital delikler XI. segmentin a2/a3 (26/27. halka) halkalar arasında yerleşmiş olup ortak bir genital delik içine açılır.

Habitat ve dağılım

Bu sülük türü sadece Adıyaman ili Gölbaşı ilçesinde yer alan Gölbaşı Gölünde belirlenmiştir

(Tablo 3). Gölde su kaplumbağalarının bulunması dikkat çekicidir.

9- *Helobdella stagnalis* (Linnaeus, 1758)

H. stagnalis'in vücudu dorso-ventral yönde yassı olup, yaprak şeklinde bir yapıya sahiptir. Küçük yapılı sülüklerdir. Uzunluğu $9,28 \pm 2,72$ mm ($9,0-11,0$ mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $3,11 \pm 1,65$ mm ($1,0-10,0$ mm) kadardır. Sülüğün ortalama ağırlığı $24,50 \pm 14,22$ mg ($10-60$ mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmenin çapı $0,56 \pm 0,29$ mm ($0,20-1,80$ mm) ve posterior çekmenin çapı ise $1,05 \pm 0,37$ mm ($0,6-2,6$ mm) olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Ağız, anterior çekmenin orta kısmında yer alır. Birbirinden iyi ayrılmış bir çift göz vardır. Genital delikler bir halka ile ayrılmıştır. Vücudun VIII. segmentinin dorsal yüzeyinde kahverengi, boynuzumsu yapıda, kitinoid bir pul (nuchal plate) vardır. Dorsal yüzeyde longitudinal çizgiler yoktur. Altı çift dallanmış crop caecae vardır ve son çifti posterior olarak yerleşmiştir. Posterior çekmende pigmentasyon yoktur.

Habitat ve dağılım

H. stagnalis göl, gölet, bataklık ve sazlık karakterdeki durgun sular ile akarsuların yavaş akıntılı kısımlarındaki taş ve sert cisimlerin alt ve yan kısımlarında yaşamaktadır. Canlı bireyler şeffaf ve oldukça küçük olması ve hareket kabiliyetlerinin de oldukça yavaş olması nedeniyle toplama sırasında çok dikkat edilmesi gerekmektedir. *Helobdella stagnalis* Adıyaman ili Merkez ilçe Batman çayında ve Diyarbakır ili Çermik ilçesi Gürüz Sazlığı ve Yaylacık Gölü, Çınar ilçesi Bayırkonak ve Göksu Göletleri, Dicle ilçesi Dicle Nehri ve Ergani ilçesi Doğanköy Göleti olmak üzere 7 lokalitede tespit edilmiştir (Tablo 3).

10- *Placobdella costata* (Fr. Müller, 1846)

P. costata'nın vücudu dorso-ventral yönde yassı olup, yaprak şeklinde bir yapıya sahiptir. Orta büyüklükteki sülüklerdir. Uzunluğu $18,73 \pm 2,37$ mm ($14,0-24,0$ mm) arasında değişmekte olup, vücut genişliği $9,27 \pm 1,91$ mm ($6,0-14,0$ mm) kadardır. Sülüğün ortalama ağırlığı $62,87 \pm 71,45$ mg ($10-240$ mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmenin çapı $1,24 \pm 0,24$ mm ($0,8-1,6$ mm) ve posterior çekmenin çapı ise $2,18 \pm 0,23$ mm ($1,8-2,6$ mm) olarak belirlendi (Tablo 2). Ağız, anterior çekmenin anterior kenarına yakın olarak yerleşmiştir. Ağızdan dışarı çıkabilen bir faringeal proboskis'e sahiptir. Üçüncü segmentte bir çift göz vardır. Yardımcı gözler yoktur. Gözler birbirine değecek şekilde yakın veya birleşiktir. Erkek ve dişi genital delikler iki halka ile ayrılmıştır. Genellikle vücut yüzeyinde papillalar vardır. Papillalar küçük, pürüzsüz, kubbe şeklinde ve koniktir. Dorsal yüzeyde küçük

papillaların 5-7 longitudinal sırası vardır. Yedi çift crop caecae'ya sahiptir. Anüs posterior çekmene yakındır ve pedisel yoktur.

Habitat ve dağılım

P. costata göl ve gölet karakterdeki durgun sulardaki taş ve sert cisimlerin alt kısımlarında yaşamaktadır. Canlı bireyler taşların altına yaprak şeklinde yapışması, dorsal vücut rengini özellikle koyu renkli cisimlerin rengine uydurması ve hareketsiz davranışı nedeniyle toplama sırasında kendini gizlemeye çalışmaktadır. *P. costata* Diyarbakır ili Çermik ilçesi Kalecik Gölü, Çınar ilçesi Kunreş Göleti ve Ergani ilçesi Doğanköy Göleti olmak üzere toplam 3 lokalitede tespit edilmiştir (Tablo 3). Bu sülük türünün sadece Diyarbakır ilindeki sulak alanlarda dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

11- *Placobdella* sp.

Placobdella sp.'nin vücudu dorsoventral yönde yassı olup, yaprak şeklinde bir yapıya sahiptir. Orta büyüklükteki sülüklerdir. Vücut uzunluğu $18,60 \pm 2,89$ mm ($11-26$ mm) ve genişliği $7,80 \pm 1,14$ mm ($6-10$ mm) kadardır. Sülüğün ortalama ağırlığı $22,30 \pm 6,43$ mg ($10-31$ mg) olarak tartılmıştır. Anterior çekmen $1,16 \pm 0,22$ mm ($0,7-1,5$ mm) ve posterior çekmen ise $2,13 \pm 0,24$ mm ($1,6-2,5$ mm) çapındadır (Tablo 2). Vücut dorsoventral yassıdır. Ağız anterior çekmenin anterior kenarına yakın olarak yerleşmiştir. Bir faringeal proboskis'e sahiptir. Üçüncü segmentte bir çift göz vardır. Gözler birbirinden hafif ayrılmış durumdadır. Erkek ve dişi genital delikler iki halka ile ayrılmıştır. Vücut yüzeyindeki papillalar oldukça belirgindir. Dorsal yüzeyde sağ ve sol lateral kısımlarda üçer adet olmak üzere 6 longitudinal sırası vardır. Dorsal kısmın orta kısmında rengi turuncudan zeytin yeşiline değişen parçalı bir bant bulunmaktadır. Yedi çift crop caecae'ya sahiptir.

Habitat ve dağılım

Placobdella sp. sadece Dicle İlçesi'nin Dicle nehrinin yavaş akan kısımlarında bulunan taş ve sert cisimlerin üzerlerinden toplanmıştır (Tablo 3).

Adıyaman ilinde en fazla yoğunlukta *E. octaculata* (86 sülük/saat/kişi - 4,3 adet/m²) en az yoğunlukta ise *Alboglossiphonia* sp. (5 sülük/saat/kişi - 0,3 adet/m²) belirlendi. Batman ilinde habitatlara göre en az ve en fazla yoğunlukta *D. apathyi* (12-48 sülük/saat/kişi - 0,2-0,6 adet/m²) türü saptandı. Diyarbakır ilinde habitat bazında birim zamana göre en az ve en fazla yoğunlukta *H. stagnalis* (3-400 sülük/saat/kişi), birim alana göre ise en fazla yoğunlukta *H. sulukii* (13,7 adet/m²) tespit edildi. Gaziantep ilinde en fazla yoğunlukta *H. sulukii* (266 sülük/saat/kişi - 7,6 adet/m²) en az

yoğunlukta ise *D. apathyi* (8 sülük/saat/kişi - 0,3 adet/m²) gözlemlendi. Kilis ilinde sadece bir sulak alanda *D. apathyi* (20sülük/saat/kişi - 0,25 adet/m²) türü saptandı. Mardin ilinde en fazla yoğunlukta *D. apathyi* (60 sülük/saat/kişi - 3,8 adet/m²) en az yoğunlukta ise *Dina* sp. (13 sülük/saat/kişi - 0,3 adet/m²) türü belirlendi. Şanlıurfa ilinde habitatlara göre en az ve en fazla yoğunlukta *D. apathyi* (60-104 sülük/saat/kişi - 2,66-3,46 adet/m²) türü tespit edildi (Tablo 3).

Adıyaman ilinde sülük toplanan sulak alanların göl, baraj gölü ve sazlık habitatlarından oluştuğu ve su sıcaklığının 11,9-25,2°C, oksijenin 7,64-8,97 ppm, pH 7,55-8,40, tuzluluğun 0-0,18 ppt ve elektriksel iletkenliğin 239-521 µS/cm aralıklarında olduğu belirlendi. Batman ilinde sülük belirlenen alanların akarsu ve sazlık habitatlarından oluştuğu ve su sıcaklığının 17,9-26,0° C, oksijenin 6,72-7,83 ppm, pH 7,90-8,80, tuzluluğun 0ppt ve elektriksel iletkenliğin 117-744 µS/cm aralıklarında olduğu saptandı. Diyarbakır ilinde sülük belirlenen alanların akarsu, sazlık ve gölet habitatlarından oluştuğu ve su sıcaklığının 8,15-26,3° C, oksijenin 5,98-11,14 ppm, pH 7,14-10, tuzluluğun 0-0,47 ppt ve elektriksel iletkenliğin 127-794 µS/cm aralıklarında olduğu tespit edildi. Gaziantep ilinde sülük belirlenen alanların akarsu ve sazlık habitatlarından oluştuğu ve su sıcaklığının 16,1-23,5° C, oksijenin 7,12-9,99 ppm, pH 7,07-9,43, tuzluluğun 0 ppt ve elektriksel iletkenliğin 122-1402 µS/cm aralıklarında olduğu gözlemlendi. Kilis ilinde sadece bir gölette sülük belirlenmiş olup su sıcaklığı 22,9° C, oksijen 8,45 ppm, pH 8,00, tuzluluk 0,01ppt ve elektriksel iletkenlik ise 552 µS/cm olarak ölçüldü. Mardin ilinde sülük belirlenen alanların akarsu habitatından oluştuğu ve su sıcaklığının 25,2-28,2° C, oksijenin 6,84-8,13 ppm, pH 7,00-9,00, tuzluluğun 0 ppt ve elektriksel iletkenliğin 428-601 µS/cm aralıklarında olduğu saptandı. Şanlıurfa ilinde sülük belirlenen alanların akarsu habitatından oluştuğu ve su sıcaklığının 20,9-25,8° C, oksijenin 6,69-7,12 ppm, pH 7,50-9,20, tuzluluğun 0 ppt ve elektriksel iletkenliğin 295-556 µS/cm aralıklarında olduğu belirlendi (Tablo 4).

Tartışma ve Sonuç

Bu çalışma kapsamında belirlenen *H. sulukii*, *D. apathyi*, *Dina* sp., *E. octoculata*, *E. testacea*, *Erpobdella* sp., *A. heteroclita*, *Alboglossiphonia* sp., *H. stagnalis*, *P. costata* ve *Placobdella* sp. sülük türlerinden *H. sulukii* hariç diğerlerinin tamamı ilk kez bu bölgeden bildirilmiştir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde belirlenmiş olan *H. sulukii* türü 2016 yılında yeni bir tıbbi sülük

türü olarak Adıyaman, Batman ve Gaziantep illerinden belirlenmiş ve bu bölge için endemik bir tür olduğu ve diğer tıbbi sülüklerin bu türden oluştuğunu ortaya koymuştur. Tıbbi sülük *H. sulukii* sadece üç sulak alanda (Karagöl (Adıyaman), Segirkan (Batman) ve Sülüklü Göl (Gaziantep)) bulunmuştur (Saglam vd. 2016). Bu proje kapsamında ise *H. sulukii* türünün daha fazla sulak alana yayıldığı, toplam dokuz sulak alanda yaşadığı tespit edilmiştir. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde belirlenmiş olan *H. sulukii* tıbbi sülük türünün endemik olması ve dünyada sadece bu bölgede yaşıyor olması, bu türün korunması açısından önem taşımaktadır.

Dina apathyi bu çalışma kapsamında Türkiye’den ve Güney Doğu Anadolu Bölgesinden ilk kayıt özelliği taşımaktadır. *D. apathyi*’nin özellikle Doğu ve Kuzey-Doğu Avrupa ile Almanya’da dağılım gösterdiği ancak yaygın olmadığı belirtilmiştir (Grosser 2003; Jueg ve Zettler 2015; Nesemann ve Neubert 1999). Bu çalışmada da türün Güney Doğu Anadolu Bölgesindeki göl, gölet, bataklık ve akarsuların durgun kısımlarında bulunduğu ve en yaygın görülen tür olduğu gözlemlenmiştir.

Türkiye’de yapılmış olan geçmiş çalışmalar (Balık vd. 1999; Duran 2006; Duran vd. 2007; Dügel 2001; Geldiay ve Tareen 1972; Gülen vd. 1998; Kalyoncu 2002; Kalyoncu ve Gülboy 2009; Kalyoncu vd. 2008; Kalyoncu ve Zeybek 2009; 2011; Kazancı vd. 2015; Kazancı vd. 2009; Özbek ve Sarı 2007; Özbek vd. 2008; Ustaoglu vd. 2003; Ustaoglu vd. 1998; Zeybek 2007) *E. octoculata* türünün yaygın olarak sulak habitatlarda bulunduğunu göstermektedir. Bu çalışmayla Güney Doğu Anadolu Bölgesinde de bu türün bulunmuş olması ülke coğrafyasında en yaygın sülük türlerinden biri olduğunu göstermektedir. Ülkemizde olduğu kadar Avrupa’da ve İngiltere’de (Siddall 2002) de *E. octoculata*’nın yaygın olması türün çok geniş bir sıcaklık toleransının bulunduğunu göstermektedir. Orta Avrupa’da bu türün özellikle akarsu habitatlarını daha çok tercih ettiği belirtilmesine (Nesemann ve Neubert 1999) rağmen Güney Doğu Anadolu Bölgesinde göl, bataklık ve sazlık gibi durgun suları tercih ettiği görülmüştür.

E. testacea ülkemizde sınırlı bölgelerde kaydedilmiş olmasına karşın (Geldiay ve Tareen 1972; Kazancı vd. 2015; Kazancı vd. 2009), İtalya ve Yunanistan (Nesemann 1997), Tunus (Ben Ahmed vd. 2015) gibi Akdeniz ülkeleriyle Hırvatistan, Karadağ ve Bosna Hersek (Sket 1968) gibi Avrupa ülkelerinde de kayıt edilmiştir.

Tablo 4. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde sülük belirlenen sulak alanlar ve lokasyonları
Table 4. Wetlands where leeches are identified and their locations in the Southeastern Anatolia Region

İlçe	Köy/Mahalle	Sulak Alan Adı	Habitat	Sıcaklık (°C)	Oksijen(ppm)	pH	Tuzluluk (ppt)	Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	Koordinat
ADIYAMAN									
Besni	Çakırhüyük	Keysun-Tavas Sazlığı	Sazlık	17,5	7,99	7,88	0	521	37°33'55.9"N 37°52'51.3"E
Besni	Çakırhüyük	Keysun-2 Sazlığı	Sazlık	18,1	8,97	7,73	0	519	37°33'32.3"N 37°52'1.1"E
Besni	Üçgöz	Sofraz Sazlığı	Sazlık	18,9	8,34	7,82	0	433	37°37'23.4"N 37°57'34.7"E
Çelikhan	Çelikhan	Çat Baraj/ Sazlıca Gölü	Baraj	11,9	8,98	8,18	0	305	38° 2'46.8"N 38°14'9.6"E
Gerger	Gürgenli	Karagöl	Göl	20,7	8,65	8,40	0	382	37°59'38.2"N 38°48'43.5"E
Gölbaşı	Karaburun	Azaplı Gölü	Göl	14,1	8,57	8,00	0	440	37°45'9.5"N 37°33'19.7"E
Gölbaşı	Merkez	Gölbaşı Gölü	Göl	14,2	7,88	8,38	0	239	37°48'13.5"N 37°38'38.8"E
Gölbaşı	Yeşilova	İnekli Gölü	Göl	14,2	7,58	8,05	0	441	37°41'58.3"N 37°30'11.5"E
Kâhta	Kozağaç	Kozağaç Sazlığı	Sazlık	25,2	7,64	7,55	0,18	314	37°54'23.7"N 38°32'58.7"E
BATMAN									
Merkez	Segirkan	Batman Çayı	Akarsu	23,0	7,24	8,49	0	126,5	37°52'12.8"N 41° 1'4.3"E
Merkez	Yeniköy	Segirkan Sazlığı	Sazlık	26,0	7,52	8,50	0	103	37°52'58.9"N 41° 2'18.9"E
Sason	Kilimli Köy	Kilimli Gölü	Sazlık	18,5	6,72	7,90	0	744	38°19'14.6"N 41°21'24.9"E
Sason	Aykut Ozan	Sason Çayı	Akarsu	17,9	7,83	8,80	0	117	38°20'31.4"N 41°24'39.7"E
DİYARBAKIR									
Bismil	Arıkgöl	Arıkgöl sazlığı	Sazlık	21,1	5,98	7,97	0,34	468	37°50'40.9"N 40°51'58.2"E
Bismil	Korukçu	Dicle Nehri	Akarsu	25,1	8,22	7,97	0	127	37°49'53.6"N 40°44'6.5"E
Bismil	Korukçu	Korukçu Sazlığı	Sazlık	16,4	6,02	8,16	0,47	794	37°50'51.9"N 40°43'28.6"E
Bismil	Çakıllı	Sabun sazlıkları	Sazlık	19,2	6,05	7,68	0,21	493	37°51'37.9"N 40°51'31.5"E
Bismil	Yukarısalat	Yukarısalat Çayı	Akarsu	26,3	10,04	8,81	0,21	436	37°50'9.5"N 40°54'9.2"E
Bismil	Yukarısalat	Yukarısalat Gölü	Sazlık	20,0	6,83	8,16	0,25	471	37°50'44.3"N 40°54'54.6"E
Çermik	Gürüz	Gürüz Sazlığı	Sazlık	21,1	9,51	10,0	0	219	37°59'4.5"N 39°21'29.2"E
Çermik	İncirli	İncili Çayı	Akarsu	23,5	7,12	7,50	0	132	37°57'57.8"N 39°32'22.7"E
Çermik	Kalecik	Kalecik Sazlığı	Sazlık	22,7	10,41	9,00	0	268	38° 6'40.2"N 39°28'48.0"E
Çermik	Yaylacık	Yaylacık Sazlığı	Sazlık	21,0	7,98	8,40	0	382	37°58'52.9"N 39°16'46.4"E
Çınar	Bayırkonak	Bayırkonak Göleti	Gölet	21,8	8,72	9,75	0,08	156,2	37°35'20.6"N 40° 5'29.5"E
Çınar	Bağacık	Göksu Göleti	Gölet	23,8	6,60	7,90	0,07	272,6	37°39'6.6"N 40°27'9.1"E
Çınar	Yeşiltaş	Kunreş Göleti	Gölet	19,9	8,53	9,65	0,08	158,8	37°33'1.1"N 40° 4'26.30"E
Çınar	Halıören	Kunreş Sazlığı	Sazlık	20,0	8,45	8,21	0,02	138,0	37°35'58.7"N 40° 2'47.1"E
Çüngüş	Merkez	Çüngüş Çayı	Akarsu	17,2	11,14	7,14	0,23	397,3	38°12'39.8"N 39°17'20.8"E
Dicle	Merkez	Dicle Nehri	Akarsu	23,8	7,60	7,90	0,07	272,6	37°52'0.9"N 40°13'46.5"E
Eğil	Kaya	Dicle Nehri	Akarsu	16,3	7,77	8,00	0	310,8	38° 9'18.0"N 40°10'23.7"E
Ergani	Boğazköy	Boğazköy Gözesi	Akarsu	16,1	6,83	8,20	0	424	38°15'43.5"N 39°41'28.3"E
Ergani	Değirmendere	Dicle Nehri	Akarsu	13,6	8,15	7,92	0,22	362	38°20'26.3"N 39°41'55.1"E

Tablo 4. Devamı.

Table 4. Continued.

İlçe	Köy/Mahalle	Sulak Alan Adı	Habitat	Sıcaklık (°C)	Oksijen(ppm)	pH	Tuzluluk (ppt)	Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	Koordinat
DİYARBAKIR									
Ergani	Doğanköy	Doğanköy Göleti	Gölet	23,1	9,30	9,40	0	280	38° 0'9.7"N 39°48'50.6"E
Merkez	Gazi Köşkü	Dicle Nehri	Akarsu	21,5	7,84	8,10	0,20	393,6	37°53'33.6"N 40°13'51.1"E
GAZİANTEP									
Araban	Merkez	Karasu Çayı	Akarsu	20,4	9,21	8,36	0	435	37°24'46.5"N 37°37'49.9"E
Merkez	Alleben	Alleben Deresi	Akarsu	20,6	7,12	8,25	0	231	37°3'48.4"N 37°21'59.7"E
Merkez	Yurtbağı	Yurtbağı-Merç Deresi	Akarsu	16,7	7,12	7,87	0	969	36°51'40.3"N 38° 0'16.5"E
Nizip	Suboyu	Fırat Nehri	Akarsu	17,5	9,21	8,89	0	452	37° 0'53.1"N 37°57'47.9"E
Nizip	Merkez	Nizip Çayı	Akarsu	18,7	7,65	7,95	0	1402	36°59'24.7"N 37°47'7.3"E
Nizip	Uluyatır	Uluyatır Çayı	Akarsu	17,6	9,62	9,43	0	533	36°57'57.1"N 37°41'47.4"E
Nurdağı	Gedikli	Nogaylar Deresi	Akarsu	22,3	7,67	8,50	0	189	37°13'41.6"N 36°52'4.9"E
Nurdağı	Merkez	Sarayburnu Çayı	Akarsu	23,5	8,01	9,24	0	349	37°10'10.7"N 36°45'6.6"E
Oğuzeli	Karpuzatan	Karpuzatan Deresi	Akarsu	17,3	7,89	7,07	0	688	36°57'50.6"N 37°30'37.8"E
Oğuzeli	Şahinbey	Kırgöz suyu	Akarsu	16,5	7,94	7,78	0	646	36°56'51.8"N 37°26'53.8"E
Şehitkâmil	Akçagöze	Akçagöze Sazlığı	Sazlık	17,0	7,81	7,45	0	122	37°15'55.5"N 37°19'23.5"E
Şehitkâmil	Sülüklü	Sülüklü Göl	Sazlık	16,1	9,99	9,14	0	189	37°18'11.8"N 37°14'52.8"E
KİLİS									
Musabeyli	Yedigöz	Yedigöz Göleti	Gölet	22,9	8,45	8,00	0,01	552	36°50'59.6"N 36°49'24.3"E
MARDİN									
Nusaybin	Düzce	Beyazsu Çayı	Akarsu	28,2	6,84	7,00	0	453	37°12'51.7"N 41°19'24.1"E
Savur	Başkavak	Savur Çayı	Akarsu	27,8	7,42	7,45	0	428	37°34'3.8"N 40°53'22.9"E
Savur	Sürgücü	Sürgücü Çayı	Akarsu	25,2	8,13	8,00	0	601	37°35'24.8"N 40°43'22.6"E
ŞANLIURFA									
Birecik	Bentbahçesi	Bentbahçesi Çayı	Akarsu	20,9	7,12	7,50	0	499	37° 1'12.7"N 38° 0'52.6"E
Siverek	Doğukent	Doğukent Çayı	Akarsu	25,8	7,03	9,20	0	295	37°31'11.9"N 39°42'42.8"E
Birecik	Mağaralı	Mağaralı Çayı	Akarsu	23,5	6,69	7,60	0	556	36°57'33.4"N 38° 3'28.3"E

A. heteroclita Türkiye'nin batı bölgelerinde sinonim adı olan *G. heteroclita* olarak iki lokaliteden kaydedilmiş (Dügel 2001; Karaşahin 1998), olmasına karşın bu makale kapsamında ülkenin Güney Doğu bölgelerinde de dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu parazit türü dünyanın çeşitli bölgelerinde belirlenmekle beraber Almanya'da (Jueg ve Michalik 2018), Sırbistan'da (Grosser vd. 2014) dağılım gösterdiği belirtilmiştir. Ayrıca bu türün Fas, Türkiye ve kuzey Hindistan'da da yaygın bir tür olduğu belirtilmiştir (Nesemann vd. 2003).

H. stagnalis Türkiye coğrafyasında en fazla belirlenen sülük türlerinden biri olma özelliği taşımaktadır. Hemen hemen tüm coğrafik bölgelerde görüldüğü gibi değişik habitatlarda da yaşam alanı bulabilmektedir (Artüz 1997; Balık vd. 1999; Ceylan 2002; Demiroğlu ve Mısırlıoğlu 2010; Duran 2006; Duran vd. 2007; Dügel 2001; Geldiay ve Tareen 1972; Kalyoncu 2002; Kalyoncu ve Gülboy 2009; Kalyoncu vd. 2008; Kalyoncu ve Zeybek 2009; 2011; Karaşahin 1998; Kazancı vd. 2015; Kazancı vd. 2009; Özbek ve Sarı 2007; Özbek vd. 2008; Sağlam ve Dorucu 2002; Ustaoglu vd. 2003; Ustaoglu vd. 1998; Zeybek 2007). Bu çalışmayla Güney Doğu Anadolu Bölgesindeki sulak alanlarda da *H. stagnalis* türünün dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Bu sülük türünün Adıyaman ilindeki tek lokalite dışında özellikle Diyarbakır ilindeki sulak alanlarda dağılım gösterdiği saptanmıştır. Moleküler bir çalışmada *H. stagnalis*'in Diyarbakır ilinde bulunduğu ayrıca dünya çapında dağılım gösterdiği belirtilmiştir (Sağlam vd. 2018).

P. costata, tatlı su kaplumbağalarında geçici bir ektoparazit olarak tanımlanmıştır (Bielecki vd. 2012; Fediras vd. 2017; Marrone vd. 2016; Mishra ve Gonzalez 1978). Ancak bu çalışmada bu tür sulak alanlarda bulunan taş gibi sert cisimlerin üzerinde serbest yaşam formundayken toplanmıştır. Türkiye'de Batı Karadeniz Bölgesi (Özbek ve Sarı 2007) Eskişehir (Demiroğlu ve Mısırlıoğlu 2010) ve Elazığ (Sağlam 2001) sulak alanlarında belirlenmiştir. *P. costata*, Almanya, Azerbaycan, Beyaz Rusya, Bosna Hersek, Bulgaristan, Cezayir, Estonya, Hırvatistan, Hollanda, İber Yarımadası, İngiltere, İran, İspanya, İtalya, Letonya, Litvanya, Macaristan, Makedonya, Moldova, Polonya, Romanya, Rusya, Sicilya, Slovakya, Slovenya, Ukrayna ve Yunanistan gibi ülkelerde de yaşadığı saptanmıştır (Farzali ve Sağlam 2020). Bu çalışma kapsamında ise Diyarbakır ilindeki farklı üç lokaliteden kaydı sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında belirlenmiş olan *Alboglossiphonia* sp., *Dina* sp., *Erpobdella* sp. ve

Placobdella sp. olarak verilmiş olan türler morfolojik olarak genus düzeyinde teşhis edilmiş olmasına rağmen tür düzeyinde tespitleri sağlanamamıştır. Bölgeden toplanmış olan bu türlere ait örnekler üzerinde daha detaylı çalışmaların yapılması ve moleküler DNA teknikleriyle çalışmaların desteklenmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından TAGEM/HAYSUD/12.01.03.01 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akyıldız GK. 2008. Denizli İli Sınırlarındaki Büyük Menderes Nehri ve Yan Kolu Çürüksu Çayı'nın Su Kalitesinin Belirlenmesi. [Denizli]: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 127.
- Artüz ML. 1997. The preliminary biological work of catching areas of leeches (*Hirudo medicinalis*, Linnaeus, 1758) in Turkey. İstanbul: Kerevitaş Gıda San. ve Tic. A.Ş.
- Balık S, Ustaoglu MR, Sarı HM. 1999. First Observations on the Fauna of the Rivers in Northern Aegean Region. E. U. Su Ürünleri Fakültesi Dergisi 16(3-4):289-299.
- Balık S, Ustaoglu MR, Sarı HM, Ozdemir Mis D, Aygen C, Taşdemir A, Yıldız S, Topkara ET, Sömek H, Özbek M, İlhan A. 2006. A preliminary study on the biological diversity of Bozalan Lake (Menemen-İzmir). E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Science 23:291-294.
- Ben Ahmed R, Romdhane Y, Tekaya S. 2015. Checklist and Distribution of Marine and freshwater leeches (Annelida, Clitellata, Hirudinea) in Tunisia with identification key. Ecologica Montenegrina 2(1):3-19. doi: 10.37828/em.2015.2.1.
- Bielecki A, Cichocka JM, Jablonski A, Jelen I, Ropelewski E, Biedunkiewicz A, Terlecki J, Nowakowski JJ, Pakulnicka J, Szlachciak J. 2012. Coexistence of *Placobdella costata* (Fr. Muller, 1846) (Hirudinida: Glossiphoniidae) and mud turtle *Emys orbicularis*. Biologia 67(4):731-738. doi: 10.2478/s11756-012-0069-y.
- Ceylan M. 2002. Çapalı Gölü (Dinar-Afyon) Balıklarının Parazitolojik Yönünden İncelenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. [İsparta]: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 54.
- Ceylan M, Erbatur İ, Küçükkara R, Akçimen U, Bulut C, Savaşer S, Cilbiz M, Meke T, Çınar Ş, Kara D, Sağlam N. Status of the Medicinal Leech Populations in Lakes Region of Turkey. In: Polat M, editor. 1st International Health Sciences and Life Congress, 02-05 May 2018. Burdur, Turkey: Mehmet Akif Ersoy University. p. 570-571.

- Ceylan M, Yağcı A, Akçimen U, Bilgin F, Gökçinar NC, Çınar Ş. 2014. Kovada Kanalı'nda (Egirdir-Isparta) Yasayan Balıkların Sülük (Hirudinea) Parazitleri Yönünden İncelenmesi. Yunus Araştırma Bülteni 2014(4).
doi: 10.17693/yunusae.v2014i21954.235726.
- Demiroğlu G, Mısırlıoğlu M. 2010. Eskişehir ve Civarı Hirudinea Faunası Üzerine Bir Ön Araştırma. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 9(17):19-25.
- Demirsoy A, Akbulut A, Durmus Y, Calskan M, Akbulut NE. 2005. Türkiye'deki Tıbbi Sülüğün (*Hirudo medicinalis*) Populasyon Durumunun İzlenmesi. Ankara.
- Deveciyan K. 1915. Türkiye'de Balık ve Balıkçılık. İstanbul: Aras Yayıncılık. p. 574.
- Duran M. 2006. Field experiment on drift and colonization of benthic macroinvertebrate in Gökpinar stream (Denizli, Turkey). Pak J Biol Sci (9):493-496.
doi: 10.3923/pjbs.2006.493.496.
- Duran M, Akyıldız GK. 2011. Evaluating Benthic Macroinvertebrate Fauna and Water Quality of Suleymanli Lake (Buldan-Denizli) in Turkey. Acta Zool Bulgar 63:169-178.
- Duran M, Akyıldız GK, Özdemir A. 2007. Gökpinar Çayı'nın Büyük Omurgasız Faunası ve Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. Türk Sucul Yaşam Dergisi 5:577-583.
- Dügel M. 2001. Büyük Menderes Nehri'nin Su Kalitesinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi. [Ankara]: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 130.
- Elliott JM, Mann KH. 1979. A Key to the British Freshwater Leeches with Notes on Their Life-cycles and Ecology (Scientific Publications) State Mutual Book & Periodical Service, Limited. p. 72.
- Farzali S, Sağlam N. 2020. The status of the leech fauna (Annelida, Hirudinea) at the eastern region of Azerbaijan. Journal of Wildlife and Biodiversity 4(4):40-52.
doi: 10.22120/jwb.2020.127647.1141.
- Fediras S, Rouag R, Ziane N, Olivier A, Béchet A, Benyacoub S. 2017. Prevalence of *Placobdella costata* (Fr. Müller, 1846) (Hirudinida: Glossiphoniidae) on the European pond turtle (*Emys orbicularis*) in the North-East of Algeria. Herpetology Notes 10:3-8.
- Geldiay R. 1949. Çubuk Barajı ve Emir Gölünün Makro ve Mikro Faunasının Mukayeseli İncelenmesi. Ankara Üniv. Fen Fak. Mecm. 2:106.
- Geldiay R, Tareen IU. 1972. Bottom Fauna of Gölcük Lake. 1. Population Study of Chironomids, Chaoborus and Oligochaeta. Rep. No: 137. Scientific reports of the Faculty of Science, Ege University:15.
- Govedich FR, Bain BA, Moser WE, Gelder SR, Davies RW, Brinkhurst RO. 2010. Annelida (Clitellata) Oligochaeta, Branchiobdellida, Hirudinida, and Acanthobdellida. In: Thorp JH, Covich AP, editors. Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrate. Third Edition ed. San Diego, CA: Academic Press / Elsevier. p. 385-436.
- Grosser C. 2003. First record *Dina apathyi* (Hirudinea: Erpobdellidae) in Germany. Lauterbornia 47:57-63.
- Grosser C, Pešić V, Lazarević P. 2014. A checklist of the leeches (Annelida: Hirudinida) of Serbia, with new records. Fauna Balkana 3:71-86.
- Gülen D, Altınışıl S, Kubanç C, Kılıç M. 1998. Tıbbi Sülükler Basta Olmak Üzere Türkiye Hirudinea Faunasının Tespiti. Ankara.
- Jueg U, Michalik P. 2018. Lost and found – Fritz Müller's type material of *Glossiphonia verrucata* (Fr. Müller, 1844) (Hirudinida, Glossiphoniidae) with notes on the leech fauna of lake Tegel in Berlin (Germany). Evol Syst 2(2):163-168.
doi: 10.3897/evolsyst.2.30793.
- Jueg U, Zettler ML. 2015. Distribution and ecology of leeches (Hirudinea) in brackish waters of the German Baltic. Ecologica Montenegrina 2(1):42-50.
doi: 10.37828/em.2015.2.4.
- Kalyoncu H. 2002. Aksu Çayı'nın Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Olarak İncelenmesi [Doktora Tezi]. [Isparta]: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 155.
- Kalyoncu H, Gülboy H. 2009. Benthic Macroinvertebrates from Darıören and Isparta Streams (Isparta/ Turkey) – Biotic Indices and Multivariate Analysis. J Appl Biol Sci 3:79-86.
- Kalyoncu H, Yorulmaz B, Barlas M, Yıldırım MZ, Zeybek M. 2008. Aksu Çayı'nın Su Kalitesi ve Fizikokimyasal Parametrelerinin Makroomurgasız Çeşitliliği Üzerine Etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi 20:23-33.
- Kalyoncu H, Zeybek M. 2009. Ağlasun ve Isparta Derelerinin Bentik Faunası ve Su Kalitesinin Fizikokimyasal Parametrelere ve Belçika Biyotik İndeksine Göre Belirlenmesi. Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 2:41-48.
- Kalyoncu H, Zeybek M. 2011. An Application of Different Biotic and Diversity Indices for Assessing Water Quality: A case study in the Rivers Çukurca and Isparta (Turkey). African Journal of Agricultural Research 6:19-27.
- Karavaşın S. 1998. Kovada Gölü ve Kanalı Bentik Faunası Üzerinde Bir Araştırma. [Isparta]: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 123.
- Kasperek M, Demirsoy A, Akbulut A, Akbulut N, Caliskan M, Durmus Y. 2000. Distribution and status of the medicinal leech (*Hirudo medicinalis* L.) in Turkey. Hydrobiologia 441(1-3):37-44.
- Kazancı N, Ekingen P, Dügel M, Turkmen G. 2015. Hirudinea (Annelida) species and their ecological preferences in some running waters and lakes. International Journal of Environmental Science and Technology 12(3):1087-1096.
doi: 10.1007/s13762-014-0574-3.
- Kazancı N, Ekingen P, Turkmen G. 2009. A study on Hirudinea fauna of Turkey and habitat quality of the species. Review of Hydrobiology 1:81-95.

- Kazancı N, Reiner- Hartmut P, Neubert E, Izbırak A. 1992. On the limnology of Lake Köycegiz (SW Anatolia). *Zool Middle East* 6(1):109-126.
- Klemm DJ. 1982. Leeches (Annelida: Hirudinea) of North America. Environmental Monitoring and Support Laboratory. Cincinnati, OH 45268. EPA-600/3-82-025: U.S. Environmental Protection Agency.
- Marrone F, Sacco F, Kehlmaier C, Arizza V, Arculeo M. 2016. Some like it cold: the glossiphoniid parasites of the Sicilian endemic pond turtle *Emys trinacris* (Testudines, Emydidae), an example of 'parasite inertia'? *J Zool Syst Evol Res* 54(1):60-66. doi: 10.1111/jzs.12117.
- Minelli A. 1978. *Dina vignai* n. sp., a new cave leech from Turkey. *Quaderni Di Speleologia, Circolo Speleol. Romano* 3:9-14.
- Mishra GS, Gonzalez JP. 1978. Parasites of fresh water turtles in Tunisia. *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis* 55(3):303-326.
- Nesemann H. 1997. Egel und Kriebsegel (Clitellata: Hirudinea, Branchiobdellida) Österreichs [leeches and branchiobdellidans (Clitellata: Hirudinea, Branchiobdellida) of Austria]. Rankweil: Ersten Voralberger Malakologischen Gesellschaft.
- Nesemann H, Neubert E. 1999. Annelida: Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea. Heidelberg, Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.
- Nesemann H, Sharma G, Sinha RK. 2003. Aquatic Annelida (Polychaeta, Oligochaeta, Hirudinea) of the Ganga River and adjacent water bodies in Patna (India: Bihar), with description of a new leech species (Family Salifidae). *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien* 105:139-187.
- Özbek M, Sarı HM. 2007. Hirudinea (Annelida) fauna of some lakes located in western Black Sea Region. *E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Science* 24:83-88.
- Özbek M, Sarı HM, Balık S, Ustaoglu MR. 2008. Batı Toros Dağları Üzerindeki Göllerin Hirudinea (Annelida) Faunası. *E. Ü. Su Ürünleri Dergisi* 25:315-317.
- Saglam N. 2001. First record of the leech *Placobdella costata* (Hirudinoidea: Glossiphoniidae) in Turkey. *Zool Middle East* 23:113-118
- Saglam N. 2004. Tatlısu ve Deniz Sülükleri Tanı Anahtarı. Elazığ: Fırat Üniversitesi Basım Evi. p. 38.
- Saglam N, Dorucu M. 2002. Observations on the ecology of the freshwater leech *Helobdella stagnalis* (Hirudinoidea: Glossiphoniidae), new for Turkey. *Zool Middle East* 25:115-120
- Saglam N, Dorucu M, Ozdemir Y, Seker E, Sarieyyupoglu M. 2008. Distribution and economic importance of medicinal leech, *Hirudo medicinalis* (Linnaeus, 1758) in Eastern Anatolia/Turkey. *Lauterbornia* 65:105-118.
- Saglam N, Kutschera U, Saunders R, Saidel WM, Balombini KLW, Shain DH. 2018. Phylogenetic and morphological resolution of the *Helobdella stagnalis* species-complex (Annelida: Clitellata: Hirudinea). *Zootaxa* 4403(1):61-86. doi: 10.11646/zootaxa.4403.1.3.
- Saglam N, Saunders R, Lang SA, Shain DH. 2016. A new species of *Hirudo* (Annelida: Hirudinidae): historical biogeography of Eurasian medicinal leeches. *BMC Zoology* 1(5):1-12. doi: 10.1186/s40850-016-0002-x.
- Saglam N. 2011. Bazı tıbbi sülüklerin (*Hirudo medicinalis* L. 1758 ve *Hirudo verbana* Carena, 1820) ihracatı, korunması ve sürdürülebilirliği. *Journal of Fisheries Sciences* 5:1-15. doi: 10.3153/jfscm.2011001.
- Sawyer RT. 1986. Leech Biology and Behavior. United Kingdom: Clarendon Press, Oxford.
- Siddall ME. 2002. Phylogeny of the leech family Erpobdellidae (Hirudinida : Oligochaeta). *Invertebr Syst* 16:1-6.
- Siddall ME, Trontelj P, Utevsky SY, Nkamany M, Macdonald KS. 2007. Diverse molecular data demonstrate that commercially available medicinal leeches are not *Hirudo medicinalis*. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 274(1617):1481-1487. doi: 10.1098/rspb.2007.0248.
- Sket B. 1968. Zur Kenntnis der Egel-Fauna (Hirudinea) Jugoslawiens. *Academia Scientiarum et Artium Slovenica Classis IV: Historia Naturalis et Medicina*, Diss 9(4):127-197.
- Ustaoglu MR, Balık S, Özbek M, Sarı HM. 2003. The freshwater leeches (Annelida: Hirudinea) of the Gediz catchment area (Izmir region). *Zool Middle East* 29:118-120.
- Ustaoglu MR, Balık S, Sari HM, Özbek M. 1998. The Hirudinea fauna of Tahtali Dam Lake Basen Tahtalı (Gümüldür - Izmir). *E. U. Su Ürünleri Dergisi* 15(1-2):111-116.
- Zeybek M. 2007. Çukurca Dere ve Isparta Deresi'nin Su Kalitesinin Makrozoobentik Organizmalara Göre Belirlenmesi. [Isparta]: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. p. 100.



Do Dietary Synbiotics Modulate Growth Performance and Haematological Properties of Tilapia, *Oreochromis niloticus*?

Farjana AFROSE¹ , Md. Rashedul ISLAM¹ , Shamima NASREN¹ , Mohammad Amzad HOSSAIN^{1*}
Mohammed Mahbub IQBAL¹

¹ Department of Fish Biology and Genetics, Faculty of Fisheries, Sylhet Agricultural University, Sylhet-3100, Bangladesh

ABSTRACT

A 60-day long aquarium trial was conducted in laboratory condition to assess the growth performance of tilapia *Oreochromis niloticus* fed with various types of synbiotic diets. Twenty-five homogenous fry were randomly assigned into four different treatments with three replications. Fish were fed with experimental diets containing 0.3% probiotic (PBO)+1.5% molasses, 0.3% PBO+1.5% yeast and 0.3% PBO+1.5% sugar and marked as T₁ T₄ (control), T₂, T₃ and T₄ and fish in control were fed with commercial diet. Length and weight were recorded every 10 days and at the end of the trial blood samples were extracted for haematological analysis. The T₄ group showed significantly higher growth performance among the treatments and differences between T₁ and T₂ were found as non-significant ($P < 0.05$). Again, significantly superior Specific Growth Rate (SGR %) was found in T₄ and non-significant differences detected between T₂ and T₃ as well ($P > 0.05$). Haematological analysis showed significant changes among the treatments for hemoglobin, Red Blood Cell (RBC) count and White Blood Cell (WBC) count ($P > 0.05$). All treatments showed better growth performance in contrast to the control group. Finally, present results indicate that synbiotics might increase the growth performances, haematological indices and health condition in *O. niloticus*.

Keywords: Synbiotics, probiotics, growth performance, haematological properties, *O. niloticus*

ARTICLE INFO

REVIEW

Received : 07.01.2021

Revised : 01.07.2021

Accepted : 21.09.2021

Published : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.855306

* CORRESPONDING AUTHOR

mamzad.fbg@sau.ac.bd

Phone : +880 172 4882492

Fax : +880 821 762181

How to Cite

Afroze F, Islam MDR, Nasren S, Hossain MA, Iqbal MM. 2021. Do Dietary Synbiotics Modulate Growth Performance and Haematological Properties of Tilapia, *Oreochromis niloticus*? LimnoFish. 8(2): 131-139. doi: 10.17216/LimnoFish.855306

Introduction

Tilapia, *Oreochromis niloticus* is deemed as one of the most promising species for commercial aquaculture all over the world (Akter et al. 2019; Goda et al. 2012). This fish shows good physical and environmental adaptability, greater relative resistance to handling stress, diseases, captivity and at the same time not compromising its flesh quality and growth (Alam et al. 2014; Das et al. 2019; Welker and Lim 2011). Growth performance of fish mostly depends on several biotic and abiotic factors as well as on the feed fed to the fish (Burel et al. 1996; Hossain et al. 2017). The rapid expansion of commercial Tilapia culture requires stable diets for better growth and physiological performance (Goda et al. 2012; Hasan et al. 2021).

More than 50% of the modern intensive aquaculture costs are based on feed costs (Ibrahim et

al. 2010), consequently reduction in feed costs without affecting growth and flesh quality is now getting concern (Francis et al. 2005). In recent day aquaculture interest in probiotics has raised which helps in reduction of mortality rate (Denev et al. 2009; El-Haroun et al. 2006), improved the ability to antagonism in water body (Denev et al. 2009; Panigrahi et al. 2005) and rectify better fish growth and immune responses (Goda et al. 2012). Probiotics are gut microbial elements which positively affect the host through stimulating the growth and acting on pathogenic bacteria (Ibrahim et al. 2010). The prebiotics are efficient in modification of gut intestinal microbial community, provide better nonspecific immune responses for protection (Bailey et al. 1991), boost up fermentation processes of digestive products (Smiricky-Tjardes et al. 2003), offer better mineral reception by body (Bongers and

van den Heuvel 2003) and improve disease resistance (Bailey et al. 1991). The use of synbiotics i.e., both probiotics and prebiotics would be a revolutionary development leading to the formulation technique of modern aquatic feed industry (Dawood et al. 2020). Synbiotics are also termed as functional additives in diets formulated by combining probiotics and prebiotics (Hoseinifar et al. 2015). In spite of the short history of use of the synbiotics, they attracted great attention due to their synergistic effects (Dawood et al. 2018).

Materials and Methods

Designing The Experiment, Diet Preparation And Duration Of The Trial

The duration of this study was 60 days. During the experiment, rectangular shaped aquariums sized 30" × 15" × 15" were stocked by twelve fish fry each. Each aquarium was facilitated with aerator for ensuring the proper dissolved oxygen in the water. Electricity supply was facilitated from the electricity

facility of the laboratory. A commercial tilapia fish diet (Quality fish feed) was used as a basal diet. The nutritional arrangement of the basal diet was recorded as Carbohydrate 25%, Protein 40%, Lipid 6%, Ash 10%, Fiber 5%, Moisture 11%, and Minerals 3%. Four experimental diets were prepared by adding different amounts of molasses/ yeast/ sugar along with commercial probiotic *Aquastar grow-out* (Manufactured by Renata Animal Health) to the basal diet at a level of 0% (T₁ control), 1.5% molasses and 0.3% probiotic (T₂), 1.5% yeast and 0.3% probiotic (T₃) and 1.5% sugar along with 0.3% probiotic (T₄) (Table 1). After the acclimatization of tilapia fry to the laboratory condition, homogeneous sized fry were sorted and each of the experimental glass aquarium which were stocked with 25 fries following completely randomized design. Fish were fed thrice a day with high protein commercial powder feed at a rate of 5% body weight. Uneaten feed was removed through siphoning with 50% water renewal at two days interval.

Table 1. Design of the experiments and dosage

Treatment	Dose of Synbiotics	Feed Fed (% body weight)	Stocking Density	Replication
T ₁ (control)	0%	5%	25	3
T ₂	0.3% probiotic +1.5% molasses	5%	25	3
T ₃	0.3% probiotic +1.5% yeast	5%	25	3
T ₄	0.3% probiotic +1.5% sugar	5%	25	3

Sampling Fish And Observing Water Quality Parameters

The water parameters were monitored before using and during using the tap water in aquaria. The water temperature, pH, dissolved oxygen (mg/l), NH₃ (mg/l) were measured using thermometer, pH meter (Hanna Instrumental, manufactured in Japan), DO meter (YSI 58), Ammonia test kit (Model HI 3824, Hanna Instrumental Company, Japan) respectively. Fish were sampled every 10 days in the study during the 60 days period. Weight and length were measured through the numeral balance (CAMRY, EK 3052) and a scale tape, respectively.

Collection And Analysis Of Blood Samples

Following the completion of the trial, fish were left starving overnight and sedated with eugenol at 50 mg/L before sampling blood. A 1 ml hypodermal syringes were used for the collection of blood from the fish. Blood was extracted from the caudal vein of five and transferred to EDTA tube immediately to avoid coagulation of the blood. Blood parameters were analyzed in central laboratory of Veterinary,

Animal and Biomedical Sciences faculty by using CBC analyzer.

Tools of growth parameters

Different growth parameters were calculated by using the mathematical terminologies from the previous description of Panase and Mengumphan, (2015), Pechsiri and Yakupitiyage, (2005) and Olvera-Novoa et al. (1990).

$$WG = MVFW - MVIW$$

(WG = Weight Gain, MVFW = Mean Value Of Final Weight, MVIW = Mean Value Of Initial Weight)

$$WG(\%) = (W2 - W1)/W1 * 100$$

(W2 = Final Weight Of Fish, W1 = Initial Weight of fish)

$$SGR(\%) = (W2 - W1)/(T2 - T1)$$

(SGR = Specific Growth Rate, T2, T1 = Duration in days)

$$LG = L2 - L1$$

(LG = Length gain, L2 = Mean Value Of Final Length, L1 = Mean Value Of Initial Length)

$$LG(\%) = (L2 - L1) / L1 * 100$$

$$DWG = (MVFM - MVIW) / T3$$

(DWG = Avarage Daily Weight Gain, T3 = Duration Of Experiment In Days)

$$DLG = (L2 - L1) / T3$$

(DLG = Avarage Daily Length Gain)

The values of Fulton's condition factor (K) was estimated by plotting length weight data on the following equation adopted from Htun-Han, (1978).

$$K = (W * 100) / L^3$$

Statistical Analysis

The analysis of different growth and blood parameters were performed by using one-way

analysis of variance (ANOVA) at $P < 0.05$ in IBM SPSS program version 26.

Results

Regular monitoring of physicochemical parameters during the experimental period was done to maintain the suitable growth performance of Tilapia. The temperature, pH, dissolved oxygen and NH_3 were monitored regularly and recorded. Results showed that the water qualities were suitable for the development of Tilapia (Table 2).

Table 2. Mean values of water quality parameters

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Temperature (°C)	26.13±1.08 ^a	26.17±1.12 ^a	26.37±0.71 ^a	26.15±1.09 ^a
Dissolved Oxygen (mg/L)	5.49±0.20 ^a	5.53±0.21 ^a	5.55±0.17 ^a	5.47±0.15 ^a
pH	7.19±0.03 ^a	7.2±0.05 ^a	7.21±0.06 ^a	7.18±0.04 ^a
NH₃ (mg/L)	0.014±0.00 ^a	0.012±0.00 ^a	0.014±0.00 ^a	0.013±0.00 ^a

The growth parameters were measured at the intervals of 10 days. The highest mean weight gain was observed in T₄ (17.76±0.55 gm) followed by T₃ (11.42±0.73 gm) and T₂ (9.03±0.42 gm). The lowest mean weight gain was observed in T₁ treatment 78.53±0.48 gm (Table 3). Results demonstrated that the weight gain of the sugar group rose significantly among treatments whereas the weight gain decreased in the yeast group which was significantly better than control and molasses groups ($P < 0.05$). No significant variations were found between the control and molasses groups ($P > 0.05$). The mean percentage weight gain was found maximum in T₄ treatment 1531.07±83.84 which was followed by T₃ (681.73±16.97) and T₂ (585.46±23.87) (Table 3). Mean specific growth rate (%) in T₄ was found maximum 2.64±0.12 and it was followed by T₃ (1.73± 0.07) and T₂ (1.63±0.09) (Figure 1).

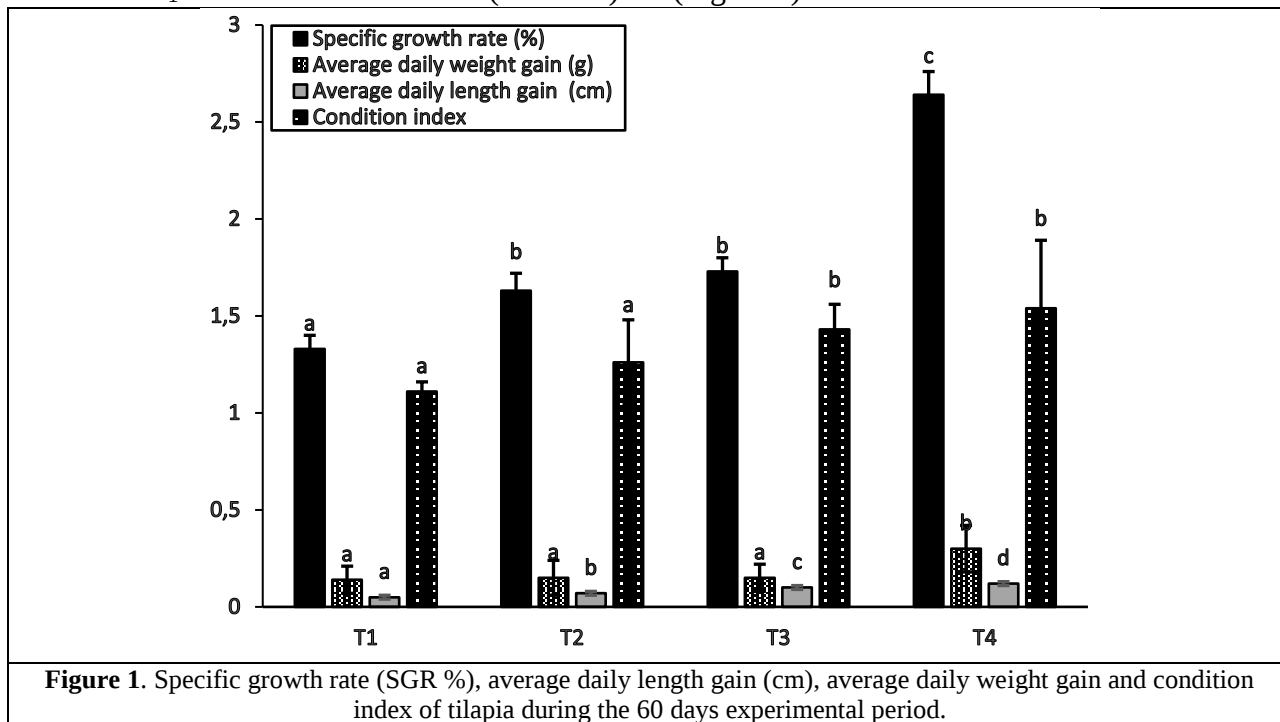
The lowest percentage weight gain (%) and specific growth rate (%) was observed in T₁ treatment 536.48±18.21 and 0.80±0.05 respectively (Table 3; Figure 1). No significant changes were found in PWG and SGR of T₂ and T₃ ($P > 0.05$) whereas the T₄ showed significantly higher PWG and SGR. It was observed that the lowest PWG and SGR was in T₁ control group. Significant length gain was observed in each treatment. Lowest mean length gain was observed in T₁ treatment whereas significantly better length gains were observed in T₂, T₃ and T₄. Highest mean length gain was observed in T₄ which was significantly higher than any other treatments ($P < 0.05$). T₄ showed the maximum result 7.18±0.11cm followed by T₃ and T₂. Lowest mean length gain was observed in T₁ treatment 3.49±0.11 cm (Table 3).

Table 3. Growth parameters of Tilapia for 60 days experimental period

Parameters	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Mean Initial Weight (g)	1.59±0.17 ^a	1.66±0.14 ^a	1.73±0.14 ^a	1.32±0.12 ^a
Mean Final Weight (g)	10.12±0.69 ^a	10.69±0.55 ^a	13.15±0.86 ^b	19.07±0.65 ^c
Mean Weight Gain (g)	8.53±0.48 ^a	9.03±0.42 ^a	11.42±0.73 ^b	17.76±0.55 ^c
Weight Gain (%)	536.48±18.21 ^a	585.46±23.87 ^a	681.73±16.97 ^b	1531.07±83.84 ^c
Mean Initial Length (cm)	4.43±0.09 ^a	4.45±0.11 ^a	4.44±0.11 ^a	4.38±0.14 ^a
Mean Final Length (cm)	7.92±0.23 ^a	8.88±0.27 ^a	10.71±0.25 ^b	11.56±0.29 ^c
Mean Length Gain (cm)	3.49±0.11 ^a	4.43±0.16 ^b	6.27±0.15 ^c	7.18±0.11 ^d
Length Gain (%)	78.78±1.74 ^a	99.02±1.58 ^a	141.63±2.33 ^b	163.11±3.54 ^c
Survivability Rate (%)	100	100	100	100

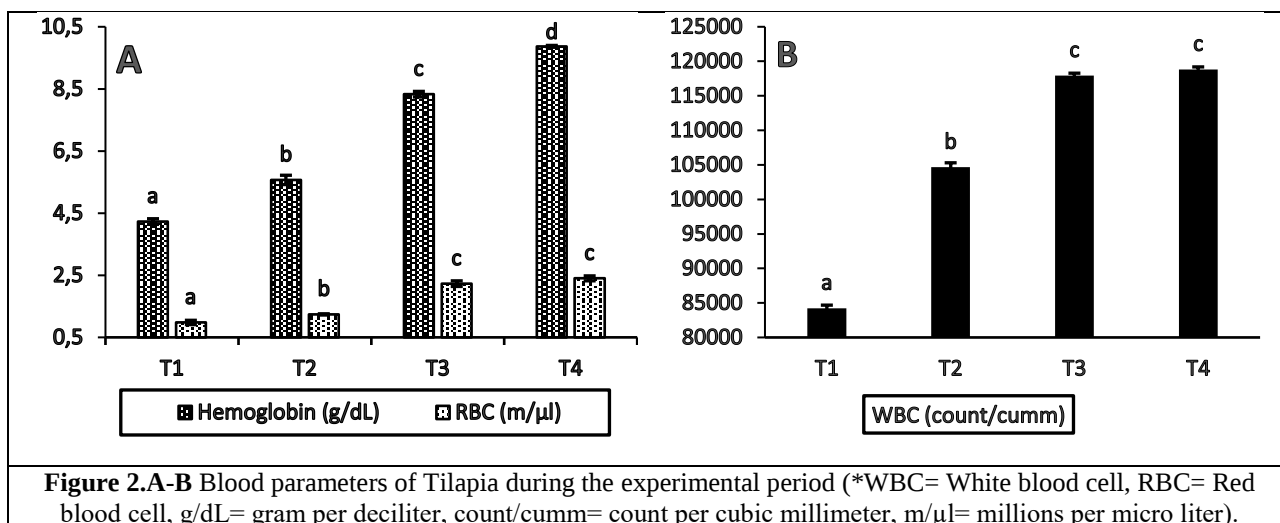
The maximum mean percentage length gain was found in T₄ treatment which was significantly higher among treatments ($P<0.05$). The lowest PLG was found in T₁ 78.78 ± 1.74 as well (Table 3).

The condition index was found to be less fluctuating among the different treatments, however the highest value occurred at T₄ whereas the lowest at T₁ ($P<0.05$) (Figure 1).



The lowest hemoglobin concentration (g/dL) was found in T₁ while the maximum hemoglobin concentration was observed in T₄ with a gradual decrease in T₃ and T₂ ($P<0.05$) (Figure 2.A). Insignificant WBC count was observed in T₃ and T₄. In contrast to the control group significant increases were found in

T₂, T₃ and T₄ (Figure 2.B). The mean value of RBC was found higher than control group in other treatments. Amongst the treatments the lowest RBC counts were observed in T₁ control groups 0.98 ± 0.07 m/ μ l which were significantly lower among treatments ($P<0.05$) (Figure 2.A).



Discussion

Growth of fish and other biological activities are largely dependent on water quality parameters (Ahmed et al. 2020). The mean temperature recorded in this experiment was $29 \pm 0.91^\circ\text{C}$. The temperature range from 20°C to 36°C has been reported to be optimal for most tropical fishes (Kausar and Salim 2006; Ngugi et al. 2007). Optimum level of dissolved oxygen is crucial for the growth, development and survival of fish and DO more than 5 ppm is crucial to support fish growth and reproduction (Bhatnagar and Singh 2010). The mean DO level during the experimental period was 5.64 ± 0.05 ppm. The mean value of pH during this experiment was observed as 7.19 ± 0.01 . Highly acidic water with less than pH 5.5 can suppress the growth and reproduction of fish and an ideal pH range should be between 6.5 and 7.0 though it is also considered that pH ranging from 6.1 to 8.0 is reasonable for the survival and growth of fish (Crane 2006; Bryan et al. 2011). The maximum ammonia tolerance level in water is ranged as 0.1-0.2 mg/L for most of aquatic animals (Bhatnagar and Devi 2013; Santhosh 2017). Therefore, the recorded water quality factors during this research were found within the appropriate level for Tilapia culture.

The growth performance of tilapia is positively related with the amount of fed synbiotics in this experiment. Diets fed in this experiment containing the supplements of probiotic, yeast, sugar, and molasses for different treatments showed better growth performances than control groups. The significant increase in growth performances of beluga, *Huso huso* fed with dietary supplementation of *Saccharomyces cerevisiae* (Hoseinifar et al. 2011a; Ta'ati et al. 2011). Akrami et al. (2013) was observed compared to the control groups. The higher growth and lower FCR was also observed for stellate sturgeon *Acipenser stellatus* fed with fructo-oligosaccharides. In the current experiment the fish fed with different synbiotics showed better growth performances and health status, which is similar to the conclusions of Hoseinifar et al. (2011b). Other researchers also found better results than the control using different synbiotics in feed (Reza et al. 2009; Hoseinifar et al. 2011c; Mansour et al. 2012).

The better growth performances found in the fish fed with synbiotics may be due to synbiotics effect on enhancement of the survival and flourishing of live microbial nutritive additives in the digestive tract through triggering better metabolism health promoting bacteria (Montajami et al. 2012; Nekoubin et al. 2012). Among the synbiotics treatments, current study revealed highest growth performances in T₄ and T₃ which is significantly better than control and T₂ treatment. Ozório et al. (2012) carried out an experiment with dietary yeast at a level of 0, 10, 15,

20, 30 and 40% inclusion in feed and found better growth and physiological performances in the lowest level of yeast inclusion in feed. Zhou et al. (2018) mentioned that dietary yeast is a precious source of immune promoting complexes and it was demonstrated to positively impact the growth increment, immune response, or anti-stress response of different aquaculture species (Andrews et al. 2011; Li and Gatlin 2005). Fish of T₃ treatments fed with 1.5% yeast along with 0.3% probiotics respectively showed better growth performances than the control and T₂ treatment. This may be due to the collective action of yeast and probiotic as growth promoters in fish. Though the level of yeast inclusion was lower than the observation of Ozório et al. (2012), it showed better growth and physiological performances in tilapia. Some researchers also mentioned that the supplementation of dried yeast at low levels efficiently increased growth of fish (Rumsey et al. 1991; Oliva-Teles and Gonçalves 2001; Mc-Lean and Craig 2006). Goran et al. (2017) reported that the dietary inclusion of yeast enhances the growth and haematological parameters in common carp. Anderson et al. (1984) reported that carbohydrates can have value as energy supplier for tilapia. In this experiment sugar and molasses were used with probiotics to determine the growth performance of tilapia. The results obtained from the sugar treatment showed maximum growth performance in fish fed with molasses compared to the controls. Several studies reported that high carbohydrate level might depress the growth rate and may enhance mortality rate (Phillips et al. 1948; Austreng et al. 1977). Among the diets such as T₂ and T₄ consisting of synbiotics and carbohydrate inclusions, fish in T₄ treatment, which was formulated with 1.5% table sugar and 0.3% probiotics, showed the maximum growth performance.

Some studies mentioned that fish fed with polysaccharides showed better growth than fish fed with monosaccharides or di-saccharides (Lee et al. 2003; Lee and Lee 2004; Tan et al. 2006) which was also observed in several studies. (Hung and Storebakken 1994; Enes et al. 2008. In the current experiment the best growth and other haematological parameters were observed at maximum level in sugar treatment than other treatments. This can be traced to the fact that molasses contain a combination of sucrose, fructose and glucose and they are more complex than table sugar to absorb in body, whereas the glucose is known to hinder the carriage of amino acids at absorption spots on mammalian's bodies (Alvarado 1966; Alvarado and Robinson 1979). More recently similar consequence was documented in fish (Hokazono et al. 1979). In this experiment this may explain the effect on growth performance and

the lowest results among the fish fed with synbiotics. Similar results were observed by Shiau and Chuang (1995) where they found that sucrose fed fish showed better growth performances such as weight gain, FCR than glucose in tilapia. The growth performances of T₃ treatment were also satisfactory compared to the control and molasses groups. This may be because yeast itself play a role as a probiotic (Pandiyan et al. 2013) and prebiotic together and it is very helpful for the propagation of some probiotic bacteria (Zhou et al. 2018). The WG, LG, PWG, PLG and SGR of tilapia fed with synbiotics increased in relation to the control group. Similar results were observed by Hassaan et al. (2014) during their experiments using synbiotics fed to tilapia. A research by Ye et al. (2011) stated the Japanese flounder fed on experimental diet supplemented with fructooligosaccharides (FOS), oligosaccharides (MOS) and live *Bacillus clausii* boosted weight gain. Ai et al. (2011) suggested that at each nutritional fructooligosaccharides level additionally accompanied with *B. subtilis* considerably increased specific growth rate percentage and feed efficiency ratio (FER) while equated with control group for young yellow croaker, *Larimichthys crocea*. Zaid et al. (2013) reported superior growth performances of *Clarias gariepinus* increased at 1.5% inclusion of molasses in feed and this experiment is lined with this finding as it showed better growth performance in tilapia fed with molasses compared to the control group.

The nature of dietary composition, stress and water toxicity affect the haematological parameters and fitness of fish (Chen et al. 2004; Wörle-Knirsch et al. 2007). Hemoglobin reading is important to determine the consequence of stressors on the fish health (Munikittrick and Leatherland 1983). Hemoglobin level of tilapia in this experiment was found significantly increased compared to the control. Hemoglobin is a complex molecule in oxygen delivery system and it is established as a good marker of anemic illnesses in fish (Giardina et al. 1973; Riggs 1970). The recorded value in current experiment showed that fish were not hurt from any form of anemic illness. The maximum hemoglobin level was found in the sugar treatment, which is followed by yeast and molasses treatment respectively. All treatments showed significant increases of hemoglobin in this experiment. The white blood cells count showed a significant increase with the treatments and the maximum was in the sugar treatment. Compared to the control group WBC count was observed significantly higher which is in line with the outcomes of Zaid et al. (2013). Biswas et al. (2012) indicated that dietary yeast extract activated different functions of leucocytes which are

kind of WBC, including phagocytosis that resulted an increase in phagocytic value index and number of WBC. In this experiment similar results were obtained from the yeast treatment and there may be similar reason behind the increase of WBC in the synbiotics treatment. Value of RBC in this experiment increased significantly compared with the control group and it was observed that the hemoglobin, white blood cells and red blood cells decreased from sugar treatment toward controls which was similar to the growth performance results of this experiment. The findings of white blood cells and red blood cells seems to be aligned with the outcomes from Hassaan et al. (2014), in whose studies they noticed the value of white blood cell and red blood cell increased when their growth performances were maximum. Finally, it can be concluded that synbiotics have constructive effects on growth and haematological parameters of Tilapia in comparison to the control treatment and diets which included synbiotics (1.5% sugar+0.3% probiotic) were the best diets in the present study. In the present research, the results revealed that the diets including synbiotics have significant impacts on the growth of tilapia. It can be summarized that the feed containing 0.3% probiotic and 1.5% sugar is the most diet suitable for the better growth performance and hematological parameters among all treatments. Other synbiotics treatments also showed better growth and hematological performance than control group. Further research needs to be carried out to analyze the appropriate effects of synbiotics and other fish trials are also suggested.

References

- Ahmed I, Reshi QM, Fazio F. 2020. The influence of the endogenous and exogenous factors on hematological parameters in different fish species: a review. *Aqua. Intl.* 28(3):869–899.
doi: 10.1007/s10499-019-00501-3
- Ai Q, Xu H, Mai K, Xu W, Wang J, Zhang W. 2011. Effects of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* and fructooligosaccharide on growth performance, survival, non-specific immune response and disease resistance of juvenile large yellow croaker, *Larimichthys crocea*. *Aquaculture*, 317(1):155–161.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.036
- Akrami R, Iri Y, Rostami HK, Mansour MR. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. *Fish Shellfish Immunol.* 35(4):1235-1239.
- Akter M, Iqbal M, Hossain M, Rahman A, Uddin S. 2019. Effect of L-Arginine on the growth of monosex fingerling Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *J. Fish. Life.* 4(2):31–36.

- Alam MB, Islam MA, Marine SS, Rashid A, Hossain MA. 2014. Growth performances of GIFT tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Cage culture at the Old Brahmaputra river using different densities. J. Sylhet. Agril. Univ., 1(2):265–271.
- Alvarado F, Robinson JW. 1979. A kinetic study of the interactions between amino acids and monosaccharides at the intestinal brush-border membrane. J. Phys. 295 (1):457-475.
- Alvarado F. 1966. Transport of sugars and amino acids in the intestine: evidence for common carrier. Science. 151(37):1010-1013.
doi: 10.1126/science.151.3713.1010
- Anderson J, Jackson AJ, Matty AJ, Capper BS. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn.). Aquaculture. 37 (4):303-314.
doi: 10.1016/0044-8486(84)90296-5
- Andrews SR, Sahu NP, Pal AK, Mukherjee SC, Kumar S. 2011. Yeast extract, brewer's yeast and spirulina in diets for *Labeo rohita* fingerlings affect haemato-immunological responses and survival following *Aeromonas hydrophila* challenge. Res. Vet. Sci. 91 (1):103-109.
doi: 10.1016/j.rvsc.2010.08.009
- Austreng E, Risa S, Edwards DJ, Hvidsten H. 1977. Carbohydrate in rainbow trout diets. II. Influence of carbohydrate levels on chemical composition and feed in different families. Aquaculture. 11(1):39-50.
doi: 10.1016/0044-8486(77)90152-1
- Bailey JS, Blankenship LC, Cox NA. 1991. Effect of fructooligosaccharide on *Salmonella* colonization of the chicken intestine. Poult. Sci. 70 (12):2433-2438.
- Bhatnagar A, Devi P. 2013. Water quality guidelines for the management of pond fish culture. Intl. J. Env. Sci. 3(6):1980–2009.
doi: 10.6088/ijes.2013030600019
- Bhatnagar A, Singh G. 2010. Culture fisheries in village ponds: a multi-location study in Haryana, India. Agric. Biol. J. N. Am., 2010, 1(5): 961-968
doi: 10.5251/abjna.2010.1.5.961.968
- Biswas G, Korenaga H, Takayama H, Kono T, Shimokawa H, Sakai M. 2012. Cytokine responses in the common carp *Cyprinus carpio* L. treated with baker's yeast extract. Aquaculture. 356:169-175.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.05.019
- Bongers A, van den Heuvel EG. 2003. Prebiotics and the bioavailability of minerals and trace elements. Food. Rev. Intl. 19 (4):397-422.
doi: 10.1081/FRI-120025482
- Bryan R, Soderberg W, Blanchet H, Sharpe EW. 2011. Management of FishPonds in Pennsylvania. Management of Fishponds in Pennsylvania. Retrieved 5th July 2020 from <https://extension.psu.edu/management-of-fish-ponds-in-pennsylvania>
- Burel C, Person-Le Ruyet J, Gaumet F, Le Roux A, Severe A, Boeuf G. 1996. Effects of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot. J. Fish. Biol. 49 (4):678-692.
doi: 10.1111/j.1095-8649.1996.tb00064.x
- Chen CY, Wooster GA, Bowser PR. 2004. Comparative blood chemistry, histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* exposed to carbon tetrachloride, gentamicin, or copper sulfate. Aquaculture 239 (1-4):421-443.
- Crane B. 2006. Results of water quality measurements in Messer pond. Water Sampling Summary pp 1-9.
- Das B, Sarker B, Hossain A, Alam M, Iqbal MM. 2019. Optimization of 17 α -methyltestosterone dose to produce quality mono-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). 1st International Conference on Sustainable Fisheries. Sylhet Agricultural University, Sylhet-3100, Bangladesh, p. 67.
- Dawood MA, Eweedah NM, Moustafa EM, Shahin MG. 2020. Synbiotic effects of *Aspergillus oryzae* and β -glucan on growth and oxidative and immune responses of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Prob. Anti. Prot. 12 (1): 172-183.
- Dawood MA, Koshio S, Esteban MA. 2018. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. Rev. Aqua. 10 (4):950-974.
- Denev S, Staykov Y, Moutafchieva R, Beev G. 2009. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of probiotics and prebiotics in finfish aquaculture. Intl. Aqua. Res. 1 (1) 1-29.
- El-Haroun ER, Goda AS, Kabir Chowdhury MA. 2006. Effect of dietary probiotic Biogen® supplementation as a growth promoter on growth performance and feed utilization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). Aqua. Res. 37 (14):1473-1480.
- Enes P, Panserat S, Kaushik S, Oliva-Teles AA. 2008. Hepatic glucokinase and glucose-6-phosphatase responses to dietary glucose and starch in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles reared at two temperatures. Mol. Integ. Phy. 149 (1):80-86.
- Francis G, Makkar HP, Becker K. 2005. *Quillaja saponins*- a natural growth-promoter for fish. Ani. Feed. Sci. Tec. 121(1-2):147-157.
doi: 10.1016/j.anifeedsci.2005.02.015
- Giardina B, Antonini E, Brunori M. 1973. Hemoglobin in fishes: Structural and functional properties of trout hemoglobins. Neth. J. Sea Res., 7:339–344.
doi: 10.1016/0077-7579(73)90056-2.
- Goda AMA, Mabrouk HAHH, Wafa MAEH, El-Afifi TM. 2012. Effect of using baker's yeast and exogenous digestive enzymes as growth promoters on growth, feed utilization and hematological indices of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* fingerlings. J. Agri. Sci. Tec. B 2:15-28
- Goran SMA, Omar SS, Anwer AY. 2017. Assessment of yeast as a dietary additive on haematology and water quality of common carp in a recirculating aquaculture system. In AIP Conference Proceedings, 1888(1):020023.
doi: 10.1063/1.5004300
- Hasan R, Hossain MA, Islam MR, Iqbal MM. 2021. Does commercial probiotics improve the growth performance and hematological parameters of tilapia, *Oreochromis niloticus*? Aqua. Res. 4(2): XX (in production).

- Hassaan MS, Soltan MA, Ghonemy MMR. 2014. Effect of synbiotics between *Bacillus licheniformis* and yeast extract on growth, hematological and biochemical indices of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Egypt. Aqua. Res. 40(2) 199-208.
- Hokazono S, Tanaka Y, Katayama T, Chichester CO, Simpson KL. 1979. Intestinal transport of L-lysine in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish 45 (7):845-848.
- Hoseinifar SH, Mirvaghefi A, Amoozegar MA, Sharifian M, Esteban MÁ. 2015. Modulation of innate immune response, mucosal parameters and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) upon synbiotic feeding. Fish Shellfish Immunol. 45(1):27-32.
doi: 10.1016/j.fsi.2015.03.029
- Hoseinifar SH, Mirvaghefi A, Merrifield DL. 2011a.: The effects of dietary inactive brewer's yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Huso huso*). Aquaculture 318 (1-2):90-94.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2011.04.043
- Hoseinifar SH, Mirvaghefi A, Merrifield DL, Amiri BM, Yelghi S, Bastami KD. 2011b. The study of some haematological and serum biochemical parameters of juvenile beluga (*Huso huso*) fed oligofructose. Fish. Phy. Bioc. 37(1) 91-96.
- Hoseinifar SH, Mirvaghefi A, Mojazi Amiri B, Rostami HK, Merrifield DL. 2011c. The effects of oligofructose on growth performance, survival and autochthonous intestinal microbiota of beluga (*Huso huso*) juveniles. Aqua. Nutr. 17(5):498-504.
- Hossain MA, Akter M, Iqbal MM. 2017. Diversity of Fish Fauna in Kusiara River (Fenchugonj Upazilla), Northeast Bangladesh. J. Aqua. Trop. 32(1):1-13.
- Htun-Han M. 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: Seasonal changes in the ovary. J. Fish Bio. 13(3):351-359.
doi: 10.1111/j.1095-8649.1978.tb03443.x
- Hung SS, Storebakken T. 1994. Carbohydrate utilization by rainbow trout is affected by feeding strategy. J. Nutr. 124(2):223-230.
doi: 10.1093/jn/124.2.223
- Ibrahim MD, Fathi M, Mesalhy S, Abd El-Aty AM. 2010. Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity, and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish Shellfish Immunol. 29(2):241-246.
- Kausar R, Salim M. 2006. Effect of water temperature on the growth performance and feed conversion ratio of *Labeo rohita*. J. Pak. Vet. 26(3):105-108.
- Lee SM, Kim KD, Lall SP. 2003. Utilization of glucose, maltose, dextrin and cellulose by juvenile flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture. 221(1-4) : 427-438.
- Lee SM, Lee JH. 2004. Effect of dietary glucose, dextrin and starch on growth and body composition of juvenile starry flounder *Platichthys stellatus*. Fish. Sci. 70(1) 53-58.
- Li P, Gatlin DM. 2005. Evaluation of the prebiotic GroBiotic®-A and brewer's yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*. Aquaculture 248 (1-4):197-205.
doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.03.005
- Mansour MR, Akrami R, Ghobadi SH, Denji KA, Ezatrahimi N, Gharai A. 2012. Effect of dietary mannan oligosaccharide (MOS) on growth performance, survival, body composition, and some hematological parameters in giant sturgeon juvenile (*Huso huso* Linnaeus, 1754). Fish. Phy. Bioc. 38(3):829-835.
- McLean EWEN, Craig SR. 2006. Nutrigenomics in aquaculture research: a key in the Aquanomic revolution. In Nutritional biotechnology in the feed and food industries: Proceedings of Alltech's 22nd Annual Symposium, Lexington, Kentucky, USA, Alltech UK 23-26 April 2006 p.433-444.
- Montajami S, Hajiahmadyan M, Forouhar Vajargah M, Hosseini Zarandeh AS, Shirood Mirzaie F, Hosseini SA. 2012. Effect of symbiotic (*Biomin imbo*) on growth performance and survival rate of Texas cichlid (*Herichthys cyanoguttatus*) larvae. Glob. Vet. 9(3):358-61.
- Munkittrick KR, Leatherland JF. 1983. Haematocrit values in feral goldfish, *Camssius auratus* L., as indicators of the health of the population. J.Fish Bio. 23(2):153-161.
doi: 10.1111/j.1095-8649.1983.tb02890.x
- Nekoubin H, Gharedashi E, Imanpour MR, Asgharimoghadam A. 2012. The influence of synbiotic (*Biomin Imbo*) on growth factors and survival rate of Zebrafish (*Danio rerio*) larvae via supplementation with biomar. Glob. Vet. 8(5): 503-506.
- Ngugi CC, James RB, Bethuel OO. 2007. *A New Guide to Fish Farming in Kenya*, Oregon State University, USA.
<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015022349> (08.08.2020)
- Oliva-Teles A, Gonçalves P. 2001. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Aquaculture, 202(3-4):269-278.
doi: 10.1016/S00448486(01)00777-3
- Olvera-Novoa MA, Campos SG, Sabido MG, Martínez Palacios CA. 1990. The use of alfalfa leaf protein concentrates as a protein source in diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Aquaculture, 90(3): 291-302.
doi: 10.1016/0044-8486(90)90253-J
- Ozório RO, Portz L, Borghesi R, Cyrino JE. 2012. Effects of dietary yeast (*Saccharomyces cerevisia*) supplementation in practical diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animals, 2(1):16-24.
doi: 10.3390/ani2010016
- Panase P, Mengumphan K. 2015. Growth performance, length-weight relationship and condition factor of backcross and reciprocal hybrid catfish reared in net cages. Intl. J. Zoo. Res. 11(2):57-64.
doi: 10.3923/ijzr.2015.57.64

- Pandiyan P, Balaraman D, Thirunavukkarasu R, George EGJ, Subaramaniyan K, Manikkam S, Sadayappan B. 2013. Probiotics in aquaculture. *Drug. Inv. Tod.* 5(1):55-59.
doi: [10.1016/j.dit.2013.03.003](https://doi.org/10.1016/j.dit.2013.03.003)
- Panigrahi A, Kiron V, Puangkaew J, Kobayashi T, Satoh S, Sugita H. 2005. The viability of probiotic bacteria as a factor influencing the immune response in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*. 243(1-4):241-254.
doi: [10.1016/j.aquaculture.2004.09.032](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.09.032)
- Pechsiri J, Yakupitiyage A. 2005. A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex-reversed diploid and triploid Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aqua. Res.* 13(1):45-51.
doi: [10.1111/j.1365-2109.2004.01182.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2004.01182.x)
- Phillips Jr AM, Tunison AV, Brockway DR. 1948. The utilization of carbohydrates by trout. NY Conserv. Dep. Fish Res. Bull. 11:34-43.
- Reza A, Abdolmajid H, Abbas M, Abdolmohammad AK. 2009. Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of juvenile beluga, *Huso huso*. *J. World. Aqua. Soc.* 40(6):771-779.
doi: [10.1111/j.1749-7345.2009.00297.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2009.00297.x)
- Riggs A. 1970. Properties of Fish Hemoglobins. In W. S. Hoar & D. J. B. T.-F. P. Randall (Eds.), *The Nervous System, Circulation, and Respiration*. 4:209-252). Academic Press.
doi: [10.1016/S1546-5098\(08\)60131-4](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60131-4)
- Rumsey GL, Kinsella JE, Shetty KJ, Hughes SG. 1991. Effect of high dietary concentrations of brewer's dried yeast on growth performance and liver uricase in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ani. Feed. Sci. Tec.* 33(3-4):177-183.
- Santhosh SB. 2017. Guidelines for water quality management for fish culture in Tripura. ICAR Research Complex for NEH Region, Tripura Centre, India, 27.
- Shiau SY, Chuang JC. 1995. Utilization of disaccharides by juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*. 133(3-4):249-256.
doi: [10.1007/s10695-009-9366-y](https://doi.org/10.1007/s10695-009-9366-y)
- Smiricky-Tjardes MR, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Fahey JGC. 2003. Dietary galactooligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ideal fermentative characteristic of growing pigs. *J. Ani. Sci.* 81(10):2535-2545.
doi: [10.2527/2003.81102535x](https://doi.org/10.2527/2003.81102535x)
- Ta'ati R, Soltani M, Bahmani M, Zamini AA. 2011. Growth performance, carcass composition and immune physiological indices in juvenile great sturgeon (*Huso huso*) fed on commercial prebiotic. *Iran. J. Fish. Sci.* 10:324-335.
- Tan Q, Xie S, Zhu X, Lei W, Yang AY. 2006. Effect of dietary carbohydrate sources on growth performance and utilization for gibel carp (*Carassius auratus*) and Chinese long snout catfish (*Leiocassis longirostris*). *Aqua. Nutr.* 12(1):61-70.
doi: [10.1111/j.1365-2095.2006.00382.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2006.00382.x)
- Welker TL, Lim C. 2011. Use of probiotics in diets of tilapia. *Aqua. Res. Dev.* S1
doi: [10.4172/2155-9546.S1-014](https://doi.org/10.4172/2155-9546.S1-014)
- Wörle-Knirsch JM, Kern K, Schleh C, Adelhelm C, Feldmann C, Krug HF. 2007. Nanoparticulate vanadium oxide potentiated vanadium toxicity in human lung cells. *Env. Sci. Tec.* 41(1):331-336.
doi: [10.1021/es061140x](https://doi.org/10.1021/es061140x)
- Ye JD, Wang K, Li FD, Sun YZ. 2011. Single or combined effects of fructo- and mannan oligosaccharide supplements and *Bacillus clausii* on the growth, feed utilization, body composition, digestive enzyme activity, innate immune response and lipid metabolism of the Japanese flounder. *Aqua. Nutr.* 17(4):902-911.
doi: [10.1111/j.1365-2095.2011.00863.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2011.00863.x)
- Zaid AA, Olasunkanmi AO, Ajoke BR. 2013. Inclusion effect of graded levels of molasses in the diet of *Clarias gariepinus* juvenile. *Intl. Fish. Aqu.* 5(7):172-176.
- Zhou M, Liang R, Mo J, Yang S, Gu N, Wu Z, Sarath Babu V, Li Jun, Yunmao H Lin L. 2018. Effects of brewer's yeast hydrolysate on the growth performance and the intestinal bacterial diversity of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Aquaculture* 484:139-144.
doi: [10.1016/j.aquaculture.2017.11.006](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.11.006)



Bazı Doğal Antioksidanların Sudak (*Sander lucioperca*) Köftelerinin Kalitesine Etkisi

Şengül BİLGİN^{1*} , Selin METİN² 

¹ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Isparta, Türkiye

² QNB Finansbank, Şişli-İstanbul

Ö Z

Bu çalışmada bazı doğal antioksidanların sudak balığı (*Sander lucioperca*) köftelerinin kalitesine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla balık kıymasına portakal ve limon özütü hem birlikte hem de ayrı ayrı ilave edilerek çeşitli baharat ve katkı maddeleri ile balık köfteleri elde edilmiştir. Çalışmada portakal özütü ilaveli grup (P), limon özütü ilaveli grup (L), portakal ve limonun birlikte ilave edildiği grup (PL) ve hiçbir meyve özütünün ilave edilmediği klasik balık köftesi grubu (K) olmak üzere 4 farklı grup oluşturulmuştur. Balık köfteleri raf ömrü tespiti amacıyla duyu ve mikrobiyolojik analizleri yapılmış ve $4\pm 1^\circ\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde Toplam Mesofilik Aerobik Bakteri (TMAB), Toplam Psikrofilik Aerobik Bakteri (TPAB) ve Laktik Asit Bakteri (LAB) sayıları depolama süresince gruplara göre farklı değerler sergilemiştir. Çalışma sonuçlarına göre, kullanılan bitki özütleri sudak köftelerini daha iyi korumuştur. Kontrol grubu 15 günde tüketilemeyecek duruma gelirken L ve PL grupları 19. günde, P grubu 21. günde raf ömrünü tamamlamıştır. Duyusal olarak en çok beğenilen grup P grubu olmuştur. En uzun ömürlü ürün de yine P grubu sudak köfteleri olmuştur.

Anahtar kelimeler: Sudak balığı, köfte, kalite, doğal antioksidan

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 21.03.2021

Düzeltilme : 21.06.2021

Kabul : 13.08.2021

Yayın : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.900731

* SORUMLU YAZAR

sengulbilgin@isparta.edu.tr

Tel : +90 246 214 6400

Fax : +90 246 2146445

The Effect of Some Natural Antioxidants on Quality Properties of Pikeperch (*Sander lucioperca*) Meat Balls

Abstract: In this study, the effects of some natural antioxidants on the quality of pikeperch (*Sander lucioperca*) meatballs were investigated. For this purpose, by adding orange and lemon extract to minced fish both together and separately, fish meatballs were obtained with various spices and additives. In the study, 4 different groups were formed: the group with orange extract added (P), the group with lemon extract (L), the group to which orange and lemon were added together (PL), and the classic fish meatball group to which no fruit extract was added (K). In order to determine the shelf life of fish balls, sensory and microbiological analyses were made and kept at $4\pm 1^\circ\text{C}$. Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), Total psychrophilic aerobic bacteria (TPAB) and Lactic acid bacteria (LAB) counts showed different values compared to the groups during the storage period in microbiological analyses. According to the results of the study, the plant extracts used preserved the pike perch meatballs better. While the control group could not be consumed in 15 days, the L and PL groups completed their shelf life on the 19th day and the P group on the 21st day. The group that was most liked sensually was the P group. The longest shelf-life product was also the P group pike perch meatballs.

Keywords: Pikeperch, meat ball, quality, natural antioxidant

Alıntılama

Bilgin Ş, Metin S. 2022. Bazı Doğal Antioksidanların Sudak (*Sander lucioperca*) Köftelerinin Kalitesine Etkisi LimnoFish. 8(2): 140-149. doi: 10.17216/LimnoFish. 900731

Giriş

Sağlıklı beslenmenin temel kuralı, vücut için gerekli temel bileşikler düzenli ve dengeli oranda almaktır. Temel amino asitler, yağ asitleri, mineraller, vitaminler ve su en önemli bileşiklerdir. Su canlılarında bu bileşenler ideal oranlarda bulunmakta olup bunların önemini bilen toplumlar yüksek oranlarda su ürünleri tüketilmektedir.

Su ürünleri protein, doymamış yağ asitleri ve esansiyel amino asitleri büyük ölçüde yapısında bulundurması nedeniyle tüketimde önemli bir alan

oluşturmaktadır. Bu yüzden hızlı ve hazır yemek tüketiminde su ürünlerinin ve su ürünleriyle hazırlanan gıdaların önemi tartışılmazdır (Varlık vd. 2004).

Gökoğlu (1994) balık köftesinin soğukta depolanması üzerine yaptığı çalışmada dumanlanmış, konserve edilmiş, lakerda, marine edilmiş ve kızartılmış, pişirilmiş balık ürünlerinin tüketilmeye hazır ürünler olduğunu bu ürünlerden bazılarının tüketime hazır olmasının yanında damak zevkimizi ve sofralarımızı çeşitlendirmesi nedeniyle

de tercih edildiğini ve insanların yeni tatlar arayışı içerisinde olduklarını ifade etmiştir.

Raf ömrü tüm gıda ürünleri için hayati önem taşıyan bir olgudur. Gıdanın işlendiği andan itibaren başlar ve son tüketilebilir olduğu ana kadar devam eder. Bu süreçte gıdaların taşıma ve depolama kurallarına bağlı olarak muhafaza edilmesi gerekir. Özellikle su ürünleri hassas bir yapıya sahip olmaları nedeniyle soğuk zincir kuralına göre taşınması, depolanması ve pazarlanması gerekir.

Balık eti bozulmaya karşı son derece duyarlı bir gıda maddesi olması nedeniyle avlandığı andan itibaren fiziksel ve çevresel faktörlerden süratle etkilenir. Bu durumda ya avlanmayı takiben kısa süre içerisinde tüketilmeli veya bunun mümkün olmadığı durumlarda da çeşitli şekillerde işlenerek muhafaza edilmelidir. Bu amaçla geliştirilmiş işleme teknolojileri çok çeşitlilik göstermekle birlikte hepsinde amaç mevcut kaliteyi mümkün olduğu kadar koruyarak, balığın tüketilebilir durumunu uzun süre muhafaza etmektir (Patır ve Duman 2006).

Balık köftesi hem besleyici hem lezzetli hem de pişmeye hazır gıdalardan biridir. Bazı firmalar bu ürünleri pişirerek de pazarlayabilmektedir. Pişirilmiş balık köftesi tüketiciler için kullanıma hazır alternatif bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Balıkların köfte şeklinde değerlendirilmesi hem tüketim oranını artırabilir hem de kısa bir raf ömrüne sahip balığın daha uzun süre dayanmasını sağlayabilir. Çünkü köfteye ilave edilen katkı maddeleri tipik balık kokusunu alarak lezzete ve kokuya olumlu katkı sağlar. Pişirilerek tüketime hazır olarak pazarlanan bu tip gıda ürünleri tüketiciye kolaylık da sağlayarak lezzetli ve besleyici gıdalar sunmaktadır.

Narenciye suyu C vitamini içeriği ve lezzetinden dolayı tüm dünyada tüketiciler tarafından tercih edilen meyve sularıdır. Turunçgillerin veya ürünlerinin tüketiminin, farklı hastalıklara karşı faydalı etkileri vardır, bunun ana nedeni önemli biyoaktif bileşiklerin varlığıdır. Bu bileşiklerden en yaygın bilinenleri karotenoid ve C vitamini (askorbik asit) olup bu bileşenlerin birçok hastalığa karşı direnç oluşturduğu bildirilmiştir. Antioksidan özelliklerinin de bulunduğu bilinen bu bileşiklere ilave olarak fenolik bileşikler de aynı özellikleri taşımaktadır (Al-Juhaimi ve Ghafoor 2013). Turunçgillerin antioksidan kapasiteleri açısından sağlığa faydaları farklı çalışmalarla bildirilmiştir (Rapisarda vd. 1999; Gardner vd. 2000; Pellegrini vd. 2003; Yoo vd. 2004; Peterson vd. 2006).

Balık köftesi üzerine yapılmış çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (Yanar ve Fenercioğlu 1999; Varlık vd. 2000; Ersoy ve Yılmaz 2003; Akkuş vd. 2004; Öksüztepe vd. 2010; Can 2012; Kaba vd. 2012; Özpolat ve Çoban 2012; Kaba vd. 2013; Kılınççeker 2014; Erol ve İlhak 2015; Kılınççeker 2015; Duman

ve Peksezer 2016; Ulusoy vd. 2017). Ancak antioksidan özellikle portakal ve limon katkılı balık köftesi ve raf ömrüne ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Tüketiciler doğal katkı maddeleri içeren gıdaları daha çok tercih etmektedir. Genellikle gıdalara koruyucu olarak ilave edilen doğal katkı maddeleri hayvansal kitosan, organik asitler, esansiyel yağlar, bitki ekstraktları olup su ürünleri de dahil olmak üzere gıda sektöründe kullanıldığı bildirilmiştir (Baptista vd. 2020). Sağlığa olan faydaları nedeniyle de su ürünlerinin korunmasında doğal gıda katkı maddelerinin potansiyel olduğu unutulmamalıdır. Bu çalışmada sudak balığından elde edilen köftelerin raf ömrüne portakal ve limonun ayrı ayrı ve birlikte etkisinin duyusal ve mikrobiyolojik olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Yine çalışmada balık köftelerine portakal ve limon suyu hem birlikte hem de ayrı ayrı ilave edilerek farklı bir lezzet ve tüketiciye alternatif bir ürün sunulması planlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan ortalama 42,76±0,73cm toplam boy ve 544,14±30g ağırlığa sahip sudak balığı (*Sander lucioperca* L., 1758), Isparta İli çevresindeki balıkçılardan temin edilmiştir. Alınan sudak balıkları bekletmeksizin soğuk zincir uygulanarak strafor kutu içerisinde ISUBÜ Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, Gıda Laboratuvarına getirilmiş ve derisiz filetoları çıkartılmıştır. Sudak filetoları kıyma makinesinden geçirilerek balık kıyması elde edilmiştir. Çalışmada doğal antioksidan kaynağı olarak portakal ve limon suyu kullanılmıştır.

Balık kıyması, sade yani doğal antioksidan ilavesiz kontrol grubu (K), limon suyu ilave edilmiş (L), portakal suyu ilave edilmiş (P) ve portakal limon suyu karışımı ilave edilmiş (PL) balık köfteleri olmak üzere 4 gruptan oluşturulmuştur. L, P ve PL gruplarında kullanılacak doğal antioksidan özütleri için portakal ve limon taze olarak satın alınmış ve sıkma işlemine tabi tutularak meyve suları elde edilmiştir. Elde edilen meyve suları antioksidan özelliklerini kaybetmemeleri için bekletilmeden köftelere belirli oranlarda karıştırılmıştır. Köftelere ilave edilecek meyve suyu miktarı için bir ön çalışma yapılmış, buna göre balık kıymasına her bir meyve suyundan %3 oranında ilave edilen köfte örnekleri panelistlerce daha çok beğenildiği için tüm köftelerde bu oran kullanılmıştır. Elde edilen balık kıymasına köfte harcı ve meyve özütleri eklenerek 4 farklı grup oluşturulmuştur. K grubu balık köftelerine meyve özütü ilave edilmemiştir. Diğer üç gruba (P, L, PL) belirlenen oranda (%3) meyve suyu ilave edilmiştir. Köfte harcı (%2 tuz, %5 karabiber, %5 kimyon, %1,2 toz sarımsak, %6 soğan, %10 ekmek içi) tüm gruplarda aynı oranlarda kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Taze ve pişmiş sudak köfte örnekleri
Figure 1. Fresh and cooked pikeperch meat balls

Çalışma kapsamında elde edilen tüm gruplara ait her biri 10 g'lık köfteler ayrı ayrı gruplar halinde ön pişirme işlemine tabi tutulmuş, pişirme işleminde fritöz kullanılmıştır. Her bir grup için ayçiçek yağı kullanılmış olup her örnekte kullanılan yağ değiştirilmiştir. Meyve suyu uygulanmış ve uygulanmamış tüm balıkköfteleri polyamid paketlerde her bir pakette 10 balık köftesi olmak üzere vakumda paketlenmiştir. Paketlenmiş ürünler buzdolabında muhafaza edilmiştir ($4\pm1^\circ\text{C}$). Sudak balığından elde edilen köfteler vakumlandıktan sonra tüketim özelliğini tamamen kaybettiği sürenin sonuna kadar buzdolabı koşullarında ($4\pm1^\circ\text{C}$) depolanmıştır. Çalışmada meyve özütü uygulanarak, buzdolabında depolanmış örneklerde raf ömrünün tespitine yönelik duyuşal ve mikrobiyolojik kalite değişimleri iki günde bir örnek alınarak raf ömrü çalışması yapılmıştır.

Mikrobiyolojik Analizler

Köftelerin mikrobiyolojik analizlerinde kullanılmak üzere her grup için ayrı ayrı 10'ar adet balık köftesi kullanılmıştır. Toplam Mezofilik Mikroorganizma (TMA), Toplam Psikrofilik Mikroorganizma (TPA), Laktik Asit Bakterileri

(LAB) (APHA 1974) tespiti için iki günde bir, dört gruptan, her bir grup için üç tekerrürlü ve 6 seyreltmeli analizler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla steril stomacher poşetine 10g balık köftesi örneği konulmuş ve üzerine 90ml steril buffer peptonlu su ilave edilerek BagMikser 400 ile 90sn homojenize edilmiştir.

Toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) ve toplam psikrofil aerobik bakteri (TPAB) oranları standart koloni sayımı yapılarak (ICMSF 1986) gerçekleştirilmiştir. Sudak balığı köfte örneklerinde TMAB gelişimi için 30°C 'de 2 gün, TPAB gelişimi için 5°C 'de 10 gün inkübasyon sağlanmıştır. Daha sonra petri yüzeylerindeki oluşan koloniler incelenmiş ve toplam bakteri sayısı hesaplanmıştır (kob/g).

Duyuşal Analizler

Duyuşal analizlerde tüm balık köftesi grupları (K, L, P, PL) panelistlere sıcak sunulması için analizden hemen önce derin yağda (190°C) yaklaşık 4-5 dk kızartılmıştır. Köftelerin duyuşal kalite değerlendirmesi Altuğ ve Elmacı (2005)'nin metoduna göre yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan hedonik gösterge çizelgesi ve puan tanımları (Altuğ ve Elmacı 2005)
Table 1. Hedonic scale and point definitions used in the study (Altuğ ve Elmacı 2005)

Puan	Renk-Görünüm-Tat-Koku-Tekstür
10	Fevkalade
9	Mükemmel
8	Çok iyi
7	İyi
6	Oldukça iyi
5	Orta
4	Ortanın biraz altı
3	Sınırdan
2	Kötü
1	Çok kötü
0	Tüketilemez

İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analizlerin yapılmasında IBM SPSS V 25 istatistik programı kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde N sayısı 3 olarak belirlenmiştir. Duyusal analizlerde 10 panelistin verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır (N 10).

Bulgular

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Sudak balıkları ile yapılan bu çalışmada K, L, P ve PL gruplarının TMAB değeri açısından, tüm deneme gruplarının depolama günlerinde kendi aralarındaki değişim incelendiğinde 1. 7. 9. ve 15. günlerde tüm gruplar arasında TMAB bakımından fark görülürken ($p<0,05$), 3. 11. 17. 19. ve 21. depolama günlerinde L-PL grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz ($P>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Antioksidan amaçlı ilave edilerek oluşturulan grupların günlere göre tüm deneme gruplarının depolamaya bağlı olarak TMAB içerikleri artış göstermiştir. K grubu 15. günden sonra, L ve PL grubu 21. günde raf ömrünü tamamlamıştır. K grubunun TMAB değeri 1-15. gün arasında önemli ($P<0,05$) değişim gösterirken diğer tüm gruplar (K, P, L ve PL) 1-21. günler arasında önemli ($P<0,05$) değişimler sergilemişlerdir (Tablo 2).

TPAB değerinin 21 günlük depolama süresince farklı değişimler sergilediği görülmüştür. Doğal antioksidan ilave edilmiş deneme gruplarının günlere göre kendi aralarındaki değişimleri incelendiğinde 1. ve 5. depolama günlerinde tüm gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemsiz ($P>0,05$), 9. 11. ve 15. depolama günlerinde tüm gruplar arasındaki farkın istatistiki olarak önemli ($P<0,05$) olduğu yapılan hesaplamada tespit edilmiştir. Buzdolabı

koşullarında depolamanın 3. gününde P ve L grupları arasında TPAB değeri açısından fark görülmezken, 13. ve 19. günde aynı durum L ve PL grupları arasında saptanmıştır. Depolama günlerine göre her bir grubun TPAB değerinin değişimi incelendiğinde, P grubu tüm günlerde önemli değişim gösterirken ($P<0,05$), K grubu 1-13. günler arasında önemli ($p<0,05$), 13-15. günler arasında önemsiz ($P>0,05$) değişim sergilemiştir. L grubunda 19. günden sonra bozulma olmuş, 1-19 günler arasında genellikle önemli değişimler görülmüştür. PL grubu da L grubu ile benzer olup sadece 9-11 günler arası değişimin farkı önemsiz diğer günlerde önemlidir ($P<0,05$) (Tablo 2).

LAB değeri depolama günlerine göre farklılıklar göstermiş, 11. günde tüm gruplar arasında önemli ($P<0,05$), 1. ve 5. günde K-P-L-PL arasında önemsiz ($P>0,05$) değişimler sergilemiştir. 3. 9. 13. 17. Ve 19. depolama günlerinde L-PL grupları arasında fark görülmemiştir. 7. günde P-L-PL arasında fark yokken K ve diğer tüm gruplar arasında LAB değerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Her bir grubun günlere göre kendi değişimleri 1-21. günler arasında farklılık göstermiştir (Tablo 2).

Duyusal Analiz Sonuçları

Farklı doğal antioksidan ilaveli sudak köftelerinin duyusal analizleri sonucu tüm duyusal parametreler açısından genellikle portakal özütü ilave edilen grup daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Köftelerin, 1. depolama gününde tat dışındaki tüm değerlerin arasında grup farkının önemli olmadığı ($p>0,05$), depolama günlerine göre gruplar arasındaki bu farkın açıldığı saptanmıştır. Koku değeri incelendiğinde K grubu dışındaki tüm grupların daha yüksek değerler sergilediği saptanmıştır (Tablo 3-7).

Tablo 2. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı TMAB, TPAB ve LAB değerlerinin değişimi (ORT±SD). N=3

Table 2. Storage-dependent change of TMAB, TPAB and LAB values (Mean ± SD) of pike perch meatballs added with, orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N=3

GÜN	GRUP	ORT±SD	GÜN	GRUP	ORT±SD	GÜN	GRUP	ORT±SD
TMAB1	K	4,731±0,065 ^{abH}	TPAB1	K	4,598±0,137 ^{aG}	LAB1	K	4,598±0,137 ^{aG}
	P	4,645±0,065 ^{bK}		P	4,578±0,133 ^{aJ}		P	4,578±0,133 ^{aJ}
	L	4,738±0,036 ^{abJ}		L	4,577±0,145 ^{aI}		L	4,577±0,145 ^{aH}
	PL	4,758±0,032 ^{aJ}		PL	4,616±0,145 ^{aH}		PL	4,616±0,145 ^{aH}
TMAB3	K	4,874±0,042 ^{aG}	TPAB3	K	4,849±0,055 ^{aF}	LAB3	K	4,849±0,055 ^{aF}
	P	4,789±0,016 ^{bJ}		P	4,768±0,037 ^{bI}		P	4,768±0,037 ^{bI}
	L	4,820±0,023 ^{abI}		L	4,818±0,029 ^{abH}		L	4,818±0,029 ^{abG}
	PL	4,836±0,023 ^{abI}		PL	4,816±0,035 ^{abG}		PL	4,816±0,035 ^{abG}
TMAB5	K	5,132±0,025 ^{aF}	TPAB5	K	5,124±0,033 ^{aE}	LAB5	K	5,124±0,033 ^{aE}
	P	5,087±0,010 ^{bI}		P	5,076±0,024 ^{aH}		P	5,076±0,024 ^{aH}
	L	5,093±0,019 ^{bH}		L	5,079±0,021 ^{aG}		L	5,079±0,021 ^{aF}
	PL	5,134±0,025 ^{aH}		PL	5,117±0,031 ^{aF}		PL	5,117±0,031 ^{aF}
TMAB7	K	5,559±0,021 ^{aE}	TPAB7	K	5,507±0,054 ^{aD}	LAB7	K	5,507±0,054 ^{aD}
	P	5,314±0,009 ^{ch}		P	5,335±0,042 ^{bG}		P	5,335±0,042 ^{bG}
	L	5,337±0,009 ^{bcG}		L	5,336±0,020 ^{bF}		L	5,336±0,020 ^{bE}
	PL	5,349±0,010 ^{bG}		PL	5,363±0,032 ^{bE}		PL	5,363±0,032 ^{bE}
TMAB9	K	5,688±0,010 ^{aD}	TPAB9	K	5,685±0,011 ^{aC}	LAB9	K	5,685±0,035 ^{aC}
	P	5,473±0,013 ^{dG}		P	5,469±0,015 ^{dF}		P	5,469±0,021 ^{cF}
	L	5,563±0,013 ^{cF}		L	5,561±0,014 ^{cE}		L	5,560±0,019 ^{bD}
	PL	5,592±0,012 ^{bF}		PL	5,587±0,013 ^{bD}		PL	5,589±0,014 ^{bD}
TMAB11	K	5,825±0,020 ^{aC}	TPAB11	K	5,824±0,022 ^{aB}	LAB11	K	5,817±0,019 ^{aB}
	P	5,587±0,007 ^{cF}		P	5,586±0,011 ^{cE}		P	5,607±0,040 ^{cE}
	L	5,678±0,014 ^{bE}		L	5,676±0,013 ^{bD}		L	5,675±0,015 ^{bC}
	PL	5,688±0,005 ^{bE}		PL	5,620±0,062 ^{bcD}		PL	5,637±0,020 ^{bcD}
TMAB13	K	5,948±0,015 ^{aB}	TPAB13	K	5,946±0,015 ^{aA}	LAB13	K	5,946±0,018 ^{aA}
	P	5,697±0,006 ^{cE}		P	5,696±0,008 ^{cD}		P	5,696±0,011 ^{cD}
	L	5,775±0,005 ^{bD}		L	5,774±0,008 ^{bc}		L	5,771±0,011 ^{bB}
	PL	v		PL	5,777±0,009 ^{bc}		PL	5,780±0,012 ^{bc}
TMAB15	K	5,999±0,003 ^{aA}	TPAB15	K	5,998±0,004 ^{aA}	LAB15	K	5,998±0,005 ^{aA}
	P	5,804±0,004 ^{dD}		P	5,803±0,005 ^{dC}		P	5,819±0,015 ^{cC}
	L	5,825±0,012 ^{cC}		L	5,822±0,011 ^{cC}		L	5,825±0,013 ^{cB}
	PL	5,853±0,006 ^{bC}		PL	5,853±0,008 ^{bBC}		PL	5,861±0,010 ^{bBC}
TMAB17	K	-	TPAB17	K	-	LAB17	K	-
	P	5,890±0,012 ^{bC}		P	5,888±0,013 ^{bB}		P	5,893±0,018 ^{bBC}
	L	5,922±0,008 ^{aB}		L	5,921±0,009 ^{aB}		L	5,927±0,012 ^{aA}
	PL	5,939±0,008 ^{aB}		PL	5,934±0,011 ^{aAB}		PL	5,937±0,011 ^{aAB}
TMAB19	K	-	TPAB19	K	-	LAB19	K	-
	P	5,936±0,009 ^{bB}		P	5,935±0,010 ^{bAB}		P	5,940±0,013 ^{bAB}
	L	6,002±0,004 ^{aA}		L	6,001±0,004 ^{aA}		L	6,002±0,004 ^{aA}
	PL	5,994±0,016 ^{aA}		PL	5,996±0,018 ^{aA}		PL	5,997±0,018 ^{aA}
TMAB21	K	-	TPAB21	K	-	LAB21	K	-
	P	5,999±0,004 ^{aA}		P	6,001±0,005 ^{aA}		P	6,005±0,005 ^{aA}
	L	-		L	-		L	-
	PL	-		PL	-		PL	-

Küçük harfler gruplar arasındaki farkı, büyük harfler günler arasındaki farkı göstermektedir (K: Kontrol, P: Portakal, L: Limon, PL: portakal + limon grubu)

Tablo 3. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı duyuşal koku değęerlerinin değışimi (ORT $\pm$ SD). N=10**Table 3.** Storage-related sensory odor values (Mean $\pm$ SD) of pike perch meatballs added with orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N = 10

Günler	Gruplar (Koku)			
	K	P	L	PL
1	8,70 $\pm$ 0,483 ^{aA}	9,30 $\pm$ 0,674 ^{aA}	9,10 $\pm$ 0,737 ^{aA}	8,70 $\pm$ 0,674 ^{aA}
3	7,90 $\pm$ 0,875 ^{bB}	8,70 $\pm$ 0,674 ^{aA}	8,80 $\pm$ 0,632 ^{aA}	8,40 $\pm$ 0,699 ^{abA}
5	6,90 $\pm$ 0,737 ^{bC}	7,90 $\pm$ 0,737 ^{aB}	8,00 $\pm$ 0,666 ^{aB}	7,70 $\pm$ 0,483 ^{aB}
7	6,20 $\pm$ 0,788 ^{bD}	7,40 $\pm$ 0,843 ^{aBC}	7,20 $\pm$ 0,788 ^{aC}	7,00 $\pm$ 0,666 ^{aC}
9	5,90 $\pm$ 0,567 ^{bD}	6,90 $\pm$ 0,737 ^{aC}	6,50 $\pm$ 0,527 ^{aD}	6,50 $\pm$ 0,527 ^{aC}
11	4,70 $\pm$ 0,483 ^{bE}	6,10 $\pm$ 0,737 ^{aD}	5,80 $\pm$ 0,421 ^{aE}	5,90 $\pm$ 0,737 ^{aD}
13	2,60 $\pm$ 0,699 ^{cF}	5,70 $\pm$ 0,674 ^{aDE}	4,90 $\pm$ 0,567 ^{bF}	5,10 $\pm$ 0,737 ^{abE}
15	-	5,40 $\pm$ 0,699 ^{aE}	4,10 $\pm$ 0,567 ^{bG}	4,20 $\pm$ 0,788 ^{bF}
17	-	4,60 $\pm$ 0,516 ^{aF}	3,50 $\pm$ 0,527 ^{bH}	3,60 $\pm$ 0,516 ^{bG}
19	-	3,20 $\pm$ 0,632 ^{aG}	2,60 $\pm$ 0,843 ^{aI}	2,70 $\pm$ 0,823 ^{aH}
21	-	2,00 $\pm$ 0,816 ^{aH}	-	-

Tablo 4. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı duyuşal tat değęerlerinin değışimi (ORT $\pm$ SD). N=10**Table 4.** Storage-dependent change in sensory taste values (Mean $\pm$ SD) of pike perch meatballs added with orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N=10

Günler	Gruplar (Tat)			
	K	P	L	PL
1	8,60 $\pm$ 0,699 ^{bA}	9,30 $\pm$ 0,674 ^{aA}	8,40 $\pm$ 0,699 ^{bA}	8,60 $\pm$ 0,699 ^{bA}
3	7,30 $\pm$ 0,674 ^{bB}	8,80 $\pm$ 0,788 ^{aA}	8,20 $\pm$ 0,788 ^{aA}	8,20 $\pm$ 0,632 ^{aA}
5	7,30 $\pm$ 0,823 ^{aB}	7,90 $\pm$ 0,737 ^{aB}	7,70 $\pm$ 0,823 ^{aAB}	7,50 $\pm$ 0,527 ^{aB}
7	6,50 $\pm$ 0,707 ^{bC}	7,20 $\pm$ 0,788 ^{aC}	7,20 $\pm$ 0,788 ^{aBC}	6,60 $\pm$ 0,516 ^{abC}
9	6,40 $\pm$ 0,516 ^{aC}	6,20 $\pm$ 0,788 ^{aD}	6,70 $\pm$ 0,823 ^{aC}	6,10 $\pm$ 0,567 ^{aC}
11	4,50 $\pm$ 0,849 ^{cD}	5,60 $\pm$ 0,699 ^{bDE}	6,60 $\pm$ 1,074 ^{aC}	5,40 $\pm$ 0,516 ^{bD}
13	-	5,00 $\pm$ 0,666 ^{bE}	5,80 $\pm$ 0,918 ^{aD}	4,60 $\pm$ 0,699 ^{bE}
15	-	4,10 $\pm$ 0,737 ^{bF}	5,40 $\pm$ 0,843 ^{aD}	4,00 $\pm$ 0,666 ^{bF}
17	-	3,50 $\pm$ 0,707 ^{aF}	4,00 $\pm$ 0,816 ^{aE}	3,50 $\pm$ 0,527 ^{aF}
19	-	2,70 $\pm$ 0,483 ^{aG}	2,60 $\pm$ 0,843 ^{aF}	2,40 $\pm$ 0,699 ^{aG}
21	-	1,50 $\pm$ 0,527 ^{aH}	-	-

Aynı satırda farklı küçük harf ve aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Tablo 5. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı duyuşal renk değęerlerinin değışimi (ORT $\pm$ SD). N=10**Table 5.** Storage-dependent change of sensory color values (Mean $\pm$ SD) of pike perch meatballs added with orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N = 10

Günler	Gruplar (Renk)			
	K	P	L	PL
1	8,60 $\pm$ 0,516 ^{aA}	8,70 $\pm$ 0,674 ^{aA}	8,70 $\pm$ 0,674 ^{aA}	9,00 $\pm$ 0,666 ^{aA}
3	7,30 $\pm$ 0,674 ^{bB}	8,30 $\pm$ 0,823 ^{aA}	8,10 $\pm$ 0,737 ^{aB}	8,70 $\pm$ 0,483 ^{aA}
5	7,10 $\pm$ 0,737 ^{aB}	7,60 $\pm$ 0,516 ^{aB}	7,20 $\pm$ 0,788 ^{aC}	7,70 $\pm$ 0,823 ^{aB}
7	6,30 $\pm$ 0,674 ^{bC}	6,50 $\pm$ 0,707 ^{bC}	6,40 $\pm$ 0,699 ^{bD}	7,30 $\pm$ 0,823 ^{aB}
9	5,90 $\pm$ 0,567 ^{abC}	6,20 $\pm$ 0,788 ^{aC}	5,60 $\pm$ 0,516 ^{bE}	6,40 $\pm$ 0,516 ^{aC}
11	4,30 $\pm$ 0,483 ^{bD}	5,60 $\pm$ 0,516 ^{aD}	4,50 $\pm$ 0,527 ^{bF}	5,60 $\pm$ 0,516 ^{aD}
13	2,50 $\pm$ 0,849 ^{cE}	5,00 $\pm$ 0,666 ^{aE}	3,80 $\pm$ 0,421 ^{bG}	4,70 $\pm$ 0,674 ^{aE}
15	-	4,50 $\pm$ 0,527 ^{aE}	3,40 $\pm$ 0,516 ^{bG}	3,80 $\pm$ 0,632 ^{aF}
17	-	3,40 $\pm$ 0,699 ^{aF}	2,80 $\pm$ 0,421 ^{bH}	3,30 $\pm$ 0,483 ^{aF}
19	-	2,50 $\pm$ 0,707 ^{aG}	2,00 $\pm$ 0,816 ^{aI}	2,50 $\pm$ 0,707 ^{aG}
21	-	1,40 $\pm$ 0,516 ^{aH}	-	-

Aynı satırda farklı küçük harf ve aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Tablo 6. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı duyuşal tekstür değerlerinin değişimi (ORT±SD). N=10

Table 6. The change in the sensory texture values (Mean ± SD) of pike perch meatballs added with orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N = 10

Günler	Gruplar (Tekstür)			
	K	P	L	PL
1	8,80±0,421 ^{aA}	8,60±0,843 ^{aA}	8,90±0,567 ^{aA}	8,80±0,632 ^{aA}
3	7,70±0,823 ^{bB}	8,40±0,843 ^{aA}	8,60±0,516 ^{aAB}	8,50±0,527 ^{aA}
5	6,60±0,699 ^{bC}	7,90±0,567 ^{aA}	8,20±0,632 ^{aB}	7,70±0,823 ^{aB}
7	6,40±0,516 ^{bCD}	7,10±0,737 ^{aB}	7,40±0,516 ^{aC}	7,30±0,674 ^{aB}
9	6,10±0,567 ^{bD}	6,50±0,707 ^{abBC}	6,70±0,483 ^{aD}	6,70±0,483 ^{aC}
11	4,80±0,421 ^{bE}	5,90±0,567 ^{aCD}	6,10±0,737 ^{aE}	5,90±0,567 ^{aD}
13	1,90±0,737 ^{cF}	5,40±0,699 ^{abDE}	5,90±0,567 ^{aEF}	5,10±0,737 ^{bE}
15	-	4,90±0,737 ^{abEF}	5,40±0,516 ^{aF}	4,40±0,699 ^{bF}
17	-	4,30±0,823 ^{aF}	3,40±0,699 ^{bG}	4,00±0,666 ^{aF}
19	-	3,10±0,994 ^{aG}	2,10±0,737 ^{bH}	2,60±0,843 ^{abG}
21	-	2,00±0,816 ^{aH}	-	-

Aynı satırda farklı küçük harf ve aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Tablo 7. Kontrol, portakal suyu, limon suyu ve portakal – limon suyu karışık ilave edilmiş sudak balığı köftelerinin depolamaya bağlı duyuşal görünüm değerlerinin değişimi (ORT±SD). N=10

Table 7. Storage-dependent change of sensory appearance values (Mean ± SD) of pike perch meatballs added with orange juice, lemon juice and mixed orange-lemon juice and control groups. N=10

Günler	Gruplar (Görünüm)			
	K	P	L	PL
1	8,10±0,421 ^{abA}	9,30±0,674 ^{aA}	8,40±1,074 ^{bA}	8,80±0,632 ^{abA}
3	7,10±0,737 ^{bB}	8,80±0,632 ^{aA}	8,10±0,875 ^{aAB}	8,60±0,699 ^{aA}
5	7,30±0,674 ^{bB}	8,20±0,788 ^{aB}	7,60±0,516 ^{abBC}	7,80±0,788 ^{abB}
7	6,30±0,674 ^{bC}	7,10±0,737 ^{aC}	7,00±0,666 ^{aCD}	7,00±0,666 ^{aC}
9	6,50±0,527 ^{aC}	6,50±0,527 ^{aD}	6,40±0,699 ^{aDE}	5,80±0,632 ^{bD}
11	5,20±0,788 ^{abD}	5,50±0,707 ^{abE}	5,90±0,737 ^{aE}	4,90±0,737 ^{bE}
13	2,00±0,816 ^{bE}	4,60±0,699 ^{aF}	4,70±0,948 ^{aF}	4,00±0,666 ^{aF}
15	-	3,80±0,632 ^{abG}	4,30±0,674 ^{aF}	3,70±0,674 ^{bF}
17	-	3,00±0,666 ^{abH}	2,80±0,632 ^{bG}	3,40±0,516 ^{aF}
19	-	2,60±0,516 ^{aH}	1,90±0,737 ^{bH}	2,20±0,788 ^{abG}
21	-	1,70±0,674 ^{aI}	-	-

Aynı satırda farklı küçük harf ve aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiki olarak önemlidir (P<0,05)

Tartışma ve Sonuç

Antioksidanlar, gıdaların oksidasyon hızını azaltan veya bu olayı geciktiren maddelerdir. Gerek doğal ve gerekse sentetik yüzlerce bileşik günümüzde endüstriyel proseslerde gıda maddelerinin raf ömürlerini artırmak için kullanılmaktadır. Doğal antioksidanlar, insanlar tarafından yıllardır aroma ve koruyucu özelliği nedeniyle kullanılmaktadır ve tüketiciler bu antioksidanları güvenilir olarak görmektedirler. Bu açıdan bitkisel kaynaklı ürünlere ilgi artmış ve bu yönde araştırmalar hız kazanmıştır.

Doğal antioksidanlar bakımından zengin olan portakal ve limon sevilerek tüketilen besinlerdir. Su ürünleri ile kullanımları üzerine çok az çalışma

varken diğer bazı antioksidan içerikli bitkilerin kullanıldığı çalışma sayısı daha fazladır (Sanjuas-Rey vd. 2012; Djenane 2015; Hassoun ve Çoban 2017; Durmuş 2020; Hasani vd. 2020; Kerimoğlu vd. 2020). Giarratana vd. (2016) narenciye grubunda bulunan limonen maddesinin çipura balıklarının raf ömrüne olumlu yönde etki ettiğini bildirmişlerdir. Uçar (2020) narenciye kabuklarından elde edilen esansiyel yağların alabalıklarda antioksidan etki göstererek raf ömrünü arttırdığını saptamıştır. Baptista vd. (2020) organik asitlerin çeşitli gıdalarda doğal olarak bulunduğunu bildirmiş ve sirkenin asetik asit, portakalın askorbik asit, üzümün tartarik asit, elmanın malik asit ve limonun sitrik asit gibi organik asitleri içerdiklerini vurgulamıştır. Ticari askorbik asit ve sitrik asitin köpek balığı filetosunun

raf ömrüne etkisinin araştırıldığı çalışmada kullanılan organik asitlerin raf ömrünü artırdığı belirlenmiştir (Şengör vd. 2007). Bu çalışma sonuçları bulgularımızla paralellik göstermektedir.

Sudak balığından elde edilen köftelerin mikrobiyolojik kalite analizleri kapsamında TMAB, TPAB ve LAB değerleri kontrol edilmiştir. Gıda ürünlerinin tüketilebilir olması için aerobik bakteri limit değeri 7 log kob/g olarak belirtilmiştir (ICMSF 1986). Sudak balığı ile yapılan bu çalışmada TMAB değeri açısından K grubunun 15. günde, L ve PL gruplarının 21. günde bozulduğu belirlenmiştir. TPAB değeri açısından da 15. günden sonra K grubu raf ömrünü tamamlamış, 21. günde P grubu hariç diğerleri bozulma göstermiştir. LAB değeri açısından P hariç tüm gruplar raf ömrünü 21. günden önce tamamlamıştır (Tablo 2).

Erol ve İlhak (2015) aynalı sazan balığından elde ettikleri balık köftelerinin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafazası esnasında TPAB sayısını 6. günde 7,55 kob/g olarak bildirmişlerdir. Çiğ ve haşlanmış balık köftelerinin raf ömrü ile ilgili bir çalışmada TPAB miktarı 18 günlük depolama süresince artış göstermiş, buzdolabı koşullarındaki depolamanın 9. günü her iki örnekte sınır değeri geçmiştir (Akkuş vd. 2004). Keser ve İzci (2020) alabalık köftelerine dair yaptıkları çalışmalarında TMAB ve TPAB sayılarının depolamayla birlikte artış gösterdiğini bu artışın istatistiki olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar çalışmamızda da elde edilmiştir. Dondurarak depolama sırasında uskumru balığının duyusal ve fizikokimyasal kalitesine antioksidanların etkisi konulu çalışmada antioksidan uygulamasının raf ömrünü artırdığı belirlenmiştir. Antioksidan olarak bu çalışmada sodyum eritorbat ve bir polifosfat karışımı kullanılmıştır (Sveinsdottir vd. 2020).

Öksüztepe vd. (2010) gökkuşağı alabalığı köftesi üzerine yaptıkları çalışmada TMAB değerinin $4\pm1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza sırasında artış gösterdiğini, depolamanın 8. gününde 8,83 kob/g değerine ulaştığı belirtilmiştir. Akkuş vd. (2004) çiğ ve haşlanmış balık köfteleri üzerine yaptıkları çalışmalarında TMAB yükü $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de depolanması sırasında düzenli artış göstererek her iki denemede 6 kob/g olan güvenlik sınır değerini depolamanın 9. gününde aşmıştır. Uçak vd. (2011) uskumru burgerleri üzerine farklı oranlarda biberiye ekstraktı uygulayarak raf ömrünü incelemişlerdir. Çalışmada yüksek oranda biberiye ekstraktı uygulanan ürünlerin en uzun süre raf ömrüne sahip olduğu belirlenmiştir. Özoğul ve Uçar (2013) doğal antioksidanların (kekik, yeşil çay, ada çayı ve defne) uskumru burgerlerinde depolama boyunca mikrobiyolojik kalite üzerinde olumlu etkilerinin olduğu, kontrol grubuna göre daha uzun süre raf ömrü sergiledikleri belirlenmiştir. Balık

burgerleri üzerine yapılan her iki çalışmada doğal antioksidan kaynaklarının bizim çalışmamızda olduğu gibi ürünün raf ömrünü artırdığı görülmektedir.

Gıda sanayinde yeni bir ürün hazırlandığında duyusal olarak tüketicilerce gösterilen beğeni ve yorumlar önemlidir. Yeni ürünün diğer mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel kalitesinin yanısıra duyusal olarak da analizi yapılır. Kalite değerlendirmesinde duyusal kriterler son derece önemlidir. Araştırmamızda sade ve portakal-limon suyu katkılı sudak köftelerin duyusal analizi sonucu en çok P grubu beğeni almıştır. Tüm gruplarda depolamaya bağlı olarak verilen puanlarda da azalma olmuştur. Raf ömrü açısından ise en uzun portakal içeren köftelerin raf ömrüne sahip olduğu bu grubu L ve PL gruplarının izlediği tespit edilmiştir (Tablo 3-7). Keser ve İzci (2020) alabalık köftelerine dair yaptıkları çalışmalarında araştırmacılar alabalık köftelerine biberiye ve defne uçucu yağı ilavesi sonrası balık köftelerinin raf ömrüne pozitif yönde etki ettiği ve tüketicilerce beğenildiğini bildirmişlerdir. Giarratana vd. (2016) narenciye grubunda bulunan limonen maddesinin çipura filetolarına uygulamışlar ve filetoların duyusal analizi sonucu tüketicilerce beğenildiğini ifade etmişlerdir.

Çalışmada kullanılan bitki özütleri kontrol grubuna göre sudak köftelerini daha iyi korumuştur. Kontrol grubu 15 günde tüketilemeyecek duruma gelirken L ve PL grupları 19. günde, P grubu 21. günde raf ömrünü tamamlamıştır. Duyusal olarak en çok beğenilen grup P grubu olmuştur. En uzun ömürlü ürün de yine P grubu sudak köfteleri olmuştur. Sudak köfte yapımında hem daha uzun ömürlü ürün eldesi hem de tüketiciye farklı aromada bir tat sunmak için portakal başta olmak üzere limon ve ikisinin karışımı kullanılabilir. Ancak tüketicinin tercihlerine göre oranlar değişebilecektir. Antioksidanların kullanımı su ürünleri ile yapılan araştırmalarda da belirtildiği üzere raf ömrünü artırmada oldukça önemlidir. Türkiye doğal antioksidanların bol miktarda bulunduğu, flora bakımından zengin ülkelerden biridir. Bu bağlamda sahip olduğumuz bu doğal kaynaklardan ideal oranda yararlanmalı, yararlanırken türlerin korunmasına da özen gösterilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri birimi (SDÜ BAP) tarafından 3971-YL1-14 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akkuş Ö, Varlık C, Erkan N, Mol S. 2004. Çiğ ve Haşlanmış Balık Etinden Yapılmış Köftelerin Bazı Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. *Turk J Vet Anim Sci.* 28(1):79-85.
- Al-Juhaimi FY, Ghafoor K. 2013. Bioactive compounds, antioxidant and physico-chemical properties of juice from lemon, mandarin and orange fruits cultivated in Saudi Arabia. *Pak J Bot.* 45(4):1193-1196.
- Altuğ T, Elmacı Y. 2005. Gıdalarda Duyusal Değerlendirme. İzmir: Meta Basım 150s.
- APHA 1974. American Public Health Association. Standard methods for the examination of dairy products (13th ed.). Washington: APHA.
- Baptista RC, Horita CN, Sant'Ana AS. 2020. Natural products with preservative properties for enhancing the microbiological safety and extending the shelf-life of seafood: A review. *Food Res Int.* 127:108762.
doi: 10.1016/j.foodres.2019.108762
- Can ÖP. 2012. Eugenol Katkılı Aynalı Sazan Balığı Köftelerinin Raf Ömrünün Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 16(1):6-12.
- Djenane D. 2015. Chemical profile, antibacterial and antioxidant activity of Algerian citrus essential oils and their application in *Sardina pilchardus*. *Foods.* 4(2):208-228.
doi: 10.3390/foods4020208
- Duman M, Peksezer B. 2016. Quality Changes of Fish Balls Prepared From of Mosul Bleak (*Alburnus mossulensis*) Stored at -18 °C Under Air or Vacuum. *Ege Journal Of Fisheries and Aquatic Sciences.* 33(3):285-290.
doi: 10.12714/Egejfas.2016.33.3.14
- Durmus M. 2020. The effects of nanoemulsions based on citrus essential oils (orange, mandarin, grapefruit, and lemon) on the shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets at 4±2° C. *J Food Safety.* 40(1):e12718.
doi: 10.1111/jfs.12718
- Erol P, İlhak Oİ. 2015. Sodyum Laktat ve Timol'ün Aynalı Sazan Balığından (*Cyprinus carpio* L.) Yapılan Köftelerin Bazı Mikrobiyolojik ve Duyusal Nitelikleri Üzerine Etkisi. *Erciyes Üniv Vet Fak Dergisi.* 12(3):153-161.
- Ersoy B, Yılmaz AB. 2003. Karabalık (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) Köftesinin Dondurularak Muhafazası. *Turk J Vet Anim Sci.* 27(4):827-832.
- Gardner PT, White TAC, McPhail DB, Duthie GG. 2000. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food Chem.* 68(4):471-474.
doi: 10.1016/S0308-8146(99)00225-3
- Giarratana F, Muscolino D, Beninati C, Ziino G, Giuffrida A, Panebianco A. 2016. Activity of R (+) limonene on the maximum growth rate of fish spoilage organisms and related effects on shelf-life prolongation of fresh gilthead sea bream fillets. *Int J Food Microbiol.* 237:109-113.
doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2016.08.023
- Gökoğlu N. 1994. Balık köftesinin soğukta depolanması. *Gıda.* 19(3):217-220.
- Hasani S, Ojagh SM, Ghorbani M, Hasani M. 2020. Nano-encapsulation of lemon essential oil approach to reducing the oxidation process in fish burger during refrigerated storage. *Journal of Food Biosciences and Technology.* 10(1):35-46.
- Hassoun A, Çoban ÖE. 2017. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. *Trends Food Sci Tech.* 68: 26-36.
doi: 10.1016/j.tifs.2017.07.016
- ICMSF. 1986. Microorganisms in Food 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications. Toronto: University of Toronto Press 425 s.
- Kaba N, Özer Ö, Çorapçı B. 2012. Dumanlanmış Zargana (*Belone belone euxini* Günther, 1866) Köftelerinin Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. *Journal of Fisheries Science.com.* 6(4):357-367.
doi: 10.3153/jfsc.com.akdeniz009
- Kaba N, Çorapçı B, Yücel Ş, Özer Ö, Eryaşar K. 2013. Dumanlanmış Palamut Balığından (*Sarda sarda*, Bloch 1793) Elde Edilen Balık Köftesinin Duyusal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. *Akademik Gıda.* 11(2):45-50.
- Kerimoğlu BÖ, Kavuşan HS, Serdaroğlu FM. 2020. The impacts of laurel (*Laurus nobilis*) and basil (*Ocimum basilicum*) essential oils on oxidative stability and freshness of sous-vide sea bass fillets. *Turk J Vet Anim Sci.* 44(1):101-109.
doi: 10.3906/vet-1908-25
- Keser E, İzci L. 2020. Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'ndan Elde Edilen Balık Köftelerinde Biberiye ve Defne Uçucu Yağlarının Mikrobiyolojik ve Duyusal Kaliteye Etkisi. *Acta Aquatica Turcica.* 16(1):13-21.
doi: 10.22392/Actaquatr.562381
- Kılınççeker O. 2014. Ada Çayı ve Isırgan Otu Ekstraktlarının Balık Köfte Kaplamalarında Kullanımı. *Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.* 4(2):47-56.
- Kılınççeker O. 2015. Some Quality Characteristics of Fish Meatballs Manufactured With Different Vegetable-Based Flours. *Gıda.* 40(2):61-67.
doi: 10.15237/gıda.GD14058
- Ozogul Y, Uçar Y. 2013. The effects of natural extracts on the quality changes of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*) burgers. *Food Bioprocess Tech.* 6(6):1550-1560.
doi: 10.1007/s11947-012-0794-9
- Öksüztepe G, Çoban ÖE, Güran HS. 2010. Sodyum Laktat İlavesinin Taze Gökkuşluğu Alabalığından (*Oncorhynchus mykiss* W.) Yapılan Köftelere Etkisi. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 16(Supply-A):65-72.
doi: 10.9775/kvfd.2009.1470
- Özpolat E, Çoban ÖE. 2012. Kara Balık (*Capoeta trutta*, Heckel, 1843) ve Sarı Balığın (*Capoeta umbla*, Heckel, 1843) Köfte Olarak Değerlendirilmesi ve Kalite Kriterleri Üzerine Farklı Muhafaza

- Sıcaklıklarının Etkisi. Ege Üniv Su Ürünleri Dergisi. 29(3):127-131.
doi: [10.12714/egejfas.2012.29.3.04](https://doi.org/10.12714/egejfas.2012.29.3.04)
- Patır B, Duman M. 2006. Tütsülenmiş Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L.) Filetolarının Muhafazası Sırasında Oluşan Fiziko-Kimyasal ve Mikrobiyolojik Değişimlerin Belirlenmesi. Fırat Üniv Fen ve Müh Bil Der. 18(2):189-195.
- Pellegrini N, Serafini M, Colombi B, Rio DD, Salvatore S, Bianchi M, Brighenti F. 2003. Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. J Nutr. 133(9):2812-2819.
doi: [10.1093/jn/133.9.2812](https://doi.org/10.1093/jn/133.9.2812)
- Peterson JJ, Beecher GR, Bhagwat SA, Dwyer JT, Gebhardt SE, Haytowitz DB, Holden JM. 2006. Flavanones in grapefruit, lemons, and limes: A compilation and review of the data from the analytical literature. J Food Compos Anal. 19:74-80.
- Rapisarda P, Tomaino A, Cascio RL, Bonina F, Pasquale AD, Saija A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. J Agric Food Chem. 47(11):4718-4723.
doi: [10.1021/jf990111l](https://doi.org/10.1021/jf990111l)
- Sanjuás-Rey M, Pourashouri P, Barros-Velázquez J, Aubourg SP. 2012. Effect of oregano and thyme essential oils on the microbiological and chemical quality of refrigerated (4 °C) ready-to-eat squid rings. Int J Food Sci Tech. 47(7):1439-1447.
doi: [10.1111/j.1365-2621.2012.02991.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.02991.x)
- Sveinsdóttir HI, Karlsdóttir MG, Arason S, Stefánsson G, Sone I, Skåra T, Rustad T, Larsson K, Undeland I, Gudjónsdóttir M. 2020. Effect of antioxidants on the sensory quality and physicochemical stability of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) fillets during frozen storage. Food Chem. 321:126744.
doi: [10.1016/j.foodchem.2020.126744](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126744)
- Şengör GF, Mol S, Üçok D. 2007. The effect of ascorbic acid, citric acid and salt on the quality of spiny dogfish (*Squalus acanthias*) fillet. J Aquat Food Prod T. 16(1):103-113.
doi: [10.1300/J030v16n01_08](https://doi.org/10.1300/J030v16n01_08)
- Uçak İ, Özogul Y, Durmuş M. 2011. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. Int J Food Sci Tech. 46(6):1157-1163.
doi: [10.1111/j.1365-2621.2011.02610.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02610.x)
- Uçar Y. 2020. Antioxidant effect of nanoemulsions based on citrus peel essential oils: Prevention of lipid oxidation in trout. Eur J Lipid Sci Tech. 122(5):1900405.
doi: [10.1002/ejlt.201900405](https://doi.org/10.1002/ejlt.201900405)
- Ulusoy Ş, Doğruyol H, Üçok Alakavuk D, Tosun ŞY. 2017. Monosodyum Glutamatın Balık Çorbası ve Balık Köftesinin Duyusal Özellikleri Üzerine Etkisi. Gıda. 42(4): 339-347.
doi: [10.15237/gida.GD16091](https://doi.org/10.15237/gida.GD16091)
- Varlık C, Erkan N, Metin S, Baygar T, Özden Ö. 2000. Marine Balık Köftesinin Raf Ömrünün Belirlenmesi. Turk J Vet Anim Sci. 24:593-597.
- Varlık C, Erkan N, Özden Ö, Mol S, Baygar T. 2004. Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları 491 s.
- Yanar Y, Fenercioğlu H. 1999. Sazan (*Cyprinus carpio*) Etinin Balık Köftesi Olarak Değerlendirilmesi. Turk J Vet Anim Sci. 23:361-365.
- Yoo KM, Lee KW, Park JB, Lee HJ, Hwang IK. 2004. Variation in major antioxidants and total antioxidant activity of yuzu (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) during maturation and between cultivars. J Agric Food Chem. 52(19):5907-5913.
doi: [10.1021/jf0498158](https://doi.org/10.1021/jf0498158)



Age, Growth and Length-Weight Relationship of Tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) from Lake Van, Türkiye

Ferhat DEMİROL^{1*} Fahrettin YÜKSEL²

¹ Elazığ Fisheries Research Institute, Elazığ-Türkiye

² Munzur University, Fisheries Faculty, Tunceli-Türkiye

ABSTRACT

This study was carried out to determine the some population parameters of tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) in Lake Van between October 3, 2020 and October 13, 2020. A total of 695 specimens were caught by using European Standard (EN 14757) gillnets. The fish sample was consisted of 51.2% female and 48.8% male individuals, so ratio of ♀:♂ was computed as 1.05:1. The age distribution of sample was found 0-7 range. Average total length of the age classes were calculated as, 7.95, 14.37, 18.92, 21.96, 23.14, 23.97, 24.65, 25.60 cm and average weights were calculated as, 3.38, 22.37, 54.98, 89.07, 105.87, 120.42, 132.02, 154.75 g for from 0 to VII age classes respectively. The length-weight relationship (LWR) of population (for all individulas) was described as $W=0.0033TL^{3.3044}$. The growth type of the fish was determined as positive allometric (+). Fulton condition factor, L_{∞} , K_{brody} , t_0 , W_{∞} were estimated as; 0.790, 25.9937 cm, 0.4674 year⁻¹, -0.7713 year and 156.1708 g respectively for the all individuals. Our study contributes to updating the literature on the determination of growth characteristics and age distributions of the population of tarek in the Lake Van.

Keywords: Tarek, *Alburnus tarichi*, growth, Lake Van, population parameters

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 14.01.2022

Revised : 14.02.2022

Accepted : 24.03.2022

Published : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish. 1057782

* CORRESPONDING AUTHOR

ferhatdemirrol@hotmail.com

Phone : +90 530 746 54 64

Van Gölü İnci Kefali (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) Populasyonunun Yaş, Büyüme Özellikleri ve Boy-Ağırlık İlişkisi

Öz: Bu çalışma, İnci Kefali popülasyon parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 3-13 Ekim 2020 tarihleri arasında Van Gölü'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında Avrupa Birliği standardı (EN 14747) galsama ağlarıyla toplam 695 adet inci kefali avlanmıştır. Avlanan örnekler incelendiğinde Van Gölü inci kefali popülasyonunun %51,2 dişi, %48,8 erkek bireylerden oluştuğu ve ♀:♂ oranının 1,05:1 olduğu anlaşılmıştır. Popülasyonun 0 ile 7 yaş aralığındaki bireylerden oluştuğu tespit edilmiş olup yaş sınıflarının ortalama total boyları 0 yaş gurubundan başlamak üzere sırasıyla: 7,95; 14,37; 18,92; 21,96; 23,14; 23,97; 24,65; 25,60 cm ortalama ağırlıkları ise yine sırasıyla: 3,38; 22,37; 54,98; 89,07; 105,87; 120,42; 132,02 ve 154,75 g olarak hesaplanmıştır. Total-boy ile ağırlık arasındaki ilişki tüm bireyler için $W=0,0033TL^{3,3044}$ şeklinde tanımlanmıştır. İnci kefallerinin pozitif allometrik (+) büyüme tipine sahip oldukları belirlenmiştir. İnci Kefali popülasyonun tamamı için kondisyon faktörü; 0,790, L_{∞} ; 25,9937 cm, K_{brody} ; 0,4674 yıl⁻¹, t_0 ; -0,7713 yıl, W_{∞} ; 156,1708 g olarak hesaplanmıştır. Çalışmamız, Van Gölü inci kefali popülasyonunun büyüme özellikleri ve yaş dağılımlarının belirlenmesine yönelik bilimsel literatürün güncellenmesine katkı sağlamaktadır.

Anahtar kelimeler: İnci Kefali, *Alburnus tarichi*, büyüme, Van Gölü, populasyon parametreleri

How to Cite

Demirrol F, Yüksel F. 2022. Age, Growth and Length-Weight Relationship of Tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) from Lake Van, Türkiye LimnoFish. 8(2): 150-159. doi: 10.17216/ LimnoFish. 1057782

Introduction

In generally, two different fishing methods are applied on tarek by fishermen of the Lake Van, that shows differences according to times of the year. First one is a traditional method that based on ancient times, in which is the fish are caught when they are in streams for spawning. The second one is legal

fishing which applied during fishing season from 15 July to 15 April.

Today, tarek consist of approximately 30% of the total inland fish catch in Türkiye. However, this species is endangered in a closed basin can be negatively affected by frequent human interventions. The tarek has been included in the red list since 1996

by the IUCN (International Union for Conservation of Nature) as a "Near threatened species whose population trend is in decline" (Şen et al. 2015; IUCN 2021).

There are various previous studies on the populations of tarek in different localities of the south-eastern region of Türkiye (Akgül 1980; Özdemir 1982; Sarı 1997; Elp 2002; Gündoğdu 2010; Bostancı and Polat 2011). But, there is no current study that comprehensively examines the population of Lake Van which is the largest population of tarek. The aim of the study is obtain some

population parameters of the tarek inhabit the Lake Van.

Materials and Methods

Lake Van is the largest lake of Türkiye with 3602 km² surface area and 451 m maximum depth. The salinity of the lake is 21.7‰ and its water volume is 614 km³. Lake Van is the world's largest soda lake with a pH value of 9.7 (Figure 1) (Degens and Kurtmann 1978). The only fish species living in the lake is the tarek (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) also as known as "Van Fish" (Figure 2) (Aydın 2017).

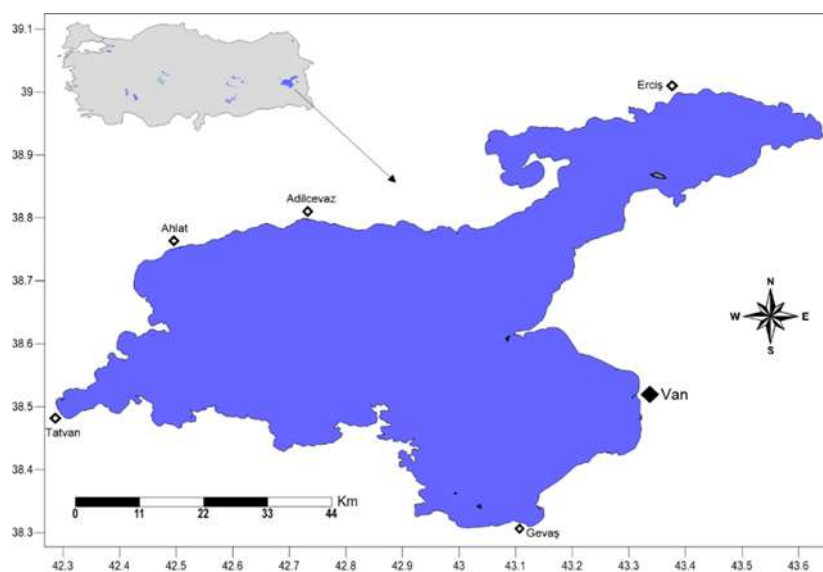


Figure 1. Study area and its location



Figure 2. The tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814)

Fish sampling was carried out according to EN 14757 (Water quality - Sampling of fish with multi-mesh gillnets) standard (CEN 2005). The multi-mesh gillnets have been designed for catching all species of freshwater fish species. Each gillnet is composed

of 12 different mesh-sizes ranging from 5 mm to 55 mm (knot to knot). The mesh-sizes follow a geometric series, with a ratio between mesh-sizes of about 1.25. All gillnets have the same order of mesh panels.

Between October 3, 2020 and October 13, 2020, 695 tareks were caught in 7 fishing operations with four EN 14757 standard gill nets. All caught fish were measured by measuring board with 0.5 cm precision, and all of them weighted by 0.5 g sensitive electronic balance.

A total of 323 fish age were determined by reading the otoliths (sagitta), the tissue suggested by Ataman (2010) for tarek age studies. For the age readings it was followed the guidelines of Vitale et al. (2009). Gender determination of fish were made according to Lagler et al. (1977).

The length-weight relationship is determined by using parabolic equation $W=aL^b$ (Froese 2006). In this equation, W is the total weight (g), L is the total length (cm), a and b are regression constants. The increase in length and weight is represented by von Bertalanffy equation (Sparre and Venema 1998).

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

$$W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

The growth parameters L_{∞} , K_{brody} and t_0 are estimated using the least square method recommended by Sparre and Venema (1998) by using *TropFishR* (v1.6) package (Mildenberger et al. 2017). Monte Carlo simulation with 1,000 repetitions was used to calculate the 95% confidence intervals of the parameters.

The following formula was used to calculate the growth performance index for age and sex groups (Pauly and Munro 1984).

$$O = \log k + 2 \log L_{\infty}$$

The Fulton condition factor is calculated for sex

and age groups by the following formula where; W : total weight (g), L : total length (cm) (Sparre and Venema 1998).

$$FCF = 100W/L^3$$

All statistical process was computed with R (v4.0.3) based R Studio (v1.3.1093) software and “rstatix” R-package was used for all statistical evaluations (Kassambara, 2021). In addition to descriptive statistical methods (mean, standard deviation, standard error) in the evaluation of data, independent samples “*t-test*” and “one-way analysis of variance (ANOVA)” were used to compare parametric data, while “Pearson Chi-Square (X^2)” test was used to compare nonparametric data. *TUKEY^{HSD}* was preferred as a multiple comparison test. The results were evaluated at the 95% confidence interval, at the $p < 0.05$ significance level.

Results

Age and Sex Composition

The sexes of 254 fish out of a total 323 fish whose ages determined, were identified. 130 of them are female (51.2%) and 124 of them are male (48.8%). The ♀:♂ ratios were 0.8:1 for I and II age groups; 1.1:1 for III age group; 1.7:1 for IV and V age groups; 2.0:1 for VI age group; 1:1 for VII age group; It was calculated as 1.05:1 for the sum of all age groups. (Table 1). Although the ratios of female-male are different according to age groups, this difference was not found to be statistically significant ($X^2: 8.076$; $p > 0.05$).

Table 1. Sex ratios of tarek by age classes

Age	♀		♂		♀♂	
	N	N%	N	N%	N	♀:♂
0	0	-	0	-	17	-
I	23	43.40	30	56.60	101	0.8:1
II	34	43.59	44	56.41	83	0.8:1
III	20	51.28	19	48.72	39	1.1:1
IV	22	62.86	13	37.14	35	1.7:1
V	20	62.50	12	37.50	31	1.7:1
VI	10	66.67	5	33.33	15	2.0:1
VII	1	50.00	1	50.00	2	1.0:1
Σ	130	51.20	124	48.80	323	1.05:1

Pearson chi-square (X^2): 8.076; $p > 0.05$

Length Distribution

Average total length, standard deviation, minimum and maximum length values according to age and sex groups are shown in Table 2. At all ages, the difference of the mean total length between the female and male sex groups was found to be

statistically insignificant by the independent samples *t-test* ($p > 0.05$). The differences between the mean total lengths of the age groups in each sex group were calculated with the one-way ANOVA with *Tukey^{HSD}* test, and the results are shown in Table 2 by coding with letters.

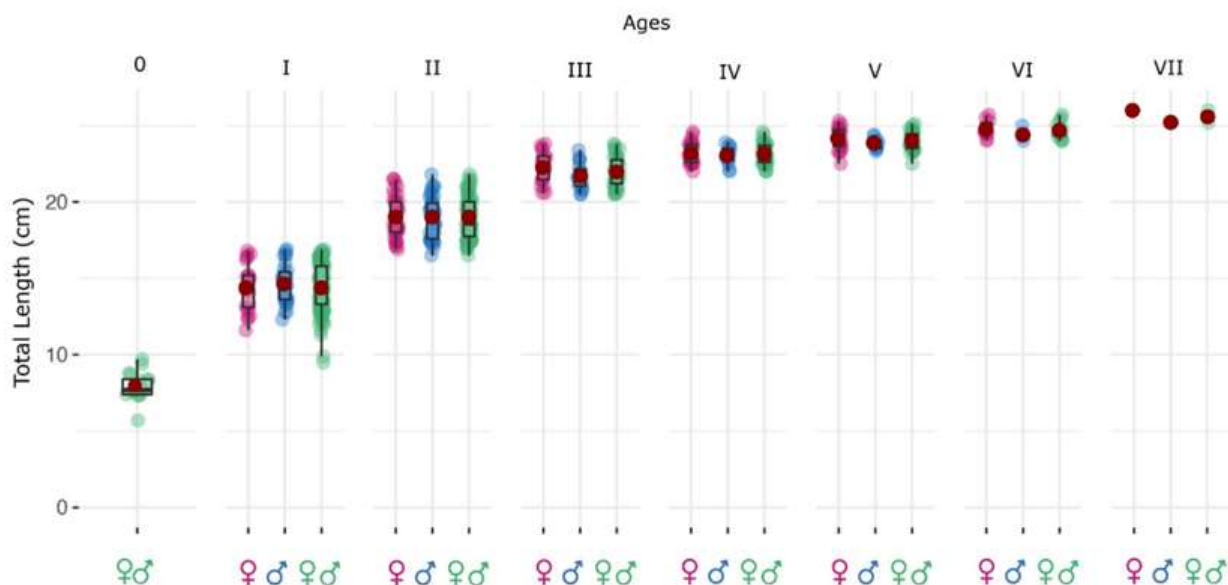
Table 2. Total length distribution of samples by age and sex groups

Age	♀			♂			♀♂			P
	N	$\overline{TL} \pm SD$	Min-Max.	N	$\overline{TL} \pm SD$	Min-Max.	N	$\overline{TL} \pm SD$	Min-Max.	
0	0	-	-	0	-	-	17	7.95±0.92 ^a	5.70-9.70	-
I	23	14.38±1.52 ^a	11.60-16.80	30	14.62±1.28 ^a	12.30-16.90	101	14.37±1.58 ^b	9.50-16.90	0.540
II	34	19.01±1.37 ^b	16.90-21.50	44	18.94±1.32 ^b	16.50-21.80	83	18.92±1.31 ^c	16.50-21.80	0.833
III	20	22.23±1.02 ^c	20.60-23.80	19	21.68±0.84 ^c	20.50-23.40	39	21.96±0.97 ^d	20.50-23.80	0.750
IV	22	23.20±0.72 ^{cd}	22.00-24.60	13	23.03±0.60 ^d	22.00-23.90	35	23.14±0.67 ^{de}	22.00-24.60	0.481
V	20	24.13±0.74 ^{de}	22.50-25.30	12	23.83±0.34 ^{de}	23.30-24.40	31	23.97±0.60 ^e	22.50-25.10	0.125
VI	10	24.75±0.57 ^e	24.00-25.70	5	24.44±0.36 ^e	24.00-25.00	15	24.65±0.52 ^{ef}	24.00-25.70	0.295
VII	1	26.0	26.00-26.00	1	25.2	25.20-25.20	2	25.60±0.14 ^f	25.20-26.00	-
Σ	130	20.68±3.72	11.60-26.00	124	19.49±3.50	12.30-25.80	323	18.54±4.64	5.70-26.00	-

P: represented of *t*-test result for $\overline{TL}$ comparing of female and male sex groups in the same age class. There are statistical differences of means marked with different letter in same column.

The total length (TL) distribution in all age and sex groups is shown in Figure 3. Colored dots in the figure represent data points for age and sex groups, rectangle is interquartile range (25% - 75%), horizontal line that is inside the rectangle is median, red dot is mean total

length, the up and down lines on both sides of the rectangle indicate the minimum distance (25% - 1.5 x interquartile range) and the maximum distance (75% + 1.5 x interquartile range). Colored dots which are outside these lines represent outlier data.

**Figure 3.** Total length distributions at age and sex groups

Weight Distribution

Average weight (W), standard deviation, minimum and maximum weight values according to age and sex groups are shown in Table 3. Statistical differences was not found in mean total weight ($p > 0.05$) of tarek between different

sex groups for all age classes except IV age class ($p < 0.05$). The differences between the mean weight of the age classes in each sex group were tested with the one-way ANOVA with *Tukey^{HSD}* test, and the results are shown in Table 3 by coding with letters.

Table 3. Total weight distribution of samples by age and sex groups

Age	♀			♂			♀♂			P
	N	$\bar{W} \pm SD$	Min-Max.	N	$W \pm SD$	Min-Max.	N	$\bar{W} \pm SD$	Min-Max.	
0	0	-	-	0	-	-	17	3.38±0.99 ^a	1.50-5.50	-
I	23	22.93±8.68 ^a	12.91-44.65	30	23.08±6.30 ^a	12.50-37.00	101	22.37±7.49 ^b	5.50-44.65	0.942
II	34	54.31±15.76 ^b	34.00-88.00	44	56.86±15.13 ^b	34.00-89.50	83	54.98±15.27 ^c	34.00-89.50	0.470
III	20	92.23±11.66 ^c	72.00-111.50	19	85.76±9.95 ^c	68.50-106.07	39	89.07±11.21 ^d	68.50-111.50	0.071
IV	22	108.75±12.69 ^{cd}	84.00-130.31	13	101.00±5.86 ^d	88.69-108.63	35	105.87±11.22 ^{de}	84.00-130.31	0.020
V	20	122.71±16.26 ^{de}	96.50-152.84	12	117.83±6.86 ^{de}	108.50-131.83	31	120.42±13.56 ^e	96.50-152.84	0.333
VI	10	135.52±13.51 ^e	116.50-163.50	5	127.02±8.93 ^e	114.89-139.00	15	132.02±13.23 ^{ef}	114.89-163.50	0.229
VII	1	163.5	163.50-163.50	1	146.0	146.00-146.00	2	154.75±12.37 ^f	146.00-163.50	-
Σ	130	81.41±40.83	12.91-163.50	124	67.19±35.31	12.50-146.00	323	62.17±41.54	1.50-163.50	-

P: represented of *t*-test result for $\bar{W}$ comparing of female and male sex groups in the same age class. There are statistical differences of means marked with different letter in same column.

Length-Weight Relationship

Length-weight relationship was investigated for each sex groups separately, data set consisted of 264 female, 307 male and 695 total individuals. In all sex groups “b” value was found above 3 and it was

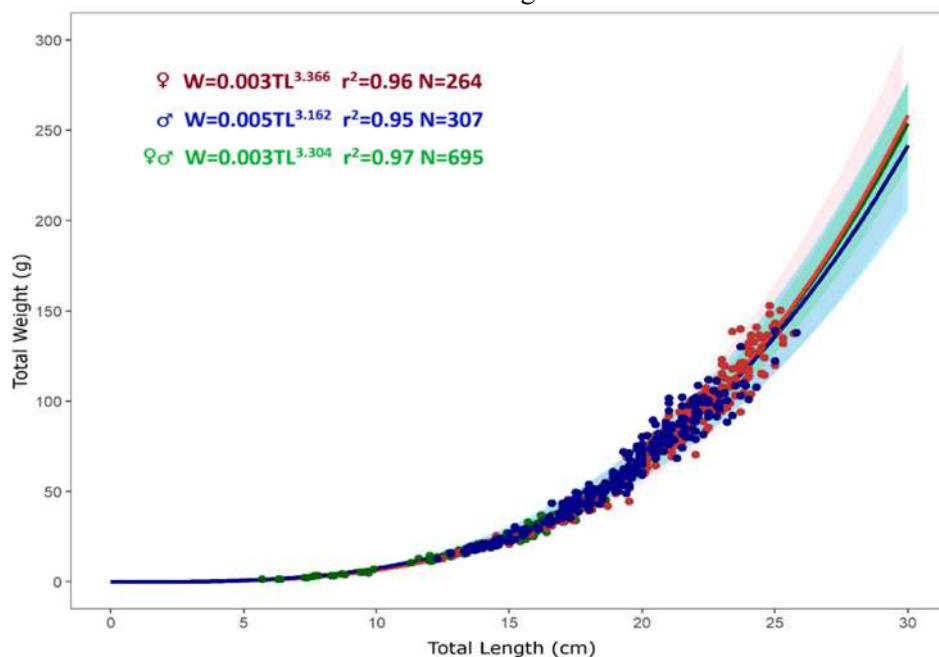
understood that tareks had positive allometric growth type. It was determined that the relationship between total length and total body weight was quite strong, and it was determined that the 96.9% increase of the weight cause from increase in length (Table 4).

Table 4. Length-weight relationship parameters of tarek

Sex	Parameters					Significance test for “b”			
	N	a	b	95% CI “b”	R ²	LWR equations	t _c	t _t	Growth type
♀	264	0.0028	3.3659	3.2537-3.4782	0.959	$W=0.00287TL^{3.3659}$	13.66	3.09	(+) Allometric
♂	307	0.0052	3.1619	3.0668-3.2570	0.951	$W=0.0052TL^{3.1619}$	5.57	3.09	(+) Allometric
♀♂	695	0.0033	3.3044	3.2471-3.3617	0.969	$W=0.0033TL^{3.3044}$	13.61	3.09	(+) Allometric

The length-weight distribution plot with 99% confidence interval of the tareks in Lake Van is shown in Figure 4. Also the number of individuals in

each sex groups, the regression equation and the regression coefficient are shown on the relevant figure.

**Figure 4.** Length-weight distribution of tarek

Fulton Condition Factor

Conditions of 130 female, 124 male, and 69 juvenile, a total of 323 individuals were examined according to age and sex groups. In female individuals the lowest condition factor value was calculated in the “I” age group (0.744 ± 0.026), and the highest condition factor value was calculated in the “VII” age group (0.930). In males, the lowest *FCF* was calculated in the “I” age group (0.723 ± 0.007), and the highest *FCF* was calculated in the “VII” age group (0.912). In all individuals, the lowest *FCF* value was calculated in the “0” age group (0.661 ± 0.018), and the highest *FCF* value was

calculated in the “VII” age group (0.921 ± 0.009). Average *FCF* value was calculated, 0.819 ± 0.008 for females; 0.808 ± 0.007 for males and 0.790 ± 0.005 for all individuals. *FCF* values, standard error (*SE*) and statistical analysis results according to sex and age groups are shown in Table 5. At all ages except age II, the difference of the mean *FCF* between the female and male sex groups was found to be statistically insignificant by the independent samples-t test ($p > 0.05$). The differences between the mean *FCF* of the age groups in each sex group were tested with the one-way ANOVA with Tukey^{HSD} test, and the results are shown in Table 5 by coding with letters.

Table 5. Fulton condition factor (*FCF*) at age and sex groups.

Age	♀			♂			♀♂			P
	N	$\overline{FCF} \pm SE$	Min-Max.	N	$\overline{FCF} \pm SE$	Min-Max.	N	$\overline{FCF} \pm SE$	Min-Max.	
0	0	-	-	0	-	-	17	0.661 ± 0.018^a	0.548-0.810	-
I	23	0.744 ± 0.026^a	0.622-1.271	30	0.723 ± 0.007^a	0.659-0.800	101	0.726 ± 0.007^{ab}	0.619-1.271	0.398
II	34	0.771 ± 0.012^{ab}	0.600-0.922	44	0.818 ± 0.012^b	0.686-1.054	83	0.793 ± 0.009^{bc}	0.600-1.054	0.009
III	20	0.836 ± 0.008^{bc}	0.782-0.901	19	0.841 ± 0.015^b	0.709-0.915	39	0.838 ± 0.08^{cd}	0.709-0.915	0.787
IV	22	0.870 ± 0.017^c	0.743-1.011	13	0.827 ± 0.011^b	0.774-0.907	35	0.854 ± 0.012^{cd}	0.743-1.011	0.078
V	20	0.870 ± 0.015^c	0.768-1.002	12	0.871 ± 0.012^b	0.795-0.954	31	0.871 ± 0.010^{cd}	0.768-1.002	0.943
VI	10	0.893 ± 0.023^c	0.810-0.986	5	0.869 ± 0.013^b	0.831-0.894	15	0.881 ± 0.017^{cd}	0.782-0.986	0.371
VII	1	0.930	0.930-0.930	1	0.912	0.912-0.912	2	0.921 ± 0.009^d	0.912-0.930	-
Σ	130	0.819 ± 0.008	0.600-1.271	124	0.808 ± 0.007	0.659-1.054	323	0.790 ± 0.005	0.548-1.271	0.319

P: represented of *t*-test result for $\overline{FCF}$ comparing of female and male sex groups in the same age class. There are statistical differences of means marked with different letter in same column.

The correlation matrix showing the relationship between Fulton's condition factor and total weight, total length and age is given in Table 6. It was understood that the strongest relationship is between

the condition factor and total weight (0.726), and the weakest relationship is between the condition factor and age (0.605). All relationships were determined to be significant at the 0.001 significance level.

Table 6. Correlation matrix between various variables

Parameters	<i>FCF</i>	Total Length	Total Weight	Age
<i>FCF</i>	1			
Total Length	0.644**	1		
Total Weight	0.726**	0.953**	1	
Age	0.605**	0.891**	0.940**	1

** The correlation is significant at the 0.01 level.

Growth parameters

The L_{∞} value was calculated as 26.0286 cm in the females and as 25.4674 cm in the males. The L_{∞} value for the whole population was calculated as 25.9937 cm. The K_{brody} values for female and male individuals were calculated quite similar to each other and were 0.5016 year^{-1} and 0.5038 year^{-1} , respectively. The K_{brody} value for the whole population was calculated as 0.4674 year^{-1} . W_{∞} value was calculated as

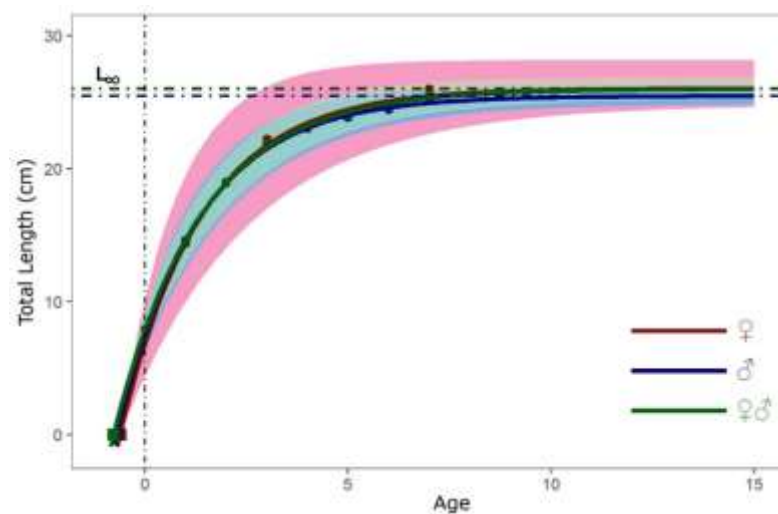
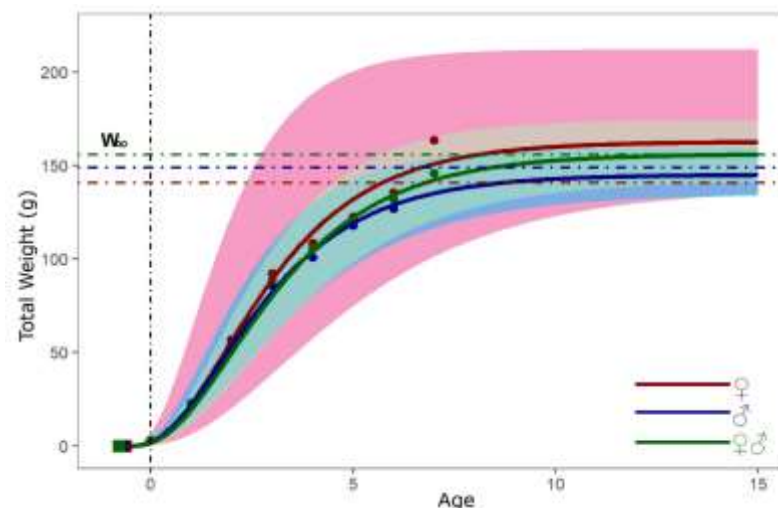
162.7431 g for female individuals, 145.1197 g for male individuals; and 156.1708 g for all individuals. The growth performance index (ϕ) was calculated as 2.531 for female individuals, 2.514 for male individuals; and 2.499 for all individuals. The constants L_{∞} , K , t_0 , W_{∞} , with confidence intervals at the 95% significance level are given in Table 7. In addition, the equations for growth in length and weight are also included in Table 7.

Table 7. Von Bertalanffy growth parameters of tarek in habit Lake Van

Sex	N	L_{∞} CI	K CI	t_0 CI	W_{∞} CI	θ	vBGE for Length vBGE for Weight
♀	264	26.0286 24.78-28.16	0.5016 0.32-0.73	-0.6129 -1.50/-0.10	162.7431 137.90-212.07	2.531	$L_t=26.0286[1-e^{(-0.5016*(t+0.6129))}]$ $W_t=162.7431[1-e^{(-0.5016*(t+0.6129))}]^{3.366}$
♂	307	25.4674 24.86-26.23	0.5038 0.41-0.60	-0.6989 -1.07/-0.41	145.1197 134.41-159.26	2.514	$L_t=25.4674[1-e^{(-0.5038*(t+0.6989))}]$ $W_t=145.1197[1-e^{(-0.5038*(t+0.6989))}]^{3.162}$
♀♂	695	25.9937 25.25-26.88	0.4674 0.40-0.54	-0.7713 -0.94/-0.63	156.1708 141.95-174.55	2.499	$L_t=25.9937[1-e^{(-0.4674*(t+0.7713))}]$ $W_t=156.171[1-e^{(-0.4674*(t+0.7713))}]^{3.304}$

Von Bertalanffy growth curves in length and weight are plotted according to the sex groups in Figure 5 and Figure 6. The curves drawn in red, green and blue colors represent the growth curves for length calculated by the von Bertalanffy growth equation

according to the sexes, and the points in the same color represent the data points from the measurement. The red, blue and green colored ribbons show the confidence intervals of the curves at the 95% significance level.

**Figure 5.** VBGP growth curve in age at length**Figure 6.** VBGP growth curve in age at weight

Discussion

Some values found in previous studies on tarek are shown in Table 8. Since the average length, weight and age range calculated from the sample may vary depending on the fishing tools or the sample collection method, these calculated values may be

different. In all previous studies, it is seen that the ratio of females in the population is higher. In this respect, it can be said that our study is compatible with previous studies. Gündoğdu (2010) calculated the highest L_{∞} value (39.52 cm FL). It is considered that this is due to the fact that the study was

conducted in Lake Erçek, where the fishing exploitation is very low. In the study of Elp (2002), the L_{∞} value was found to be quite low (17.92 cm FL). The reason for this may be that the study was carried out in Koçköprü Dam Lake which is a totally different environment and tarek competes with other species for food or environmental parameters pressure on the growth of the tarek. W_{∞} values are incompatible with each other. This value is very low in Elp (2002) and very high in Gündoğdu (2010), this may be due to the difference in the study areas. t_0 values are compatible with each other in studies other than Gündoğdu (2010). A similar situation exists for K_{brody} values. The reason for this may be that the study was carried out in Erçek lake and the tarek population in the lake is at the limit of the carrying capacity of the lake. Because there is insignificant tarek fishing in Lake Erçek. There is no discrepancy in the K_{fulton} values. It is seen that the “b” value is below 3 in all previous studies but in this study, it was calculated over 3.

Therefore, unlike other studies, it was calculated that the Lake Van tarek population had a positive allometric growth type. The reason for this may be the prevalence of samples in which the length-weight relationship is calculated. The reason why the “b” value determined in our study is different from other studies may be that sampling was done to cover all age groups between 0-7. Other reason; Since the body weight of the fish will increase depending on the gonad weight, the “b” value is expected to increase as the spawning season approaches. Therefore, whether the sampling period is before or after the spawning period may change the “b” value. It is possible to see the same phenomenon in the regression coefficient (R^2). The findings of length, weight, age and growth parameters obtained in some previous studies performed on tarek are presented in Table 8. It is thought that the differences between our study and each other are due to the different study region, sampling time and sampling method.

Table 8. Comparison of population parameters with previous studies on tarek

Studies	Study area	$\overline{FL}$	$\overline{W}$	♀/♂	Age	L_{∞}	W_{∞}	t_0	K_{brody}	K_{fulton}	a b	R^2
Akgül 1980	Lake Van	15-23*	30-122	1.13	1-6	-	-	-	-	0.883	0.000 3.16	-
Özdemir 1982	Lake Van	16-23	44-99	-	-	-	-	-	-	0.908	0.557 1.636	-
Akyurt et al. 1985	Lake Van	-	-	-	1-4	-	-	-	-	0.855	-	-
TOKB 1986	Lake Van	-	-	1.72	1-5	-	-	-	-	-	-	-
Çetinkaya et al. 1995	Karasu R.	7-21	5-80	-	1-7	-	-	-	-	-	0.012 2.94	-
Elp 1996	Lake Van Karasu R.	-	-	1.8	1-8	-	-	-	-	1.049	-	-
Sarı 1997	Lake Van	17.6	61.43	1.36	2-7	22.17	-	-1.158	0.301	-	0.08 2.309	0.79
Elp 2002	Koçköprü Dam Lake	13.63	30.2	1.3	0-7	17.92	60.07	-0.672	0.322	1.067	0.008 3.092	0.98
Gündoğdu 2010	Lake Erçek	21.99	136.7	1.11	2-7	39.52	699.3	-5.096	0.089	1.255	0.020 2.845	0.96
Ataman 2010	Lake Van	18.26	71.01	1.01	-	-	-	-	-	-	-	-
Kocabaş and Çetinkaya 2011	Lake Nazik	-	-	1.82	1-10	-	-	-	-	-	-	-
Bostancı and Polat 2011	Lake Van	16.82	68.66	1.47	2-7	22.37	-	-1.74	0.296	-	0.074 2.544	0.84
Present Study	Lake Van	18.12*	50.93	1.20	0-7	25.99	156.17	-0.771	0.467	0.790	0.003 3.304	0.97

(FL); mean fork length, $\overline{W}$; mean weight, L_{∞} ; asymptotic length, W_{∞} ; asymptotic weight, t_0 ; theoretical age at zero length, K_{brody} ; brody growth coefficient, K_{fulton} ; fulton condition factor, “a” and “b”; regression equation constants, R^2 ; regression coefficient, R; rive

* Total length ($TL=1.058FL+0.5025$ (Bostancı and Polat 2011))

Average length and weight values that are calculated according to age classes in previous studies on tarek are shown in Table 9. Calculations made on different times and on different populations have produced quite different results. In all studies

except for the study by Gündoğdu (2010), the average length and average weight calculated for age classes was found to be lower than this study. This may be caused by different age readings, as well as the selectivity of the gill nets used in lake.

Table 9. Comparison of length and weight at age data with previous studies on tarek

Studies	Ages	Study area	0	I	II	III	IV	V	VI	VII
			$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)	$\overline{FL}$ ($\overline{W}$)
Akgül 1980*		Lake Van	-	15.43 (33.51)	18.70 (49.30)	19.90 (66.61)	20.97 (82.85)	22.21 (101.94)	22.97 (122.68)	-
Akyurt et al. 1985		Lake Van	-	14.65 (29.5)	16.5 (40.65)	17.4 (51.98)	19.9 (84.73)	-	-	-
TOKB 1986		Lake Van	-	16.3 (60.8)	18.2 (85.1)	22.3 (102.6)	25.3 (110.2)	27.2 (120.8)	-	-
Çetinkaya et al. 1995		Karasu River	-	7.4 (4.58)	12.27 (21.71)	15.70 (40.92)	17.95 (58.91)	18.80 (68.53)	19.75 (79.52)	20.02 (80.27)
Elp 1996		Lake Van Karasu River	-	-	-	12.03 (18.51)	-	-	-	-
Sarı 1997		Lake Van	-	-	14.62 (37.37)	15.98 (48.85)	17.27 (58.05)	18.15 (65.50)	19.35 (73.91)	20.58 (82.06)
Elp 2002		Koçköprü Dam Lake	3.66 (0.6)	6.75 (3.4)	10.98 (15.0)	12.85 (23.0)	13.78 (29.1)	14.38 (34.4)	15.62 (39.8)	16.90 (44.8)
Gündoğdu 2010		Lake Erçek	-	-	18.01 (73.67)	20.08 (101.06)	21.6 (125.19)	22.86 (152.17)	24.18 (175.6)	25.78 (217.82)
Kocabaş and Çetinkaya 2011		Lake Nazik	-	-	-	12.3 (16.28)	-	-	-	-
Present study*		Lake Van	7.95 (3.38)	14.37 (22.37)	18.92 (54.98)	21.96 (89.07)	23.14 (105.87)	23.97 (120.42)	24.65 (132.02)	25.60 (154.75)

$\overline{FL}$; mean fork length, $\overline{W}$; mean weight

* Total length ($TL=1.058\overline{FL}+0.5025$ (Bostancı and Polat 2011))

Acknowledgments

This study which is summarized from Ferhat Demiröl's Phd thesis titled "Hydroacoustic Monitoring Modeling and Stock Assessment of Tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) in Lake Van". It was carried out within the scope of the research project named "The Stock Assessment of Tarek (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814) and numbered TAGEM/HAYSUD/G/17/SU/P-02/05, supported by the General Directorate of Agricultural Research and Policies (TAGEM).

References

- Akgül M. 1980. Van Gölü Kapalı Havzasında yaşayan inci kefalinin (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) biyo-ekolojisi üzerine araştırmalar. Paper presented at: TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, Biyoloji Tebliği; Aydın, Türkiye. [in Turkish]
- Akyurt I, Aras MS, Yanar M. 1985. Van Gölü Havzasında yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas 1811)'nin büyüme durumu, gonad gelişimi, yumurta verimliliği ile et verim özellikleri üzerine bir araştırma. Et-Balık Dergisi. 7(43):13-21. [in Turkish]
- Ataman N. 2010. Van Gölü inci kefalinde güvenli yaş tayini için uygun yapının belirlenmesi [Master's Thesis]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. 53 p. [in Turkish]
- Aydın F. 2017. Van Gölü seviye değişimleri ve kıyılar üzerindeki etkileri [Master's Thesis]. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi. 104 p. [in Turkish]
- Bostancı D, Polat N. 2011. Age and growth of *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814): an endemic fish species of Lake Van (Turkey). J Appl Ichthyol. 27:1346-1349. doi:10.1111/j.1439-0426.2010.01468.x
- CEN (Comité Européen de Normalisation) 2005. Water quality - sampling of fish with multi-mesh gillnets. European Standards, EN14757.

- Çetinkaya O, Sarı M, Arabacı M. 1995. Van Gölü inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas 1811) avcılığında kullanılan fanyalı uzatma ağların av verimleri ve seçiciliği üzerine bir ön çalışma. E. Ü. Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Dergisi. 12(1-2):1-13.
doi:10.31594/commagene.547234. [in Turkish]
- Degens ET, Kurtmann F. 1978. Geology of Lake Van. Ankara: MTA Yayınları. [in Turkish]
- Elp M. 1996. İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Palas, 1811)'nin üreme biyolojisi üzerine bir araştırma [Master's Thesis]. Van Yüzüncü Yıl University. 71 p. [in Turkish]
- Elp M. 2002. Koçköprü Baraj Gölü'nde (Van) yaşayan siraz (*Capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) ve inci kefalı (*Chalcalburnus tarichi* Palas, 1811) populasyonları üzerine bir araştırma [PhD Thesis]. İstanbul University. 129 p. [in Turkish]
- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. J Appl Ichthyol. 22(4):241-253.
doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00805
- Gündoğdu S. 2010. Erçek Gölü inci kefalı (*Chalcalburnus Tarichi*, Pallas, 1811) populasyonu üzerine bir araştırma [Master's Thesis]. Çukurova University. 48 p. [in Turkish]
- IUCN 2021. The IUCN Red List of Threatened Species in 2013; [cited 2021 Nov 30]. Available from <http://www.iucnredlist.org/details/4375/0>.
- Kassambara, Alboukadel (2021). rstatix: Pipe-Friendly Framework for Basic Statistical Tests. R package version 0.7.0. Available from <https://CRAN.R-project.org/package=rstatix>
- Kocabaş M, Çetinkaya O. 2011. Reproduction Biology of Tarek (*Chalcalburnus tarichi*) in the Lake Nazik (Ahlat-Bitlis, Turkey). Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi (BİBAD) 4(2), 23-28. [in Turkish]
- Lagler KF, Bardach JE, Miller RR, Passino DRM. 1977. In Ichthyology (2nd ed). New York: John Wiley and Sons 257-259 p.
- Mildenberger TK, Taylor MH, Wolff M. 2017. TropFishR: an R package for fisheries analysis with length-frequency data. Methods in Ecology and Evolution. 8(11):1520-1527.
doi: 10.1111/2041-210X.12791
- Özdemir N. 1982. Van Gölü'nde Yaşayan *Chalcalburnus tarichi* (Pallas 1811)'nin Boy- ağırlık ilişkisi ve kondüsyon faktörü üzerine bir araştırma. Fırat Üniv. Fen Fak. Dergisi. 2:12-15. [in Turkish]
- Pauly D, Munro JL. 1984. Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte. 2(1):21 p.
- Sarı M. 1997. Van Gölü inci kefalinin (*Chalcalburnus tarichi*, Pallas, 1811) stok miktarının tahmini ve balıkçılık yönetim esaslarının belirlenmesi [PhD Thesis]. Ege University. 85-117 p. [in Turkish]
- Sparre P, Venema SC. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment, Vol 306/1. FAO Fisheries Technical Paper.
- Şen F, Paruğ ŞŞ, Elp M. 2015. İnci Kefali'nin (*Alburnus tarichi*, Güldenstädt, 1814) dünü bugünü ve geleceği üzerine projeksiyonlar. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 25(3):347-356. [in Turkish]
- TOKB 1986. Su ürünleri geliştirme projesi (İnci kefalı araştırma projesi). Paper presented at: Proje Uygulama Genel Müdürlüğü. Araştırma projeleri çalışma grup toplantısı; Muğla, Turkey. [in Turkish]
- Vitale F, Worsøe Clausen L, Ní Chonchúir G (Eds.). 2019. Handbook of fish age estimation protocols and validation methods. ICES Cooperative Research Report No:346.180 p.



L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerin Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Büyüme Performansı Üzerine Etkileri

Fatma DELİHASAN SONAY^{1*} , Emre PASLI¹ 

¹ Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, 53100 Rize-Türkiye

ÖZ

Bu çalışmada, kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) yemlerine L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilavesinin balıkların büyüme performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Kontrol, L-karnitin (100 mg L-karnitin/100 g yem), koenzim Q₁₀ (100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ (100 mg L-karnitin+100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) olmak üzere üç tekerrürlü dört grup oluşturulmuş ve 240 adet kaynak alabalığı kullanılmıştır. Balıklar deneme yemleriyle 210 gün süreyle beslenmişlerdir. Çalışma sonunda; L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀'li yemlerle beslenen gruplarda kontrole göre daha iyi bir büyüme performansı (ağırlık, spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve termal büyüme katsayısı) tespit edilmiştir (P<0,05). Araştırma bulguları, L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin su ürünleri yem sanayi için önemli bir katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Salvelinus fontinalis*, Kaynak alabalığı, L-Karnitin, Koenzim Q₁₀, büyüme performansı

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 26.02.2021

Düzeltilme : 27.07.2021

Kabul : 01.08.2021

Yayın : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.886562

* SORUMLU YAZAR

fatma.delihasan@erdogan.edu.tr

Tel : +90 464 223 33 85/1424

Effects of L-Carnitine and Coenzyme Q₁₀ Supplementation on Growth Performance of Brook Trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814)

Abstract: In this study, the effects of L-carnitine and coenzyme Q₁₀ on growth performance of brook trout (*Salvelinus fontinalis*) were investigated. Four groups with three replicates were formed; control, L-carnitine (100 mg L-carnitine/100 g diet), coenzyme Q₁₀ (100 mg coenzyme Q₁₀/100 g diet) and L-carnitine+coenzyme Q₁₀ (100 mg L-carnitine+100 mg coenzyme Q₁₀/100 g diet) and 240 brook trout were used. Fish were fed 210 days with experimental diets. At the end of the study, fish groups fed with diets supplemented with L-carnitine, coenzyme Q₁₀ and L-carnitine+coenzyme Q₁₀ showed better growth performance (weight, specific growth rate, condition factor, feed conversion ratio and thermal growth coefficient) compared to the control group (P<0.05). The results suggest that dietary L-carnitine and coenzyme Q₁₀ can be used as supplementary resources in aqua feed industry.

Keywords: *Salvelinus fontinalis*, Brook trout, L-Carnitine, Coenzyme Q₁₀, growth performance

Alıntılama

Delihasan Sonay F, Paslı E. 2022. L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerin Kaynak Alabalığı (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Büyüme Performansı Üzerine Etkileri. LimnoFish. 8(2): 160-167. doi: 10.17216/LimnoFish.886562

Giriş

Tüketicilerin yaşamsal beklentilerinin artması, sağlıklı beslenme bilincinin gelişmesi, besinlerin sağlık üzerine etkilerinin araştırılması ve insanlarda ideal beslenme kavramının gelişmesi sebebiyle insan sağlığı ve gıda ilişkisi konularında araştırmaların sayısı artmıştır. Gıdaların yapısında bulunan besin öğelerinin yanı sıra sağlıklı beslenme için gerekli olan farklı bileşiklerde (biyoaktif bileşikler) önem kazanmıştır (Kurt ve El 2011). Ayrıca, su ürünleri yetiştiriciliği sektöründe balık hastalıklarının tedavisinde kullanılan

antibiyotiklerin olumsuz sonuçları (anti bakteriyel direnç gelişimi, bağışıklık sisteminin baskılanması, toksik kalıntı oluşturması ve çevre üzerine olumsuz etkileri, vb.) arttıkça, doğal kaynakların (probiyotikler, prebiyotikler, tıbbi ve aromatik bitkiler, vb.) alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır (Erdogan vd. 2015; Stratev vd. 2018; Zhu 2020; El Basuini vd. 2021).

Suda çözülebilen bir madde olan L-karnitin (L-β-hidroksi-γ-N,N,N-trimetil amino bütirik asit) C vitamini yardımıyla esansiyel amino asitlerden lizin, metiyonin ve vücutta üretilen diğer ikincil

bileşenlerden sentezlenen bir maddedir (Harpaz 2005; Savaş ve Çiçek 2010; Dikel 2019). L-karnitin seviyesi yönünden hayvansal besinler bitkisel besinlerden daha zengindir (Dikel vd. 2003). Balık yetiştiriciliğinde L-karnitin ilavesinin sperm sayısı, hareketliliği ve olgunlaşması, larva yaşama oranı, canlı ağırlık kazancı, protein depolanması, yemlerle alınan yağ bileşenlerinin aktif kullanımı, kışlatma döneminde dayanıklılığın artması ve soğuk karşısında stresin önlenmesi üzerine olumlu etkisi olduğu bildirilmiştir (Taşbozan 2005; Taşbozan ve Gökçe 2007).

Koenzim Q₁₀ (2,3-dimetoksi-5-metil-6-dekaprenil-1,4-benzokinon) membran stabilitesinin sağlanmasında, hücredeki enerji dönüşümünde ve ATP üretiminde görev yapan, insanlarda ve tüm hayvanlarda sentezlenebilen, yağda çözünen, tüm hayvansal ve bitkisel gıdalarda farklı oranlarda bulunabilen, vitamin benzeri bir benzokinon bileşiktir (Ercan 2009).

Enzimlerle bir arada çalışarak hücrelerin ihtiyaç duyduğu enerjiyi sağlayan ve kasların güçlenmesine katkı yapan koenzim Q₁₀ (Şanlıtürk 2009), insanlarda ve hayvanlarda besinlerin biyoyararlılığını artırdığı ve bazı hastalıklara karşı koruma sağladığı bildirilmiştir (Ercan 2009). İnsanlar ve balık haricindeki hayvanlarda koenzim Q₁₀ ile ilgili yapılan çalışmaların sayısı fazladır. Ancak, balıklarda nispeten az sayıda çalışma Nil tilapiası (*Oreochromis niloticus*) üzerinde yürütülmüştür (El Basuini vd. 2020, 2021).

Avrupa'ya 19. yüzyılın sonlarında getirilen, Kuzey Amerika kökenli kaynak alabalıkları (*Salvelinus fontinalis*), bugün birçok ülkenin kültür stoklarında bulunmaktadır. Kaynak alabalıkları farklı vücut renkleri (sırtta koyu yeşil üzerinde kahverengi haleler, yanlarda kırmızı ve sarı noktalar, göğüs, karın ve anal yüzgeçlerde siyah ve beyaz bantlar) ve etlerinin lezzetli olması sebebiyle ülkemizde alabalık çiftliklerinde ikinci tür olarak yetiştirilmektedir (Başçınar 2001). Ancak, doğal ortamda ve kültür ortamında gökkuşağı alabalıklarına nazaran daha yavaş büyüme sergilediği bildirilmektedir (Başçınar 2001; Başçınar vd. 2010a, 2010b; Şahin vd. 2011).

Dünyada ve ülkemizde birçok alanda kullanılmaya başlanan L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin faydalı etkileri ortaya konuldukça kullanım alanları artmaktadır (Ercan ve El 2010; Kurt ve El 2011). Balıklarda L-karnitin yeme ilave edilmesi ile ilgili farklı balık türleri üzerinde çalışmalar mevcutken, koenzim Q₁₀ ile ilgili az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmada; kaynak alabalığı (*S. fontinalis*) yemlerine L-karnitin ve koenzim Q₁₀

ilavesinin balıkların büyüme performansı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada Kullanılan Balıklar

Kaynak alabalıkları (*S. fontinalis*) Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. İbrahim Okumuş Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nden temin edilmiş ve çalışma Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi İyidere Su Ürünleri Üretim, Eğitim ve Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Besleme denemesinden önce transfer esnasında meydana gelen stresin ortadan kalkması, yem ve çevre koşullarına adaptasyon için kaynak alabalıkları 1 ay süreyle ortama alıştıdırılmıştır.

Çalışma Düzeni

Çalışma açık sistemli olup her bir tanka balık büyüklüğüne bağlı olarak 0,10-0,40 L/s su verilmiştir. Su doğal alabalıkların yaşadığı dereden sağlanmıştır. Başlıca su parametreleri (ortalama su sıcaklığı 11,98±1,80 °C, pH 7,81±0,07 ve oksijen 8,43±0,38 mg L⁻¹) alabalıklar için uygun değerler göstermiştir. Su kesintisine karşı önlem olarak tanklara hava taşları konulmuştur. Çalışma başlangıcında su seviyesi 80 L'ye ayarlanmış yuvarlak fiberglas tanklar (12 adet), 120. günden sonra ise stok yoğunluğunun artmasıyla 450 L'lik kare fiberglas tanklar (12 adet) kullanılmıştır.

Çalışmada, kontrol grubu dahil olmak üzere 3 tekerrürlü 4 grup (Kontrol; 100 mg L-karnitin /100 g yem; 100 mg koenzim Q₁₀ /100 g yem; 100 mg L-karnitin+100 mg koenzim Q₁₀/100 g yem) oluşturulmuş ve 20 adet balık/tank olacak şekilde stoklama yapılarak toplam 240 adet kaynak alabalığı kullanılmıştır. Gruplarda kullanılan balıkların başlangıç ağırlıkları sırasıyla; 29,66±4,33 g, 29,19±3,86 g, 29,22±3,06 g ve 29,25±3,59 g'dır (Tablo 1).

Özel bir firma tarafından üretilen ticari alabalık yemine (Ham protein: %45, ham yağ: %20, ham selüloz: %3, su: %10, kül: %10) (GÜMÜŞDOĞA SU ÜRÜNLERİ A.Ş.), ticari L-karnitin (Solgar, Inc. New Jersey, USA) ve koenzim Q₁₀ (Solgar, Inc. New Jersey, USA) ilave edilerek besleme grubu yemleri oluşturulmuştur. Yemlere L-karnitin ve koenzim Q₁₀ katkı oranları alabalık ve farklı türler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir (Taşbozan 2005; Dikel 2019; El Basuini vd. 2020, 2021). Yemleme günde 2 öğün (09:00-17:00), biyokütlelerin %2'si oranında yapılmıştır. Çalışma doğal gün uzunluğunda (41 °N enlemi), 210 gün sürmüştür.

Büyüme Performansının Belirlenmesi

Büyüme performansını belirlemek amacıyla 15 günlük periyotlarla boy ve ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki büyüme performansı ve yemden yararlanma değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir (Cho ve Bureau 1998; Korkut vd. 2007; Akhan vd. 2010):

Spesifik Büyüme Oranı (SBO) = [(ln Son ağırlık - ln İlk ağırlık) x 100]/Gün

Kondisyon Faktörü (KF) = (Ağırlık, g / Boy³, cm) x 100

Yem Değerlendirme Oranı (YDO) = Yem tüketimi / Ağırlık artışı

Yaşama oranı = 100 x (Son balık sayısı / İlk balık sayısı)

Termal Büyüme Katsayısı (TBK) = (Son ağırlık^{1/3} - İlk ağırlık^{1/3}) x (Sıcaklık x Gün)⁻¹ x 100

İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SigmaPlot 11.0 (Systat Software Inc.) ve Microsoft Office Excel 2016 Pro. programlarından yararlanılmıştır. Grupların karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA one-way) kullanılmış, gruplar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (P<0,05).

Bulgular

Her 15 günde bir ölçümler yapılarak, boy-ağırlık verileri alınan kaynak alabalıklarının 210 gün sonunda; boy-ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü, yem değerlendirme oranı ve termal büyüme katsayısı değerleri hesaplanmıştır. Kontrol, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ gruplarının başlangıç ortalama boyları sırasıyla 14,40±0,58 cm, 14,29±0,54 cm, 14,32±0,46 cm ve 14,31±0,47 cm olarak ölçülen kaynak alabalıklarında, çalışma süresince balık boyu bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak fark önemsiz bulunmuştur

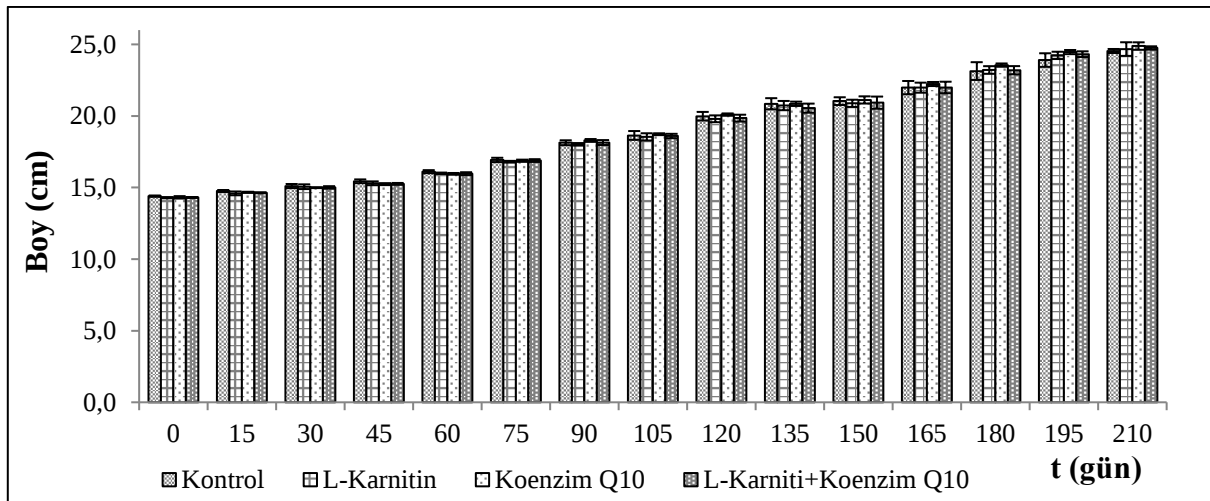
(Şekil 1). Çalışma sonunda; L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle beslenen deneme gruplarında ağırlık artışı (Şekil 2), spesifik büyüme oranı, kondisyon faktörü (Şekil 3) ve termal büyüme katsayısı değerlerinde kontrol grubuna göre önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Tablo 1). L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kendi arasında değerlendirildiğinde istatistiksel fark ortaya koymamıştır (P>0,05) (Tablo 1).

Ağırlık artışı 165. günden itibaren gruplar arasında farklılık ortaya koymaya başlamıştır (P<0,05). Çalışma sonunda; kontrol 185,79±3,23 g, L-karnitin 202,98±10,39 g, koenzim Q₁₀ 206,91±5,66 g ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ 203,05±3,51 g olarak belirlenmiştir (Tablo 1) (Şekil 2).

Çalışma başlangıcında kaynak alabalıklarının kondisyon faktörü değerleri kontrol grubunda 0,99±0,01, L-karnitin grubunda 1,00±0,01, koenzim Q₁₀ grubunda 0,99±0,02 ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grubunda 1,00±0,01 olarak hesaplanmıştır. Çalışma süresince gruplara ait ortalama kondisyon faktörü değerleri başlangıca göre artış göstermiştir (Şekil 3). Çalışma sonunda ise L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ katkılı yemlerle beslenen gruplarda kontrole göre daha iyi kondisyon faktörü değerleri hesaplanmıştır (P<0,05) (Tablo 1).

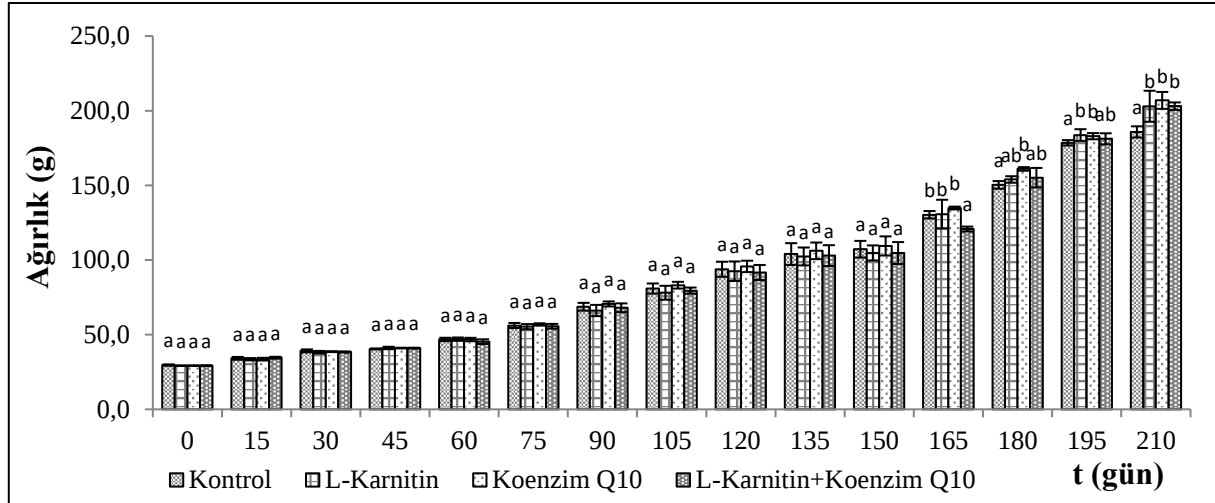
Yem değerlendirme oranı kontrol grubunda 2'nin üzerinde hesaplanırken (2,02±0,25), diğer gruplarda 2'nin altına düşmüştür. Yem değerlendirme bakımından en iyi grup (1,61±0,04) koenzim Q₁₀ ilaveli grup olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

Ortalama yaşama oranları %96,67-98,33 ve ölüm oranları %1,67-3,33 arasında değişim göstermiştir. Yaşama oranları ve ölüm oranları arasında istatistiksel fark gözlenmemiştir.



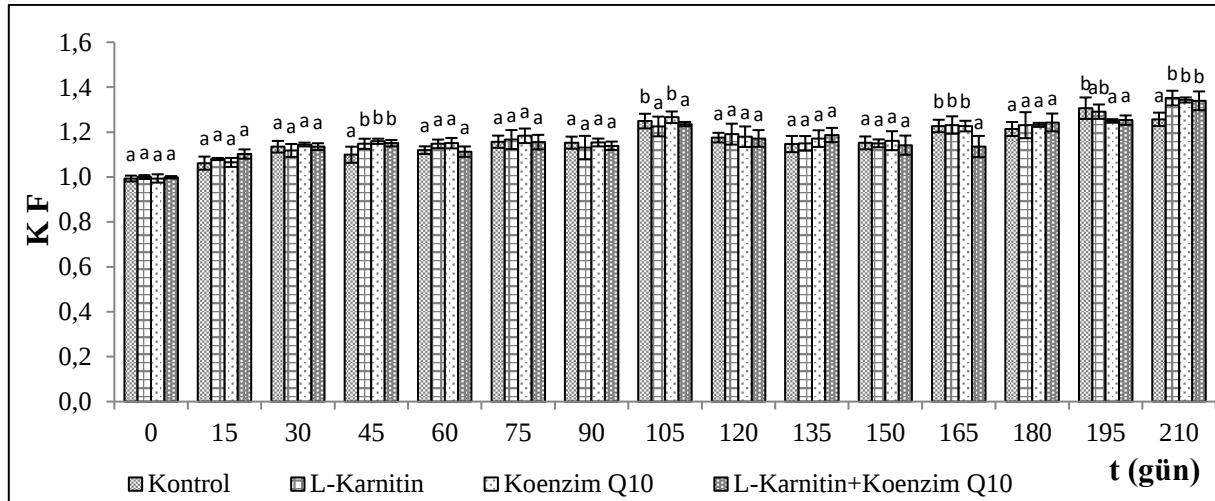
Şekil 1. Çalışma süresince balıklarda boy artışı

Figure 1. Increase in length of fish during the experiment



Şekil 2. Çalışma süresince balıklarda ağırlık artışı (Farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir)

Figure 2. Weight gain in fish during the experiment (Different letters indicate statistical significance at 95% confidence interval)



Şekil 3. Çalışma süresince balıklarda kondisyon faktörü değişimleri (Farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir)

Figure 3. Condition factor changes in fish during the experiment (Different letters indicate statistical significance at 95% confidence interval)

Tablo 1. Kaynak alabalığı deneme gruplarının (Kontrol, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀) deneme sonu büyüme performansı verileri (x±std; n=3)

Table 1. Post-trial growth performance data of brook trout experimental groups (Control, L-carnitine, Coenzyme Q₁₀ and L-carnitine+Coenzyme Q₁₀) (x±std; n=3)

	Kontrol	L-Karnitin	Koenzim Q ₁₀	L-Karnitin+ Koenzim Q ₁₀	ANOVA
Li (cm)	14,40±0,58	14,29±0,54	14,32±0,46	14,31±0,47	P>0,05
Ls (cm)	24,54±0,36	24,67±0,48	24,88±0,26	24,75±0,12	P>0,05
Wi (g)	29,66±4,33	29,19± 3,86	29,22±3,06	29,25±3,59	P>0,05
Ws (g)	185,79±3,23 ^a	202,98±10,39 ^b	206,91±5,66 ^b	203,05±3,51 ^b	P<0,05
SBO (%/gün)	0,88±0,01 ^a	0,92±0,03 ^b	0,93±0,01 ^b	0,92±0,01 ^b	P<0,05
KF	1,26±0,02 ^a	1,35±0,03 ^b	1,34±0,01 ^b	1,34±0,04 ^b	P<0,05
YDO	2,02±0,25 ^b	1,66±0,07 ^a	1,61±0,04 ^a	1,66±0,01 ^a	P<0,05
TBK	2,07±0,04 ^a	2,30±0,14 ^b	2,35±0,08 ^b	2,30±0,05 ^b	P<0,05

Aynı satırdaki farklı harfler, %95 güven aralığında istatistiksel anlamlılığı gösterir. Li: İlk boy, Ls: Son boy, Wi: İlk ağırlık, Ws: Son ağırlık, SBO: Spesifik Büyüme Oranı, KF: Kondisyon Faktörü, YDO: Yem Değerlendirme Oranı, TBK: Termal Büyüme Katsayısı.

Tartışma ve Sonuç

Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretimi ve kaliteyi artırmak için son dönemlerde modern sistemler, biyoteknolojik uygulamalar, farklı üreme teknikleri, farklı yem katkı maddeleri vb. birçok uygulamadan yararlanılmaktadır. Yem katkı maddesi olarak probiyotikler, prebiyotikler, sinbiyotikler, bağışıklık güçlendiren uyarıcılar, enzimler, hormonlar, nükleotidler, tıbbi bitkiler, organik asitler veya asitleştiriciler ile antioksidanlar yaygın şekilde kullanılmaktadır (El Basuini vd. 2020). Doğal olarak da bulunan L-karnitin ve koenzim Q₁₀ maddelerinin etkileri insanlarda ve bazı hayvanlarda incelenmiş, bağışıklık sistemini güçlendirdiği ortaya konulmuştur. Bu amaçla; kaynak alabalığı yemlerine L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ ilave edilerek büyüme üzerine etkileri araştırılmıştır.

Alabalıklarda stres faktörleri ve yem bulma aktivitesinde su kalite kriterleri önemli yer tutmaktadır (Ruyet vd. 2008; Rowe vd. 2002; Öz ve İnanan 2018). Bu çalışmada 30-45 ve 135-150. günlerde araştırma merkezine gelen su kalitesinde meydana gelen değişimler (askıda katı madde; 20-25 mg/L) nedeniyle balıkların büyüme performansında dalgalanma gerçekleşmiş, ancak yaşanan dalgalanma çalışmayı bozacak seviyeye ulaşmamıştır. Elde edilen su kalite kriterleri (ortalama su sıcaklığı 11,98±1,80 °C, pH 7,81±0,07 ve oksijen 8,43±0,38 mg L⁻¹) Tarım ve Orman Bakanlığı alabalık yetiştiriciliği su kalite kriterlerine göre uygun değerde olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonunda; kaynak alabalığında yeme L-karnitin ilavesinin büyüme üzerine pozitif yönde etkisinin olduğu istatistiksel olarak ortaya konulmuştur (Tablo 1). Akuakültürde L-karnitin farklı türler üzerinde çalışılmış, büyümeyi ve yem değerlendirme oranını olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Dikel vd. 2010; Haji-Abadi vd. 2010), levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Santulli ve D'Amelio 1986; Santulli vd. 1988), Afrika kedibalığı (*Clarias gariepinus*) (Torreele vd. 1993), mercan balığı (*Pagrus major*) (Chatzifotis vd. 1995, 1996), Mozambik tilapia balığı (Jayaprakas vd. 1996), hibrit tilapia balığı (*O. niloticus* x *Oreochromis aureus*) (Becker vd. 1999), hibrit çizgili levrek (*Morone chrysops* ♀ x *Morone saxatilis* ♂) (Twibell ve Brown 2000), rohu sazan balığı (*Labeo rohita*) (Keshavanath ve Renuka 1998), sazan (*Cyprinus carpio*) (Focken vd. 1997) ve Japon balığı (*Carrasius auratus*) (Arslan ve Özbaş 2020) yapılan çalışmalarla paralellik göstermiştir. L-karnitin balık büyümesine olan olumlu etkisi, yağ asitlerinin enerji kaynağı olarak daha fazla kullanılması ile ilişkili olduğu rapor

edilmiştir (Taşbozan 2005). Ancak, kanal yayın balığı (Burtle ve Liu 1994), gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) (Rodehutsord 1995) sazan (*C. carpio*) (Becker ve Focken 1995), Nil tilapia (*O. niloticus*) (Erdogan vd. 2015) ve Atlantik somon balığı (*Salmo salar*) (Ji vd. 1996) ile yapılan araştırmalarda L-karnitin büyüme üzerinde olumlu etki göstermediği bildirilmiştir.

L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kendi aralarında benzerlik gösterirken kontrole göre daha iyi bir büyüme performansı tespit edilmiştir. Gruplar arasında ise en iyi ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı koenzim Q₁₀ ilaveli grupta belirlenmiştir. Koenzim Q₁₀ ile daha önce yapılan çalışmalar insanlar ve hayvanlar üzerinde yoğunlaşmıştır, balıklarda koenzim Q₁₀ kullanımı ile ilgili araştırmalar Nil tilapiası (*O. niloticus*) türünde rapor edilmiştir. Yapılan çalışmalar bu çalışma ile benzerlik göstererek, koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle beslemenin büyüme üzerine olumlu etkisi ortaya konulmuştur. Koenzim Q₁₀'nin bağırsak mikrobiyotasının iyileştirilmesi ve sindirim enzimleri aktivitesi üzerine olan etkileri büyüme ile ilişkilendirilebilir (El Basuini vd. 2020, 2021). Ayrıca, balıklarla ilgili yapılan önceki çalışmalar daha çok türlere göre balık etinin koenzim Q₁₀ içeriğini belirleme şeklinde gerçekleşmiştir (Weber vd. 1997; Mattila ve Kumpulainen 2001; Souchet ve Laplante 2007; Kubo vd. 2008; Ercan ve El 2010).

Balık büyüklüğü, çevresel faktörler ve yem kalitesi balıklarda büyümeyi etkileyen en önemli parametrelerdir. Büyümenin tahmin edilmesinde su sıcaklığının kullanımıyla hesaplanan termal büyüme katsayısı (Korkut vd. 2007) diğer büyüme parametreleri ile benzerlik göstererek, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ grupları kontrole göre istatistiksel fark göstermiştir. Daha önce yapılan, yeme L-karnitin ve koenzim Q₁₀ ilavesi ile ilgili besleme çalışmalarında termal büyüme katsayısı değerlerine rastlanmadığından doğrudan karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak, termal büyüme katsayısı kaynak alabalığında 0,11 (Gunther vd. 2005), 0,14-0,15 (Önder ve Khan 2016), 0,07-0,12 (Sonay ve Başçınar 2017), 1,27 (Gök 2019); gökkuşağı alabalığında 0,20-0,26 (El-Haroun vd. 2009), 3,7-3,9 (Caballero vd. 2002), 3,14 (Krogdahl vd. 2004), 0,5-8,4 (Dumas vd. 2007) olarak rapor edilmiştir. Yapılan çalışmalarda balık büyüklüğü ve sıcaklığa göre termal büyüme katsayısı değerleri farklılık göstermiştir.

Balıklarda morfolojik yapının en iyi kontrol edildiği, aktif yem alma ve gelişmenin bir göstergesi olan kondisyon faktörüdür (Korkut vd. 2007; Başçınar vd. 2016). Çalışma sonunda kondisyon faktörü değeri en düşük (1,26±0,02) kontrol

grubunda, en yüksek L-karnitin grubunda (1,35±0,03) hesaplamıştır (Tablo 1). Kondisyon faktörü değeri yaş, cinsiyet, üreme dönemi, bağırsak doluluğu, alınan besin vb. özelliklerden etkilenmektedir. Alabalıklarda uygun beslenme şartlarında ortalama kondisyon faktörü değerinin 1,37 (1,14-1,53) olması gerektiği rapor edilmiştir (Korkut vd. 2007). L-karnitin ilaveli yemle beslenen juvenil gökkuşağı alabalığında 1,30-1,34 (Haji-Abadi vd. 2010), sazan balığında 1,49-1,62 (Sabzi vd. 2017); koenzim Q₁₀ ile beslenen Nil tilapiasında ise 1,79-1,82 (El Basuini vd. 2020) ve 1,85-1,90 (El Basuini vd. 2021) olarak belirlenmiştir.

Uzun yıllardır yem kalitesi, yem hammaddeleri ve yem katkı maddeleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde ekonomiklik göz önünde tutularak kısa sürede kaliteli ve sağlıklı ürün elde etmek amacıyla yem katkı maddelerinin ilavesi yetiştiricilik sektöründe kullanılmaktadır. Birçok canlı üzerinde kullanılmaya başlanan L-karnitin ve koenzim Q₁₀'nin faydalı etkileri kaynak alabalığı üzerinde de etkisini göstermiş, L-karnitin, koenzim Q₁₀ ve L-karnitin+koenzim Q₁₀ katkılı yemlerle beslenen grupların kontrol grubuna göre büyüme üzerinde pozitif etkisi bu çalışma ile ortaya konulmuştur. L-karnitin ve koenzim Q₁₀ birçok alanda yem sanayi ve yetiştiricilikte önemli bir katkı maddesi olabilir. Ayrıca, farklı balık türleri üzerinde ve farklı dönemlerde (yavru, üreme, vb.) L-karnitin ve koenzim Q₁₀ etkilerinin ortaya çıkarılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Balık yetiştiriciliğinde büyüme performansının yanı sıra balık etinin kimyasal kompozisyonu ve yağ asidi profilinin bilinmesi insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Koenzim Q₁₀ ilaveli yemlerle besleme sonucunda balık etinin et kalitesi değerleri belirlenmeli ve tüketici ile paylaşılmalıdır. Süper vitamin olarak kabul edilen, lipitlerde ve organik çözücülerde çözünürlüğü, suda çözünmezliği olan koenzim Q₁₀ (El Basuini vd. 2020) suda yaşayan canlılar için ideal bir yem katkı maddesi olarak kullanılabilir. Ayrıca, L-karnitin ve koenzim Q₁₀ katkı oranlarının değiştirilerek detaylı büyüme performansı çalışmaları yapılması yararlı olabilir.

Teşekkür

Bu çalışma ikinci yazarın "L-Karnitin ve Koenzim Q₁₀ İlaveli Yemlerle Beslenen Kaynak Alabalık (*S. fontinalis* Mitchell, 1814)'larında Büyüme Performansının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiş olup, IV. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı'nda (01-02 Eylül 2016, Adana) sözlü olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

- Akhan S, Okumuş İ, Sonay FD, Koçak N. 2010. Growth, slaughter yield and proximate composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) raised under commercial farming condition in Black Sea. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 16 (Suppl-B): 291-296. doi:10.9775/kvfd.2010.2330
- Arslan MN, Özbaş M. 2020. Determination of growth performance and feed utilization of fry of goldfish, *Carassius auratus* (Actinopterygii: Cypriniformes: Cyprinidae) fed L-carnitine-supplemented diets. Acta Ichthyol Piscat. 50(3):349-356. doi:10.3750/AIEP/02969
- Başçınar N. 2001. Kaynak alabalığının (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) Doğu Karadeniz koşullarında tatlısu ve deniz suyunda kültür potansiyelinin irdelenmesi: Optimum çevre istekleri, döl verimi, beslenme ve büyüme özellikleri [Doktora Tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi. 114 s.
- Başçınar N, Okumuş İ, Ögüt H, Kocabaş M, Şahin ŞA. 2010a. Kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*) ve doğal alabalık (*Salmo trutta*) hibridlerinin yetiştiricilik potansiyelinin irdelenmesi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi. Proje No: 2006.117.001.06.
- Başçınar N, Şahin ŞA, Kocabaş M. 2010b. Effect of duo-Culture on growth performance of brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in tank reared condition. Kafkas Univ Vet Fak Derg. 16(Suppl-B):249-254. doi:10.9775/kvfd.2010.1711
- Başçınar N, Sonay FD, Alsan Ş, Altınok İ. 2016. İstavrit balığı (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868)'nın Doğu Karadeniz'de kafeslerde büyüme performansının belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi. 22(2):179-186. doi:10.1501/Tarimbil_0000001379
- Becker K, Focken U. 1995. Effect of feed supplementation with L-carnitine on growth, metabolism and body composition of carp (*Cyprinus carpio*, L.). Aquaculture. 129:341-343.
- Becker K, Schreiber S, Angoni C, Blum R. 1999. Growth performance and feed utilization response of *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* hybrids to l-carnitine measured over a full fattening cycle under commercial conditions. Aquaculture. 174: 313-322.
- Burtle GJ, Liu Q. 1994. Dietary carnitine and lysine affect channel catfish lipid and protein composition. J World Aquac Soc. 25(2):169-174. doi:10.1111/j.1749-7345.1994.tb00178.x
- Caballero MJ, Obach A, Rosenlund G, Montero D, Gisvold M, Izquierdo MS. 2002. Impact different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 214(1-4):253-271. doi:10.1016/S0044-8486(01)00852-3

- Chatzifotis S, Takeuchi T, Seikai T. 1995. The effect of dietary L-carnitine on growth performance and lipid composition in red sea bream fingerlings. *Fish Sci.* 61(6):1004-1008.
[doi:10.2331/fishsci.61.1004](https://doi.org/10.2331/fishsci.61.1004)
- Chatzifotis S, Takeuchi T, Seikai T. 1996. The effect of dietary carnitine supplementation on growth of red sea bream (*Pagrus major*) fingerlings at two levels of dietary lysine. *Aquaculture.* 147(3-4):235-248.
[doi:10.1016/S0044-8486\(96\)01403-2](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01403-2)
- Cho CY, Bureau DP. 1998. Development of bioenergetic models and the Fish-PrFEQ software to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquat Living Resour.* 11(4):199-210.
[doi:10.1016/S0990-7440\(98\)89002-5](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)89002-5)
- Dikel S, Ünal NB, Alev MV, Kiriş GA. 2003. Farklı Düzeylerde L-carnitine'nin kafes koşullarında yetiştirilen alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) karkas kompozisyonuna, viserosomatik ve hepatosomatik indeksleri üzerine etkileri. XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu; Elazığ, Türkiye.
- Dikel S, Ünal B, Eroldoğan OT, Hunt, AÖ. 2010. Effects of dietary l-carnitine supplementation on growth, muscle fatty acid composition and economic profit of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *TRJFAS.* 10:173-180.
[doi:10.4194/trjfas.2010.0203](https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0203)
- Dikel S. 2019. Su ürünleri yetiştiriciliğinde L carnitine kullanımı. International Science and Research Congress (SR Congress); Antalya, Turkey.
- Dumas A, France J, Bureau DP. 2007. Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture.* 267(1-4):139-146.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2007.01.041](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.01.041)
- El Basuini MF, Teiba II, Zaki MAA, Alabssawy AN, El-Hais AM, Gabr AA, Dawood MAO, Zaineldin AI, Mzengereza K, Shadrack RS, Dossou S. 2020. Assessing the effectiveness of CoQ10 dietary supplementation on growth performance, digestive enzymes, blood health, immune response, and oxidative-related genes expression of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Shellfish Immun.* 98:420-428.
[doi:10.1016/j.fsi.2020.01.052](https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.052)
- El Basuini MF, Shahin SA, Teiba II, Zaki MAA, El-Hais AM, Sewilam H, Almeer R, Abdelkhalek N, Dawood MAO. 2021. The influence of dietary coenzyme Q10 and vitamin C on the growth rate, immunity, oxidative-related genes, and the resistance against *Streptococcus agalactiae* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture.* 531:735862.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735862](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735862)
- EL-Haroun ER, Azevedo PA, Bureau DP. 2009. High dietary incorporation levels of rendered animal protein ingredients on performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1972). *Aquaculture* 290(3-4):269-274.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2009.02.014](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.02.014)
- Ercan P. 2009. Bazı gıdalarda ve farklı koenzim Q₁₀ preparatlarıyla zenginleştirilmiş gıdalarda in vitro koenzim Q₁₀ biyoyararlılığının saptanması [Master's Thesis]. Ege Üniversitesi. 94 s.
- Ercan P, El SN. 2010. Koenzim Q₁₀'un beslenme ve sağlık açısından önemi ve biyoyararlılığı. *TUBAV Bilim Dergisi.* 3(2):192-200.
- Erdogan F, Kanyılmaz M, Aydın B, Erdogan M, Aksoy A, Gümüş E. 2015. Effect of dietary supplementation of L-carnitine on growth, feed utilisation and liver histology in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fry. *Indian J Fish.* 62(2):123-127.
- Focken U, Becker K, Lawrence P. 1997. A note on the effects of L-carnitine on the energy metabolism of individually reared carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquac Nutr.* 3:261-264.
[doi:10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1997.00044.x)
- Gök A. 2019. Farklı açlık tokluk besleme döngülerinin kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis*)'nın büyüme performansına etkileri [Master's Thesis]. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi. 44 s.
- Gunther SJ, Moccia RD, Bureau DP. 2005. Growth and whole body composition of lake trout (*Salvelinus namaycush*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and their hybrid, F1splake (*Salvelinus namaycush* x *Salvelinus fontinalis*), from first-feeding to 16 weeks post first-feeding. *Aquaculture.* 249:195-204.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2005.03.027](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.03.027)
- Haji-Abadi SMAJ, Soofiani NM, Sadeghi AA, Chamani M, Riazi GH. 2010. Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquac Res.* 41(11):1582-1591.
[doi:10.1111/j.1365-2109.2009.02462.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02462.x)
- Harpaz S. 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition- a review. *Aquaculture.* 249:3-21.
[doi:10.1016/j.aquaculture.2005.04.007](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.04.007)
- Jayaprakas V, Sambhu C, Kumar SS. 1996. Effect of dietary L-carnitine on growth and reproductive performance of male *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Fish Technol.* 33(2):84-90.
- Ji H, Bradley TM, Tremblay GC. 1996. Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed l-carnitine exhibit altered intermediary metabolism and reduced tissue lipid, but no change in growth rate. *J Nutr.* 126(8):1937-1950.
[doi:10.1093/jn/126.8.1937](https://doi.org/10.1093/jn/126.8.1937)
- Keshavanath P, Renuka P. 1998. Effect of dietary l-carnitine supplements on growth and body composition of fingerling rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquac Nutr.* 4(2):83-87.
[doi:10.1046/j.1365-2095.1998.00052.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-2095.1998.00052.x)
- Korkut AY, Kop A, Demirtaş N, Cihaner A. 2007. Balık beslemede gelişim performansının izlenme yöntemleri. *EgeJFAS.* 24(1-2):201-205.
- Kroghdahl A, Sundby A, Olli JJ. 2004. Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digest and metabolize nutrients differently. Effects of water salinity and dietary starch level. *Aquaculture.* 229(1-4):335-360.

doi:10.1016/S0044-8486(03)00396-X

Kubo H, Fujii K, Kawabe T, Matsumoto S, Kishida H, Hosoe K. 2008. Food content of ubiquinol-10 and ubiquinone-10 in the Japanese diet. J Food Compos Anal. 21(3):199-210.

doi:10.1016/j.jfca.2007.10.003

Kurt Ö, El SN. 2011. Biyoaktif bir gıda bileşeni L-karnitin: beslenme ve sağlık açısından önemi ve biyoyararlılığı. TÜBAV Bilim Dergisi. 4(2):97-102.

Mattila P, Kumpulainen J. 2001. Coenzyme Q₉ and Q₁₀: Contents in foods and dietary intake. J Food Compos Anal. 14(4):409-417.

doi:10.1006/jfca.2000.0983

Önder MY, Khan U. 2016. Effects of Mono- and duoculture on the survival and growth rate of juvenile Abant trout (*Salmo trutta abanticus*) and Brook Trout (*Salvelinus fontinalis*). Pakistan J Zool. 48(3):895-898.

Öz M, İnanan BE. 2018. Türkiye’de sel baskınları ve alabalık çiftlikleri. Türkiye Klinikleri. J Vet Sci Surg-Special Topics. 4(1):35-38.

Rodehutsord M. 1995. Effects of supplemental dietary l-carnitine on the growth and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high-fat diets. J Anim Physiol Anim Nutr. 73(1-5):276-279.

doi:10.1111/j.1439-0396.1995.tb00428.x

Rowe DK, Smith J, Williams E. 2002. Effects of turbidity on the feeding ability of adult, riverine smelt (*Retropinna retropinna*) and inanga (*Galaxias maculatus*). New Zeal J Mar Fresh. 36(1):143-150.

doi:10.1080/00288330.2002.9517077

Ruyet JP, Labbé L, Bayon N, Sévère A, Roux A, Delliou H, Quémener L. 2008. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquat Living Resour. 21(2):185-195.

doi:10.1051/alr:2008024

Sabzi E, Mohammadiarzam H, Salati AP. 2017. Effect of dietary L-carnitine and lipid levels on growth performance, blood biochemical parameters and antioxidant status in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture. 480:89-93.

doi:10.1016/j.aquaculture.2017.08.013

Santulli A, D’Amelio V. 1986. Effects of supplemental dietary carnitine on the growth and lipid metabolism of hatchery-reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Aquaculture. 59(3-4):177-186.

doi:10.1016/0044-8486(86)90002-5

Santulli A, Modica A, Curatolo A, D’Amelio V. 1988. Carnitine administration to sea bass (*Dicentrarchus labrax* (L.)) during feeding on fat diet: modification of plasma lipid levels and lipoprotein pattern. Aquaculture. 68(4): 345-351.

doi:10.1016/0044-8486(88)90248-7

Savaş S, Çiçek NL. 2010. Canlı yem organizmalarında L-karnitin. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi

Dergisi. 41(1):71-73.

Sonay FD, Başçınar N. 2017. An investigation on the effects of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) monoculture and duo-culture farming in freshwater and seawater on growth performance. Iran J Fish Sci. 16(1):38-49.

Souchet N, Laplante S. 2007. Seasonal variation of Coenzyme Q10 content in pelagic fish tissues from Eastern Quebec. J Food Compos Anal. 20(5): 403-410.

doi:10.1016/j.jfca.2006.09.004

Stratev D, Zhelyazkov G, Noundou XS, Krause RWM. 2018. Beneficial effects of medicinal plants in fish diseases. Aquaculture Int. 26:289-308.

doi:10.1007/s10499-017-0219-x

Şahin SA, Başçınar N, Kocabaş M, Tufan B, Köse S, Okumuş İ. 2011. Evaluation of meat yield, proximate composition and fatty acid profile of cultured brook trout (*Salvelinus fontinalis* Mitchell, 1814) and Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811) in comparison with their hybrid. TrJFAS. 11(2):261-271.

doi:10.4194/trjfas.2011.0211

Şanlıtürk Ş. 2009. Esansiyel hipertansiyonlu hastalarda, koenzim Q(CoQ) ve homosistein düzeylerinin araştırılması [Master's Thesis]. Selçuk Üniversitesi. 47 s.

Taşbozan O. 2005. L-Karnitin ve farklı yağ seviyeleri ile hazırlanan yemlerle beslenen çipuraların (*Sparus aurata*) büyüme performansı ve vücut kimyasal kompozisyonlarının belirlenmesi üzerine bir araştırma [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi. 105 s.

Taşbozan O, Gökçe MA. 2007. L karnitin ve akuakültürde kullanımı. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 3-5(5-8):694-703.

Torreale E, Van Der Sluiszen A, Verreth J. 1993. The effect of dietary l-carnitine on the growth performance in fingerlings of the African catfish (*Clarias gariepinus*) in relation to dietary lipid. Br J Nutr. 69(1):289-299.

doi:10.1079/BJN19930030

Twibell RG, Brown PB. 2000. Effects of dietary carnitine on growth rates and body composition of hybrid striped bass (*Morone saxatilis* malex *M. chrysops* female). Aquaculture. 187(1-2):153-161.

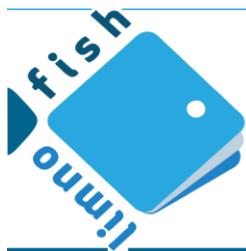
doi:10.1016/S0044-8486(99)00387-7

Weber C, Bysted A, Holmer G. 1997. Coenzyme Q₁₀ in the diet-daily intake and relative bioavailability. Mol Aspects of Med. 18 (Supp 1):251-254.

doi:10.1016/S0098-2997(97)00003-4

Zhu F. 2020. A review on the application of herbal medicines in the disease control of aquatic animals. Aquaculture. 526:735422.

doi:10.1016/j.aquaculture.2020.735422



Growth and Reproductive Biology of Bream, *Acanthobrama thisbeae* (Freyhof&Özuluğ, 2014) a New Endemic Species in Sır Reservoir, Kahramanmaraş, Turkey

Cemil KARA^{1*}

¹Karadeniz Technical University, Biology Department, Faculty of Science, Trabzon, Turkey

ABSTRACT

In this study growth and reproductive biology of endemic and new species *Acanthobrama thisbeae* in Sır Reservoir were investigated. The population were composed of 80.6% female and 19.40 % male individuals. The individuals' total lengths (mm) and total weights (g) varied between 130.4 to 260.5 mm and 12.92 to 203.89 g, respectively. Age groups 2 to 8 were identified in the population and the majority of the sample was between 130 to 180 mm (80.22%). The length-weight relationship for all samples was $W = 0.0000003 \cdot TL^{3.7265}$ with b value was significantly ($p < 0.001$). The mean condition factors were 1.011 ± 0.17 ($n:263$) between females and males. In observations of monthly changes, the gonadosomatic index (GSI) and the monthly frequency distribution spawning period were determined between April and June. Mean fecundity was 3574 egg/fish on mature individuals in reproductive periods. In addition, *A. thisbeae* individuals in Sır Reservoir were observed to be under the pressure of exotic species such as *Liza abu* and *Carassius gibelio*.

Keywords: *Acanthobrama thisbeae*, growth, reproductive, Sır Reservoir, Kahramanmaraş.

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 15.09.2021

Revised : 09.05.2022

Accepted : 16.05.2022

Published : 26.08.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.996113

* CORRESPONDING AUTHOR

cemilkara67@gmail.com

Phone : +90 462 377 3717



Sır Baraj Gölü'nde Endemik ve Yeni Tür *Acanthobrama thisbeae* (Freyhof&Özuluğ, 2014)'nin Büyüme ve Üreme Özellikleri, Kahramanmaraş, Türkiye

Öz: Bu çalışmada, Sır Baraj gölündeki endemik ve yeni tür *Acanthobrama thisbeae*'nin büyüme ve üreme özellikleri incelenmiştir. Popülasyonun %80,6'sı dişi ve %19,40'ı ise erkek bireylerden oluşmuştur. İncelenen bireylerin total boyları 130,4-260,5 mm, total ağırlıkları ise 12,92-203,89 g arasında değişim göstermiştir. Popülasyon 2 ile 8 yaş grubu arasında tespit edilmiş ve örneklerin çoğunluğu 130 ile 180 mm boy grubuna ait bireylerden (%80,22) oluşmuştur. Bütün örneklerde boy-ağırlık ilişkisi $W = 0,0000003 \cdot TL^{3,7265}$ bulunmuş ve " b " değeri istatistiki olarak önemlidir ($p < 0,001$). Kondüsyon faktörü ortalama $1,011 \pm 0,17$ ($n:263$)'dir. Gonadosomatik indeks (GSI) değerlerine göre üreme dönemi Nisan ve Haziran ayları arasındadır. *A. thisbeae* popülasyona ait olgun bireylerde ortalama fekondite ise 3574 yumurta/balık olarak tespit edilmiştir. Ayrıca Sır baraj gölündeki *A. thisbeae* bireylerinin *Liza abu* ve *Carassius gibelio* gibi exotik türlerin baskısı altında olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Acanthobrama thisbeae*, büyüme, üreme, Sır Baraj Gölü, Kahramanmaraş.

How to Cite

Kara C. 2022. Growth and Reproductive Biology of Bream, *Acanthobrama thisbeae* (Freyhof&Özuluğ, 2014) a New Endemic Species in Sır Reservoir, Kahramanmaraş, Turkey. LimnoFish. 8(2): 168-175. doi: 10.17216/LimnoFish.996113

Introduction

Freshwaters of Turkey have a remarkable diversity of habitats, with essential variations in altitude, rainfall, temperature, topography and zoogeographical history, which is reflected by its richness of freshwater fishes and relatively high levels of endemism (Çiçek et al. 2018). According to a recent review of the literature, more than 368

freshwater fish species belonging to 34 families have distribution in inland waters of Turkey (Kuru et al. 2014). A total of 368 fish species live in the inland waters of Turkey. Among these, 4 species are globally extinct, 5 are extinct in Turkey, 28 are non-native, and 194 are considered endemic to Turkey (Çiçek et al. 2018).

The Cyprinid fishes of the genus *Acanthobrama* has about 11 species and 5 of them are occurred in inland waters of Turkey; *Acanthobrama marmid* in Tigris-Euphrates, *Acanthobrama centisquama* in Orontes River Basin, *Alburnus orontis* in Seyhan River Basin, *Acanthalburnus microlepis* in Aras-Kura River Basin and *Acanthobrama thisbeae* in Ceyhan River Basin (Freyhof and Özuluğ. 2014; Küçük et al. 2014). In the study conducted on the distribution of fish fauna in the Ceyhan River Basin, 20 species belonging to 10 families, including *Acanthobrama* sp., were identified (Kara et al. 2010). In the following years, *A. thisbeae* was defined, considering the morphological data by Freyhof and Özuluğ (2014).

Reproductive biology investigation of fish species is vital to assess the commercial potentialities of its stock, culture practice and actual management of its fishery (Doha and Hye 1970; Soofiani et al. 2006; Dopeikar et al. 2015). It has three critical components including sexual maturity, reproductive period and fecundity, which are important demographic characteristics essential for understanding a species' life history. In addition, age data are used to assess the fish population dynamics including growth, mortality and recruitment and stock structure; also, this data is also an essential component of age-structured population models (Bagenal 1967).

A. thisbeae is one of the important species that is endemic to Turkey. The main object of this study was to consider the reproductive biology of the *A. thisbeae*, including the length-weight relationship, gonadosomatic index, fecundity, spawning season and condition factors necessary for conducting conservation and management programs of the species.

There are some studies on *A. thisbeae*. Çelik (2019) determined the phylogenetic position of

A. thisbeae with molecular data. Ali (2015) identified some biological properties of *A. thisbeae* in Sır Reservoir. Kılıç (2016), on the other studies on the bioecological characteristics of *A. thisbeae* in lake Azaplı (Adıyaman). Apart from the studies as mentioned above, no comprehensive research has been found on this species. In this study, it was aimed to determine the growth and reproduction characteristics of *A. thisbeae* in Sır Reservoir.

Materials and Methods

Sır Reservoir, constructed on the river Ceyhan in the East Mediterranean region of Turkey in 1987-1991, has a surface area of 47.50 km² at 600 m altitude and it is used for electrical energy production (Kara and Solak 2004). The fish fauna of the reservoir consists of *Acanthobrama* sp., *A. orontis*, *Silurus glanis*, *Cyprinus carpio*, *Capoeta angorae*, *Capoeta erhani*, *Barbus rajanorum*, *Squalius kottelati*, *Chondrostoma regium* and *Anguilla anguilla*. *A. anguilla* used to inhabit this area but it is now extinct, because 6 dam lake and reservoirs; Aslantaş, Berke, Kartalkaya, Kılavuzlu, Menzelet and Sır have been constructed on the river Ceyhan in succession and there is no fish passage or lifting systems on these dams (Kara et al. 2010; Alp et al. 2003, 2015).

The body of *A. thisbeae* individuals is silvery brown in the dorsal area, the abdomen is dirty white and the scales are small and the mouth is terminal. The head size of *A. thisbeae* is smaller than the body height. The last unbranched ray of the dorsal fin is not rigid and is clearly different from individuals of *A. marmid* with this feature. The body rises obliquely from the nape to the front of the dorsal fin. It has a concave structure between the head and nape area. The caudal fin has deep lobes and the tip of the lobes is sharp (Figure 1).



Figure 1. Sample of *A. thisbeae* from Sır Reservoir.

Samples of *A. thisbeae* were collected from December 2012 to September 2013 from commercial fishery catches. Fresh samples of *A. thisbeae* were brought to the laboratory after being placed on ice and the total length and weight were determined to the nearest 1 mm and 0.01 g, respectively. Gonads were weighed (Wg) with a precision of 0.01 g. Upon visual and microscopic examination of the gonads, sex and maturity stages were determined. The scale samples were removed from the left side of specimens, from the ventral to the dorsal fin for the age determination. Scales were removed from each fish and cleaned in a 5% sodium hydroxide solution for age analyses according to Chugunova (1959). The scales were scanned using a light microscope in order to determine the ages of the fish. All scales were read in triplicate.

The regression equation for the length–weight relationship was calculated using the least-squares method; the data were commonly used in this equation: $W = a \times TL^b$, where W is the total weight (g) and TL is the total length (mm). The hypothesis of isometric growth (Ricker 1975, Sparre and Venema 1998) was tested with Student's t-test.

The condition factor (K) was calculated monthly with the formula $K = (W/TL^3) \times 100.000$, where W and TL are the total weight and total length, respectively (Özdamar 1999).

The spawning period was estimated based on the monthly changes in gonads and monthly variations in oocyte sizes of samples. Gonadosomatic index (GSI) was calculated using the equation: $GSI = (Wg / W) \times 100$, where Wg and W are gonad weight and the total weight of fish in grams, respectively (Bagenal and Braun 1978).

All sampled fish were then dissected, gonads removed and weighed, and sex determined visually or by microscope. The gonads were preserved in 4% formalin solution. To calculate fecundities, the ovaries were weighed; three subsamples were taken

from the front, mid-and rear-section of each ovary and weighed. The total number of eggs in each subsample ovary was determined. This value was proportional to the total ovary weight; the number of eggs ($F1$) for the subsample was estimated using the equation, $F1 = (\text{Gonad weight} \times \text{number of eggs in the subsample}) / \text{subsample weight}$ (Yeldan and Avşar 2000). Later, by taking the mean number of three subsample fecundities ($F1$, $F2$ and $F3$), the individual fecundity for each female fish was calculated $[F = (F1 + F2 + F3) / 3]$ (Alp et al. 2003). Total length, fecundity and body weight and fecundity relationships were determined from the equations:

$$\ln F = a + b \times \ln TL; F = q \times TL^b$$

$$\ln F = a + b \times \ln W_B; F = q \times W_B^b$$

where F is the number of eggs (fecundity), TL and W_B are the total length (mm) and body weight (g) respectively. 'a' and 'b' are constant parameters in linear regression analysis and $q = e^a$. Fecundity was estimated according to Bagenal and Braun (1978). The diameters of 10 ova (30 ova in each female fish) were measured by a digital micrometre. The egg shapes were round and slightly hard when diameters were being measured. The mean fecundities and mean egg diameters for individuals were recorded by age, length, and weight of each examined female fish.

Results

Length Frequency and Age Distribution

During the sampling period (from December 2012 to September 2013), a total of 263 individuals of *A. thisbeae* were examined, ranging in total length from 130.40 to 260.50 mm (Figure 2 a). Of these individuals, 212 were females (80,6%) and 51 were males (19,40%). The obtained results showed that the age of this species ranged from 2 to 8 years (Figure 2 b).

The length-weight relationship for *A. thisbeae* is shown in Figure 3. The relationship was determined as $W = 0.0000003 \cdot TL^{3.7265}$.

The b value was significantly bigger than 3.0 ($p < 0.001$), which indicates positive allometric growth of *A. thisbeae*.

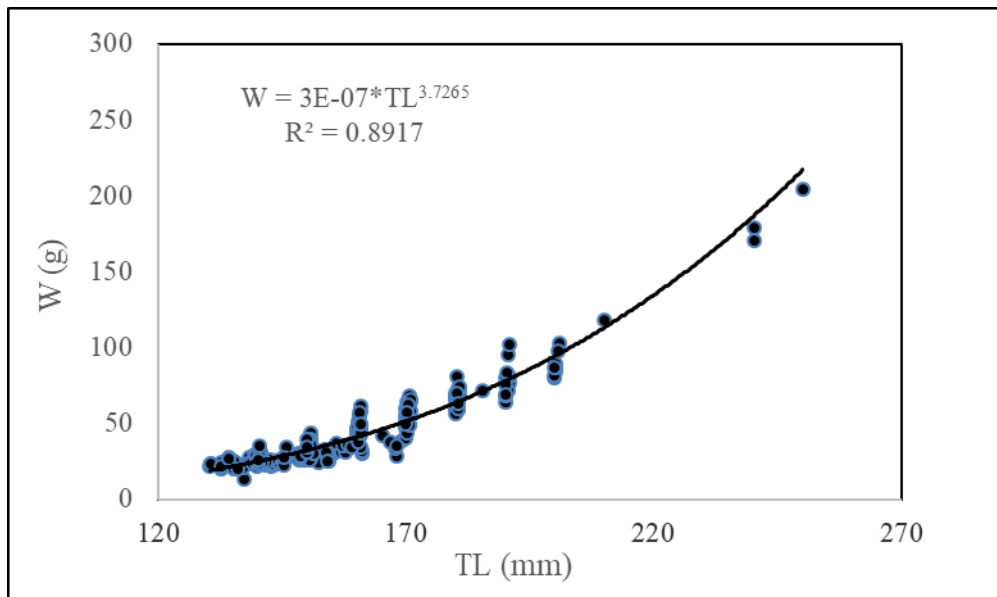


Figure 3. Length-weight relationship of *A. thisbeae*.

The condition factor of *A. thisbeae* population in Sir Reservoir was determined as 1.011 ± 0.17 on average. The condition factor variation of the *A.*

thisbeae population by months is given in Table 2. The lowest condition value was seen in March while the highest condition value was seen in July.

Table 2. Mean condition factor values of *A. thisbeae* (n:263)

	Dec. N:41	Jan. N:17	Feb. N:16	Mar. N:21	Apr. N:26	May N:21	June N:57	July N:30	Sep. N:35
Mean	0.988	0.909	0.862	0.835	0.837	0.881	1.169	1.191	1.069
Min.	0.820	0.750	0.725	0.605	0.499	0.695	0.340	1.012	0.818
Max.	1.164	1.077	1.028	0.972	1.122	1.158	1.481	1.345	1.309
SD	0.067	0.105	0.092	0.084	0.114	0.110	0.166	0.083	0.096

Seasonal Fluctuations in the Gonadosomatic Index (GSI)

The breeding period of *A. thisbeae* individuals living in Sir Reservoir was determined by the monthly development of the gonadosomatic index (GSI). Accordingly, GSI varied between 0.18 and

15.27 in a total of 201 *A. thisbeae* female individuals. Gonadosomatic index value was the lowest in December (GSI = 0.18) and the highest in April (GSI = 15.27). According to the data, the spawning season of the *A. thisbeae* population in Sir Reservoir was determined between April and June (Figure 4).

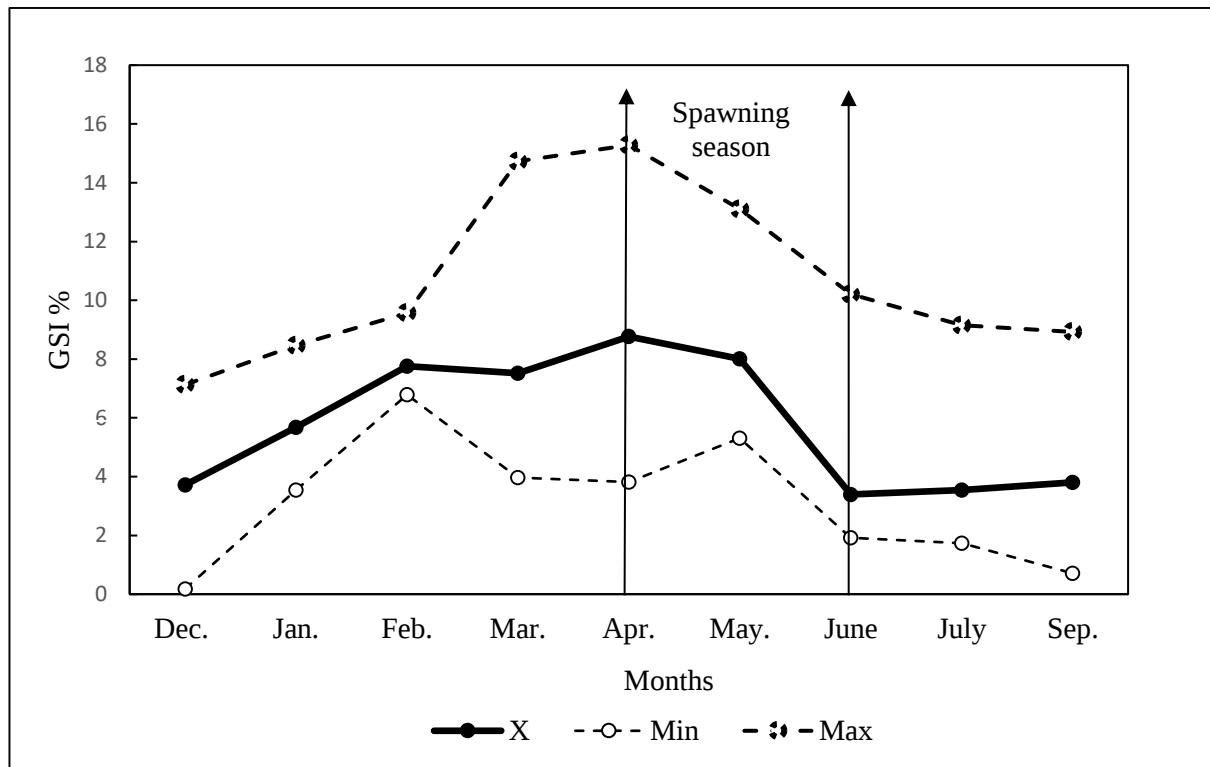


Figure 4. Monthly variation of gonadosomatic index (GSI) of female *A. thisbeae* individuals

The average fecundity of 67 female *A. thisbeae* individuals belonging to *A. thisbeae* in Sir 2767 (in February) and 5114 (in March) eggs/fish Reservoir was determined as 3574 eggs/fish. (Table 3).

Table 3. Monthly fecundity variation of *A. thisbeae* (NF: number of fish; Egg (N), MTL: mean total length (mm); MW_B: Mean body weight (g), MF: Mean fecundity, number of eggs (min-max.).

Months	NF	Egg (N)	MTL (mm)	MW _B (g)	Mean Fecundity (Min-Max)
January	12	360	145.59	28.33	3329(1950-5215)
February	11	330	143.59	25.08	2767(1767-3947)
March	17	510	150.52	28.73	5114(2862-10587)
April	16	480	144.46	24.79	3323(2348-6082)
May	12	360	150.70	29.58	3457(2246-5073)

Linear relationship was found between fecundity and the total length, body weight (Figure 5). These

positive correlations may be expressed by the following regression equations:

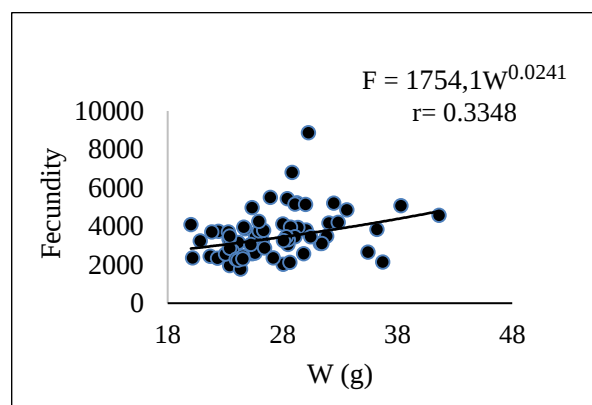
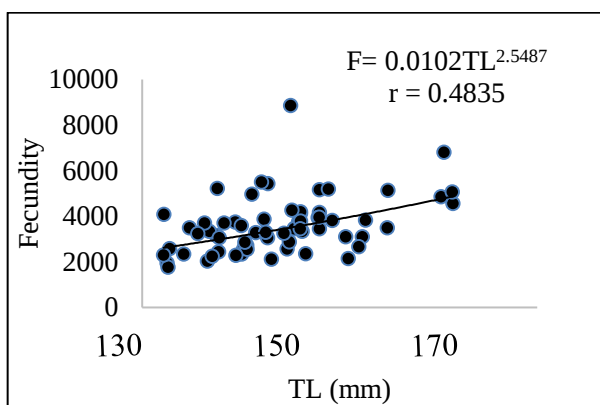


Figure 5. Relationships between fecundity and body weight and total length in 67 *A. thisbeae*.

Discussion

Acanthobrama sp. was reported by Kara et.al (2010) from the Sir Reservoir, after that this species was defined as a new species *A. thisbeae* by Freyhof and Özuluğ (2014). There are few studies in the literature regarding for *A. thisbeae*. Freyhof and Özuluğ (2014) report that the standard length of *A. thisbeae* individuals in Sir Reservoir is between 154.9 and 173.8 mm. Kılıç (2016) states that the *A. thisbeae* population in Lake Azaplı (Gölbasi, Adıyaman) varies between 1-5 age groups and the most dominant age group is 1 year old (62,85%), in that study, the average total length was 125.5 mm and the maximum length was 215.0 mm. Ali (2015) reported that in individuals of *A. thisbeae* in Sir Reservoir, fork lengths varied between 164.3 mm and 228.0 mm in females and between 158.7 and 177.5 mm in males. In this study, it was determined that *A. thisbeae* individuals in Sir Reservoir were between the ages of 2-8 and the majority of the population (80,22%) were between 130.0 and 180.0 mm in height. The total length of 260.5 mm detected in the Sir Reservoir was the new maximum length for this species.

The value of condition factor in fish varies depending on various factors such as fish size, sampling date, reproduction time, season, disease and parasite status of the fish (Bagenal and Tesch 1978; Welcomme 2001). Ali (2015) states that the average condition factor of *A. thisbeae* individuals in Sir Reservoir is between 1.50 and 2.03 in females and 1.41 and 1.89 in males. In this study, the condition factor was found to be 1.011 ± 0.17 (n:263) in the *A. thisbeae* populations in Sir Reservoir.

Spawning seasons of *Acanthobrama* species were differed in different habitats. The spawning season of *A. marmid* individuals in the Tigris River was in May-June (Ünlü et al. 1994), *A. mirabilis* in the Kemer Reservoir was in April-June (Özcan and Balık 2009), and *Acanthobrama telaviensis* in the Yarqon stream was also in April-June (Elron et al. 2006). According to the gonadosomatic index (GSI) values, the spawning season of the *A. thisbeae* population in the Sir Reservoir was determined between April and June (Figure 4).

The mean fecundity of the population was 3574 eggs/fish. It was concluded that the fecundity value of Sir Reservoir *A. thisbeae* individuals was low according to the relations of total length-fecundity and weight-fecundity (Figure 5).

It is known that *A. thisbeae* is one of the most important species that are caught in the reservoir according to commercial fisheries and constitutes a dense stock in Sir Reservoir (Çelik 2019). However, in the studies conducted between 2014 and 2016 (Kara and Alp 2014), it was seen that the *A. thisbeae*

populations, living only in Sir Reservoir in the middle and upper Ceyhan River Basin, were decreased significantly. While *L. abu* and *C. gibelio* species were not seen in the previous study (Kara et al. 2004) in the Sir Reservoir, in the field studies conducted in 2014-2016, *Liza abu* and *Carassius gibelio* individuals were found to be widespread in the Sir Reservoir. It has been determined that fishermen catch these fish species and *A. thisbeae* individuals are now less caught. It is thought that *L. abu* and *C. gibelio* individuals put pressure on *A. thisbeae* populations as the reason for the significant decrease in *A. thisbeae* populations in Sir Reservoir. In addition, the majority of *A. thisbeae* individuals caught from Sir Reservoir have lesions in different parts of their bodies. It is important to take the necessary measures to protect the endemic new species *A. thisbeae* population living in the Ceyhan river system.

References

- Ali MJK. 2015. Determination of some biological characteristics of *Acanthobrama thisbeae* in Sir Reservoir [Master's Thesis]. Kahramanmaraş Sütçü İmam University. 64 p.
- Alp A, Kara C, Büyükçapar HM. 2003. Reproductive biology of brown trout, *Salmo trutta macrostigma* Dumeril 1858, in a tributary of the Ceyhan River which flows into the Eastern Mediterranean Sea. J Appl Ichthyol. 19(6):346-351. doi: 10.1111/j.1439-0426.2003.00455.x
- Alp A, Akyüz A, Özcan M. 2015. Passages and Migratory Fish in River Ceyhan. Paper presented at: International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage; Groningen, The Netherlands.
- Bagenal TB. 1967. A short review of fish fecundity. In: Gerking SD, editor. The biological basis of fresh water fish production. Oxford: Blackwell Scientific Publications. p. 89-111.
- Bagenal TB, Braun R. 1978. Eggs and early life history. In: Bagenal T, editor. Methods for assessment of fish and production in freshwaters, 3rd edn. Oxford: Blackwell Science. p. 165-201.
- Bagenal TB, Tesch FW. 1978. Age and growth. In: Bagenal TB, editor. Methods for Assessment of fish population in freshwaters. London: IBP Handbook, Blackwell Scientific Publications. p. 101-136.
- Chugunova NI. 1959. Age and Growth Studies in Fish (Translate from Russian). Washington D.C.: Israel Program for Scientific Translations Ltd 132 p.
- Çelik B. 2019. *Acanthobrama thisbeae*'nin filogenetik konunun moleküler verilerle belirlenmesi [Master's Thesis]. Kahramanmaraş Sütçü İmam University. 46 p. [in Turkish]
- Çiçek E, Fricke R, Sungur S, Eagderi S. 2018. Endemic freshwater fishes of Turkey. FishTaxa. 3(4):1-39.
- Doha S, Hye MA. 1970. Fecundity of the Padma River *Hilsa ilisha* (Ham.). Pak J Sci. 22:176-184.

- Dopeikar H, Keivany Y, Shadkhast M. 2015. Reproductive biology and gonad histology of the kura barbel, *Barbus lacerta* (Cyprinidae), in Bibi-Sayyedon River, Tigris basin. North-West J Zool. 11(1): 163-170.
- Elron E, Gasith A, Goren M. 2006. Reproductive strategy of a small endemic cyprinid, the Yarqon bleak (*Acanthobrama telavivensis*), in a mediterranean-type stream. Environ Biol Fish. 77:141-155. doi: 10.1007/s10641-006-9066-8
- Freyhof J, Özuluğ M. 2014. *Acanthobrama thisbeae*, a new species of bream from southern Anatolia, Turkey (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol Explor Fres. 25(1): 1-10.
- Kara C, Solak K. 2004. Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş)'nde Yaşayan Tatlısu Kefali (*Leuciscus cephalus* L, 1758)'nin Büyüme Özellikleri. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 7(2):1-8.
- Kara C, Alp A, Erer M. 2004. Orta ve Yukarı Ceyhan Havzası Balık Faunası ve Bölgesel Dağılımı. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı. Project No: 2001-5/9.
- Kara C, Alp A, Şimşekli M. 2010. Distribution of Fish Fauna on the Upper and Middle Basin of Ceyhan River, Turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 10:111-122. doi: 10.4194/trjfas.2010.0116
- Kara C, Alp A. 2014. Doğu Akdeniz Bölgesi Tatlısu Balık Faunası ve Bölgesel Dağılımı. Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı, Project No: 2014-16 M.
- Kılıç NA. 2016. *Acanthobrama thisbeae* Freyhof & Özuluğ, 2014 Azaplı Gölü (Gölbaşı, Adıyaman) populasyonu için bazı populasyon dinamiği parametrelerinin belirlenmesi [Master's Thesis]. Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, 35 p. [in Turkish]
- Kuru M, Yerli SV, Mangıt F, Ünlü E, Alp A. 2014. Fish Biodiversity in Inland Waters of Turkey. Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture. 3(1):93-120.
- Küçük F, Bektaş Y, Güçlü SS, Kaya C. 2014. The systematic position of *Acanthalburnus microlepis* (De Filippi, 1863) and contributions to the genus *Acanthobrama* (Cyprinidae: Leuciscinae) in Turkey. Iran J. Ichthyol. 1(2):96-105. doi: 10.22034/iji.v1i2.44
- Özcan G, Balık S. 2009. Some biological characteristics of Bleak, *Acanthobrama mirabilis* Ladiges, 1960, in the Kemer Reservoir, Turkey. Electronic Journal of Ichthyology. 5(1): 4-10.
- Özdamar K. 1999. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi 1, 2. Baskı, Eskişehir: Kaan Kitabevi 535 p. [in Turkish]
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Ottawa: Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada 382 p.
- Soofiani NM, Keivany Y, Shooshtari AM. 2006. Contribution to the biology of the Lizardfish, *Saurida tumbil* (Teleostei: Aulopiformes), from the Persian Gulf. Zool Mid East. 38(1): 49-56. doi: 10.1080/09397140.2006.10638164
- Sparre P, Venema SC. 1998. Introduction to tropical fish stock assessment Part 1: Manual. Rome: FAO. Report No: 306/1 Rev.2.
- Ünlü E, Balıcı K, Akbayın H. 1994. Some Biological Characteristics of the *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843 in the Tigris River (Turkey). Tr J of Zoology. 18:131-139.
- Welcomme RL. 2001. Inland fisheries: Ecology and Management. London: Wiley-Blackwell 384 p.
- Yeldan H, Avşar D. 2000. A preliminary study on the reproduction of the rabbitfish (*Siganus rivulatus* Forsskal, 1775) in Northeastern Mediterranean. Turkish J Zool. 24(2):173-182.



Göksu Çayı (Isparta) Üzerindeki Gökkuşluğu Alabalık Tesisleri Su Kalitesi Etkilerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizi ve Tahmini Azot-Fosfor Yükleri

Mustafa ERGÜN¹ , Cafer BULUT^{1*} , Gürkan KOÇER¹ 

¹ T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Eğirdir-Isparta

Ö Z

Türkiye’de ilk olarak 1970’li yıllarda yetiştiriciliğine başlanan gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), bugün yıllık üretimi 100.000 tonu aşan üretim miktarıyla su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir tür konumuna gelmiştir. Artan tesis sayısı ve üretim miktarları ile birlikte son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinin sucul çevreye çeşitli potansiyel etkilerinin olduğu ve bu durumun izlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda su ürünleri yetiştiriciliğinin çevresel etkilerini izlemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada Isparta ili sınırları içerisinde yer alan Göksu Çayı üzerinde gökkuşluğu alabalığı tesislerinin etkilerinin çok değişkenli istatistiksel analizler kullanılarak izlenmesi ve azot ve fosfor yüklerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Ocak-Aralık (2019) aylık olarak gerçekleştirilen çalışmada yerinde ölçümler ve laboratuvar analizler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra tesislerin tahmini azot ve fosfor yükleri, tesislerin alabalık çiftliklerinin toplam balık üretim miktarları, yem dönüşüm oranı, toplam tüketilen yem miktarı ve azot ve fosfor içerikleri dikkate alınarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Göksu Çayı’nda yemle gelen fosfor girdisi 13,9 ton, balıkla uzaklaştırılan fosfor miktarı 5,3 ton ve sisteme giren fosfor yükü 8,6 ton olarak tahmin edilirken yemle gelen azot girdisi 111,1 ton; balıkla uzaklaştırılan azot miktarı 29,6 ton ve sisteme giren azot yükü ise 81,5 ton olarak tahmin edilmiştir. Hesaplanan değerler literatürün üzerinde bulunmuştur. Veriler faktör analizi ve kümeleme analizleri değerlendirilmesinde ise 1. ve 2. istasyon ile 3. ve 4. istasyonlar arasında özellikle azot ve fosfor parametreleri açısından anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum alabalık tesislerinin dere üzerine etkilerinin olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda tesislerin atıklarının kesinlikle akarsuya verilmemesi gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Göksu Çayı, gökkuşluğu alabalığı, *Oncorhynchus mykiss*, azot, fosfor

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 09.06.2020
Düzeltilme : 16.11.2020
Kabul : 18.05.2022
Yayın : 26.08.2022



DOI:10.17216/LimnoFish.749798

* SORUMLU YAZAR

caferbulut@gmail.com
Tel : +90 246 313 34 60
Fax : +90 246 313 34 63

Estimated Nitrogen-Phosphorus Loads and Multivariate Statistical Analysis of Water Quality Effects of Rainbow Trout Farms on Göksu Spring (Isparta)

Abstract: Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), which was first started to be cultivated in Turkey in the 1970s, has become an important species in aquaculture with its annual production exceeding 100,000 tons. With the increasing number of facilities and production amounts, it has emerged that aquaculture has various potential effects on the aquatic environment in recent years and this situation needs to be monitored. In this context, it is important to monitor the environmental effects of aquaculture. In this study, it was aimed to monitor the effects of rainbow trout farms on Göksu Stream, located within the borders of Isparta, by using multivariate statistical analyzes and to estimate nitrogen and phosphorus loads. In the study, which was carried out monthly in January-December (2019), on-site measurements and analyzes were carried out in the laboratory. Then, the estimated nitrogen and phosphorus loads of the facilities were tried to be calculated by considering the total fish production amounts of the trout farms of the facilities, feed conversion ratio, total amount of feed consumed and nitrogen and phosphorus contents. Phosphorus input from the feed in Göksu Stream is 13.9 tons; The amount of phosphorus removed by fish is estimated to be 5.3 tons and the phosphorus load entering the system as 8.6 tons, while the nitrogen input from the feed is 111.1 tons; The amount of nitrogen removed by fish was estimated as 29.6 tons and the nitrogen load entering the system was estimated as 81.5 tons. Calculated values were found above the literature. In the evaluation of factor analysis and clustering analysis of the data, it was revealed that there was a significant difference between stations 1 and 2, and stations 3 and 4, especially in terms of nitrogen and phosphorus parameters. This shows that trout facilities have effects on the stream. In this context, the wastes of the facilities should not be discharged into the river.

Keywords: Göksu Stream, rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, nitrogen, phosphorus

Alıntılama

Ergün M, Bulut C, Koçer G. 2021. Göksu Çayı (Isparta) Üzerindeki Gökkuşluğu Alabalık Tesisleri Su Kalitesi Etkilerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Analizi ve Tahmini Azot-Fosfor Yükleri. LimnoFish. 8(2): 176-191. doi: 10.17216/LimnoFish.749798

Giriş

Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği, 1970’li yıllarda iç su balıkları üretimi ile başlamıştır. İlk olarak sazan üretimiyle başlayan bu süreç ve daha sonra özel işletmeler bazında gökkuşağı alabalığı işletmelerinin de devreye girmesi ile devam etmiştir (Korkut 2016). Su ürünleri yetiştiriciliği ülkemizde hızlı bir gelişim göstermekte ve önemi her geçen gün artmaktadır (Kaya ve Şahin 2016). Ülkemizde en yoğun ve yaygın su ürünleri yetiştiriciliği yapılan içsu balığı türü olan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) bugün yıllık üretimi 100.000 tonu aşan üretim miktarıyla su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli bir tür konumuna gelmiştir. İçsularda gökkuşağı alabalığı üretimi 2002 yılında 33,707 ton/yıl iken 2020 yılı itibariyle bu miktar 126,101 ton/yıla çıkmış ve son 18 yılda gökkuşağı alabalığı üretimi %374 oranında artış göstermiştir (Anonim 2021). Alabalık, yetiştiriciliğinin diğer balıklara nazaran daha kolay olması ve pazar durumunun iyi ve uygun su kaynaklarının da bulunması nedeniyle tesis sayısı bakımından ilk sırada yer almaktadır.

Su ürünleri üretimi, diğer tarımsal faaliyetlerde olduğu gibi, yer aldığı ekosistem üzerinde bir etkiye sahiptir. Bu kapsamda yetiştiriciliğin geliştirilmesi amacı yaygınlaşan su ürünleri yetiştiriciliği, çeşitli çevresel endişeleri de beraberinde getirmiştir. Bunların başında su ürünleri yetiştiriciliğinin alıcı ortamlarda oluşturduğu çevresel baskı gelmektedir (Yavuzcan vd. 2010; Özdal ve Pulatsü 2012).

Kültür balıkçılığının yapıldığı rezervuarlarda entansif yetiştiricilik nedeni ile besin düzeyinde birtakım değişiklikler meydana gelebilmektedir. Balık yetiştiricilik sistemlerine özgü başlıca potansiyel kirleticiler olan azot ve fosfor fraksiyonları çözünmüş veya partiküler halde ortama girmektedir (Alpaslan ve Pulatsü 2008; Yavuzcan vd. 2010).

Alıcı ortamlarda yetiştiricilik-çevre etkileşimi bağlamında, uygun yemleme sistemleri su ürünleri işletmelerinin çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması bakımından önemlidir. Sucul ortamlarda, balık yetiştiriciliğinin etkilerinin belirlenmesi ekolojik açıdan zorunludur. Bu anlamda, sürdürülebilir ve çevre dostu balık yetiştiriciliğini teşvik etmek için

düzenli olarak izlenmelidir. Bu konuda son yıllarda yapılan çalışma sayısı artış göstermiştir (Bulut vd. 2010a, 2012a, 2012b; Karakoca ve Topcu 2017). Balık işletmelerinden kaynaklanan kirletici miktarı veya besin elementi yükü; yemleme ve yem değerlendirme oranları, yemin azot ve fosfor içeriği veya yemin sindirilebilirlik düzeyi gibi veriler kullanılarak tahmin edilebilmektedir (Alvarado 1997).

Bilimsel çalışmalarda, birden çok değişkenin ayrı ayrı ele alınarak analiz edilmesi, gerçek durumu açıklamayabilir. Bunun yerine gözlemlenen bu çok sayıda değişken arasında az veya çok bir ilişkinin olması beklendiğinden bu doğrultuda “Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri” geliştirilmiştir. Çok değişkenli istatistiksel analiz, çok sayıda değişken arasındaki ilişkileri ölçme ve açıklamada kullanılan yöntemler topluluğunu ifade etmekte olup en çok kullanılanları kümeleme analizi, temel bileşenler analizi ve faktör analizidir (Çakır 1994). Son yıllarda su kalitesi verilerinin çok değişkenli analiz yöntemleri ile irdelendiği araştırma sayısı artmıştır (Roman vd. 2003; Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu 2005; Yılmaz 2009; Bulut vd. 2010b, 2012c).

Göksu Çayı, Isparta ili Sütçüler ilçesi Çandır Köyü’nde bulunan Yazılıkanyon’dan çıkan ve Karacaören I. Baraj Gölü’ne dökülen bir akarsudur. Dere üzerinde 2019 yılı sonu itibariyle 578 ton/yıl porsiyonluk alabalık ve 58.000.000 adet/yıl yavru alabalık üretim kapasitesine sahip 10 adet tesis bulunmaktadır. Bölge Isparta ilinde en yoğun gökkuşağı alabalığı üretiminin yapıldığı bölgedir (Anonim 2019).

Bu çalışmada gökkuşağı alabalığı tesisleri Çandır Göksu Kaynağı 12 ay boyunca belirli parametreler dahilinde izlenmiş, tesislerinin etkileri çok değişkenli istatistiki analizler kullanılarak irdelenmiş ve azot-fosfor yükleri tahmin edilmiştir.

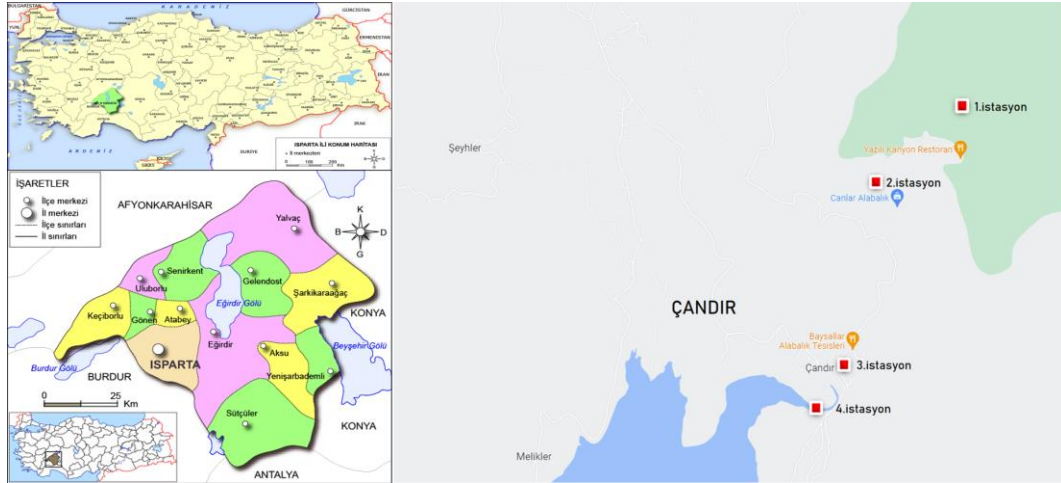
Materyal ve Metot

Ocak-Aralık (2019) ayları arasında, aylık olarak gerçekleştirilen çalışmada Göksu Çayı üzerinde dört örnekleme noktası seçilmiştir. Örnekleme noktaları ve koordinatları Tablo 1’de, çalışma alanı, örnekleme noktaları ve tesislerden görüntüler ise Şekil 1, 2 ve 3’de sunulmuştur.

Tablo 1. Göksu Çayı örnekleme noktaları

Table 1. Göksu Stream sampling points

No	Örnekleme Noktasının Adı	Rakım	Koordinat-1	Koordinat-2
1.ist.	Kaynak	368 m.	37°28'5.53"K	30°55'14.29"D
2.ist.	Yazılıkanyon	342 m.	37°27'46.35"K	30°54'45.20"D
3.ist.	Çandır Köprü	275 m.	37°26'44.38"K	30°53'53.21"D
4.ist.	Baraj Giriş	262 m.	37°26'43.85"K	30°53'33.84"D



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Working area



1.istasyon
1.station



2.istasyon
2.station



3.istasyon
3.station



4.istasyon
4.station

Şekil 2. Örneklem noktaları
Figure 2. Sampling points



Şekil 3. Göksu Çayı üzerine kurulu gökkuşağı alabalığı tesislerinden görüntüler
Figure 3. Images from rainbow trout farms on Göksu Stream

Örnekleme noktalarında su sıcaklığı, çözülmüş oksijen (ÇO), oksijen doygunluğu (O₂), pH, elektriksel iletkenlik (EC) parametreleri WTW 3430i arazi setiyle debi ise Hydro-bios mechanical flow metre ile yerinde gerçekleştirilmiştir. Orto-fosfat (PO₄), amonyum (NH₄), nitrit (NO₂), nitrat (NO₃), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP) analizleri Seal Analytical AQ400 Discrete Analyzer cihazı (Standart Metod 4500), toplam organik karbon (TOC) analizi ise Elementar vario macro cube organik karbon analizör cihazı kullanılarak tayin edilmiştir.

Tesislerin kullandığı yemden alıcı ortama bırakılan azot ve fosfor yüklerinin tahmini Boyd ve Queiroz (2001)'in belirttikleri formüle göre hesaplanmıştır:

Yemden gelen azot miktarı (kg N) = Kullanılan yem miktarı (kg) x Yemin azot içeriği

Balıkta tutulan azot miktarı (kg N) = Üretilen balık miktarı (kg) x 0.25 kg kuru madde/kg balık x 0,08 kg N/kg kuru madde

Alıcı ortama olan azot yükü (kg N) = Yemden gelen N (kg) – Balıkta tutulan N (kg)

Yemden gelen fosfor miktarı (kg P) = Kullanılan yem miktarı (kg) x Yemin fosfor içeriği

Balıkta tutulan fosfor miktarı (kg P) = Üretilen balık miktarı (kg) x 0.25 kg kuru madde/kg balık x 0,032 kg P/kg kuru madde

Alıcı ortama olan fosfor yükü (kg P) = Yemden gelen P (kg) – Balıkta tutulan P (kg)

Yem dönüşüm oranı (FCR) ise Schreck ve Moyle'a (1990) göre aşağıdaki formülden hesaplanmıştır:

$YDO = \frac{\text{Tüketilen yem miktarı (g)}}{\text{Kazanılan canlı ağırlık (g)}}$

Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler

Araştırmalar sonucunda elde edilen veriler SPSS 25.0 paket programı, JMP 15.0 paket programı ve Microsoft Excel 2016 yardımıyla değerlendirilmiştir. Normal dağılım gösteren parametrik verilerde grupların karşılaştırılması Tek Yönlü Anova testi ile varyans analizi ayrıca çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden; Faktör Analizi ve Kümeleme Analizi uygulanmıştır. Gruplar arasında fark ortaya çıkması durumunda verinin normal dağılım sonucuna göre Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Tüm istatistik testlerde önem seviyesi $\alpha=0,05$ olarak kabul edilmiştir (Özdamar 2011). Ayrıca elde edilen sonuçlar Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıfları (Anonim 2016) standartları ve daha önce yapılmış çalışmalar doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Bulgular

Göksu Çayı üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında ölçümü ve analizi yapılan fizikokimyasal parametrelerin en düşük, en yüksek ve ortalama ile tanımlayıcı istatistikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Göksu Çayı'nda ölçülen parametrelerin tanımlayıcı istatistik verileri**

Table 2. Descriptive statistical data of the parameters measured in Göksu Stream

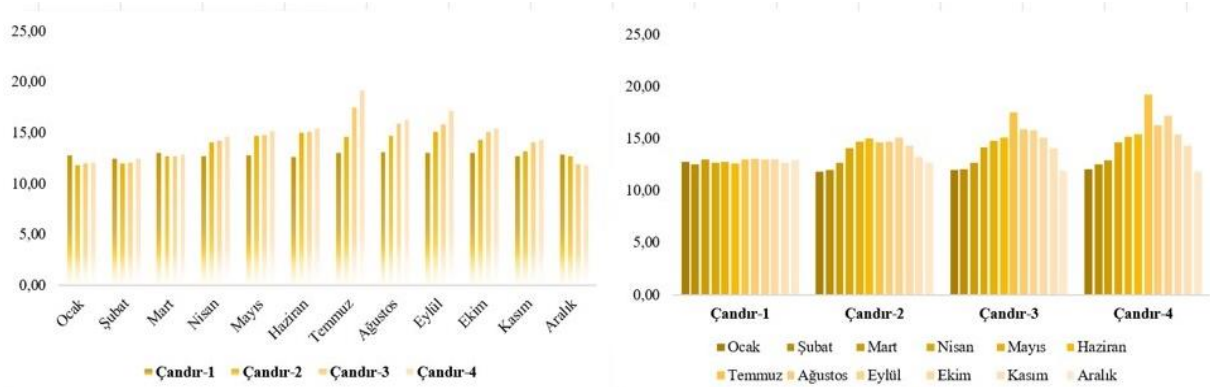
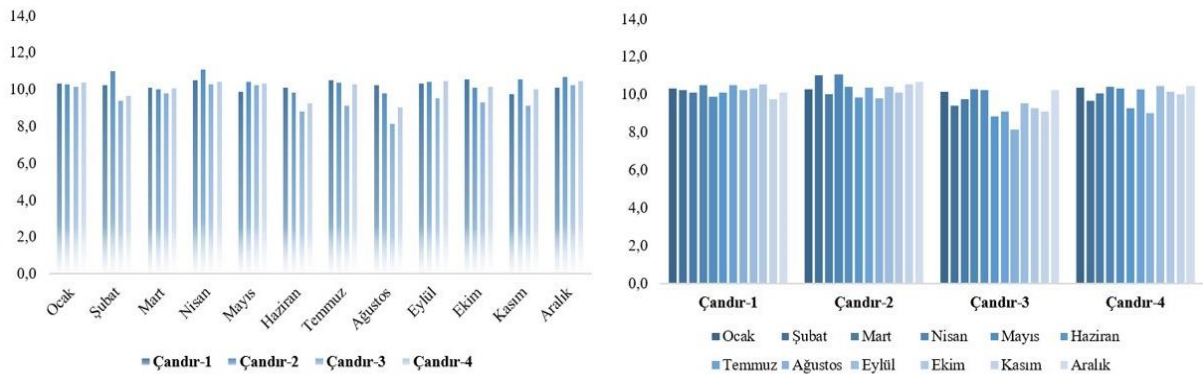
Parametreler	Ort.±S.H.	Min.-Max.	Ort.±S.H.	Min.-Max.
	1.İstasyon		2.İstasyon	
Sıcaklık (°C)	12,84 ± 0,19 ^a	12,50 - 13,10	13,74 ± 1,20 ^{ab}	11,80 - 15,10
ÇO (mg/L)	10,22 ± 0,24 ^a	9,76 - 10,56	10,39 ± 0,41 ^a	9,80 - 11,09
Saturasyon (%)	100,3 ± 2,4 ^a	95,7 - 103,5	103,3 ± 4,1 ^a	97,2 - 111,1
pH	7,70 ± 0,06 ^a	7,56 - 7,76	8,12 ± 0,20 ^b	7,87 - 8,38
EC (µS/cm)	349 ±3 ^a	341 - 354	358 ±8 ^{ab}	349 - 374
Debi (L/s)	312 ± 177 ^a	30 - 500	2079 ± 865 ^b	850 - 3600
PO ₄ (mg/L)	0,017 ± 0,005 ^a	0,008 - 0,026	0,037 ± 0,009 ^a	0,020 - 0,056
TP (mg/L)	0,02 ± 0,01 ^a	0,01 - 0,03	0,04 ± 0,01 ^a	0,03 - 0,07
NH ₄ (mg/L)	0,03 ± 0,01 ^a	0,02 - 0,04	0,09 ± 0,01 ^a	0,07 - 0,11
NO ₂ (mg/L)	0,0035 ± 0,0006 ^a	0,0025 - 0,0045	0,0049 ± 0,0008 ^a	0,0037 - 0,0062
NO ₃ (mg/L)	0,19 ± 0,03 ^a	0,15 -0,25	0,58 ± 0,10 ^b	0,43 -0,77
TN (mg/L)	0,32 ± 0,02 ^a	0,29 - 0,37	0,75 ± 0,10 ^b	0,62 - 0,96
TOC (mg/L)	0,262 ± 0,069 ^a	0,135 - 0,365	0,770 ± 0,057 ^b	0,678 - 0,854

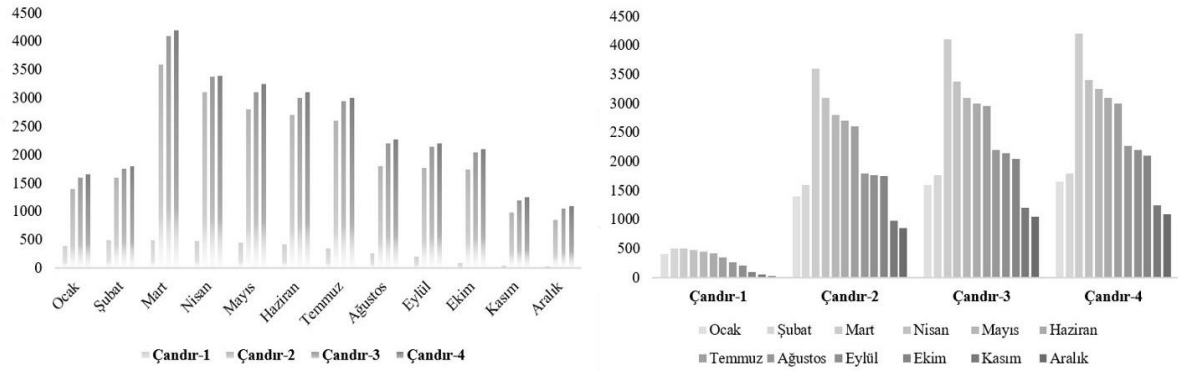
Tablo 2. Göksu Çayı'nda ölçülen parametrelerin tanımlayıcı istatistik verileri** (devam)**Table 2.** Descriptive statistical data of the parameters measured in Göksu Stream(continue)

Parametreler	Ort.±S.H.	Min.-Max.	Ort.±S.H.	Min.-Max.
	3.İstasyon		4.İstasyon	
Sıcaklık (°C)	14,27 ± 1,79 ^{ab}	11,90 - 17,50	14,74 ± 2,21 ^b	11,80 - 19,20
ÇO (mg/L)	9,51 ± 0,66 ^b	8,15 - 10,27	10,05 ± 0,48 ^b	9,04 - 10,48
Satürasyon (%)	94,7 ± 5,9 ^b	83,0 - 104,2	99,5 ± 9,7 ^b	86,3 - 119,1
pH	8,27 ± 0,15 ^{bc}	8,05 - 8,46	8,35 ± 0,17 ^c	8,07 - 8,57
EC (µS/cm)	367 ±10 ^b	354 - 383	367 ±11 ^b	349 - 382
Debi (L/s)	2378 ± 931 ^b	1050 - 4100	2443 ± 947 ^b	1100 - 4200
PO ₄ (mg/L)	0,141 ± 0,043 ^c	0,096 - 0,221	0,113 ± 0,022 ^b	0,084 - 0,155
TP (mg/L)	0,23 ± 0,06 ^b	0,16 - 0,32	0,20 ± 0,04 ^b	0,14 - 0,25
NH ₄ (mg/L)	0,56 ± 0,09 ^b	0,42 - 0,71	0,53 ± 0,08 ^b	0,42 - 0,67
NO ₂ (mg/L)	0,0170 ± 0,00 ^b	0,0106 - 0,0211	0,0159 ± 0,0029 ^b	0,0102 - 0,0197
NO ₃ (mg/L)	1,44 ± 0,19 ^c	1,15 -1,76	1,40 ± 0,19 ^c	1,13 - 1,67
TN (mg/L)	1,86±0,09 ^c	1,12-2,45	2,36±0,10 ^c	1,79-3,03
TOC (mg/L)	2,960 ± 0,369 ^c	2,456 - 3,652	2,725 ± 0,269 ^c	2,307 - 3,234

Göksu Çayı üzerinde belirlenen örnekleme noktalarında ölçümü ve analizi yapılan fizikokimyasal parametrelerden su sıcaklığı, çözünmüş oksijen içeriği, debi, toplam azot (TN),

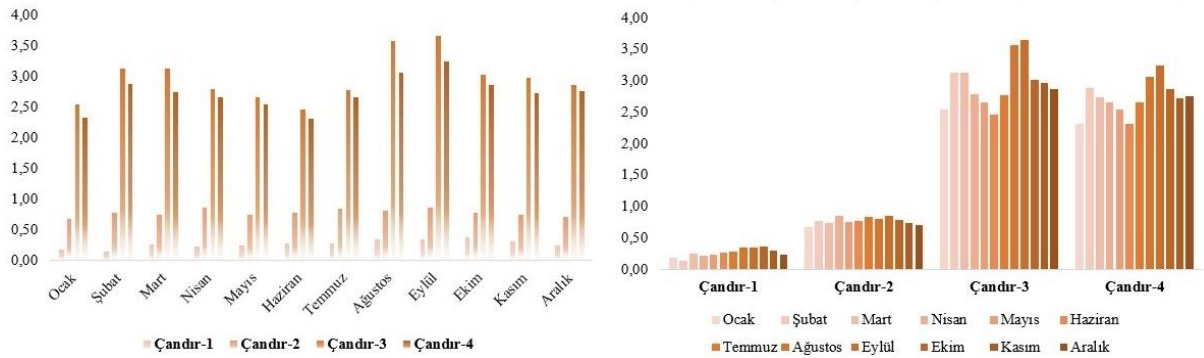
toplam fosfor (TP) ve toplam organik karbon değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimleri Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Göksu Çayı sıcaklık değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (°C)**Figure 4.** Change of Göksu Stream temperature values depending on stations and months (°C)**Şekil 5.** Göksu Çayı oksijen içeriğinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (mg/L)**Figure 5.** Change of oxygen content of Göksu Stream depending on stations and months



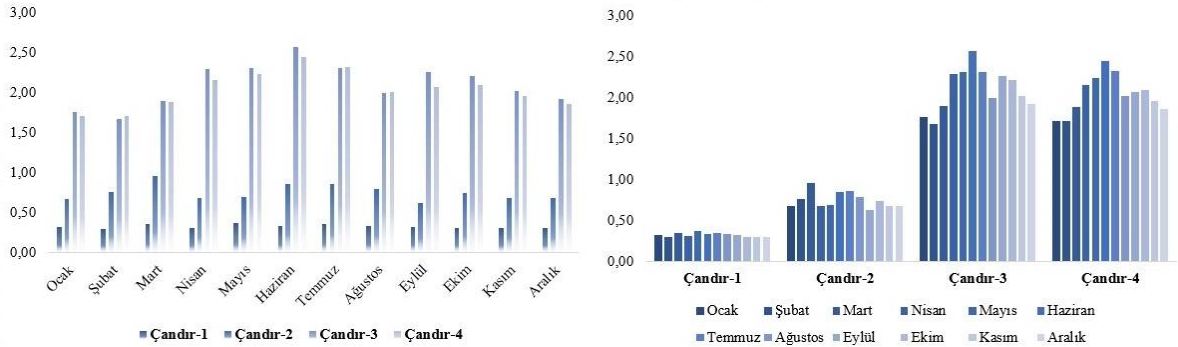
Şekil 6. Göksu Çayı debi değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (L/s)

Figure 6. The variation of Göksu Stream flow rates depending on stations and months (L/s)



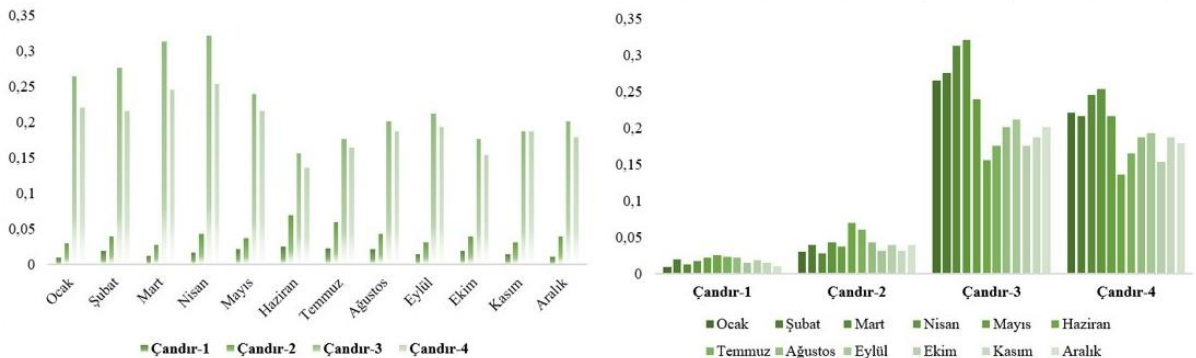
Şekil 7. Göksu Çayı TOC değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (mg C/L)

Figure 7. Change of TOC values of Göksu Stream depending on stations and months (mg C/L)



Şekil 8. Göksu Çayı TN değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (mg N/L)

Figure 8. Change of Göksu Stream TN values depending on stations and months (mg N/L)



Şekil 9. Göksu Çayı TP değerlerinin istasyonlara ve aylara bağlı değişimi (mg P/L)

Figure 8. Change of Göksu Stream TP values depending on stations and months (mg N/L)

Göksu Çayı'nın debisi proje çalışması süresince oldukça değişkenlik arz etmiştir. Proje çalışması boyunca 30-4200 L/s arasında akarsu debisi değişkenlik göstermiştir. Çalışma boyu ölçülen sıcaklık değerlerinde en düşük değer 11,8 °C ile 2. ve 4.istasyonlarda, en yüksek değer ise 19,2 °C ile 4.istasyonda ölçülmüştür. İstasyonlar arası farklar karşılaştırıldığında ise farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Çalışma boyunca ölçülen çözünmüş oksijen içeriğinin balık sağlığı açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. Yıl boyu çözünmüş oksijen değeri 10 mg/L civarlarında seyretmektedir. Bu da alabalık sağlığı ve gelişimi açısından istenen bir durumdur. İstasyonlar arası farklar karşılaştırıldığında ise farkın istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Benzer durum

oksijen doygunluğu (saturasyon) parametresi içinde geçerlidir. Göksu Çayı'nda ise oksijen doygunluk değerleri balık sağlığı açısından uygun olduğu gözlemlenmiştir. Yıl boyu çözünmüş oksijen değeri %100 civarlarında seyretmektedir. Bu da alabalık sağlığı ve gelişimi açısından arzu edilen bir durum sergilemektedir. İstasyonlar arası farklar karşılaştırıldığında ise farkların istatistiki olarak önemsiz olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Göksu Çayı'nda ölçülen en düşük pH değeri 7,56 ile 1.istasyonda ölçülürken, en yüksek pH değeri 8,57 ile 4.istasyonda ölçülmüştür. pH değerinin optimal değerler civarında seyrettiği tespit edilmiştir. Göksu Çayı'nda ölçülen en düşük kondüktivite (EC) değeri 341 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 1.istasyonda ölçülürken, en yüksek 383 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 3.istasyonda ölçülmüştür (Tablo 3).

Tablo 3. Göksu Çayı'nda ölçülen parametrelerin YSKY'ye (Anonim 2016) göre sınıflandırılması

Table 3. Classification of parameters measured in Göksu Stream according to SWQM (Anonymous 2016)

Parametre	1.ist.	Sınıf	2.ist.	Sınıf	3.ist.	Sınıf	4.ist.	Sınıf
ÇO (mg/L)	10,22	I.Sınıf	10,39	I.Sınıf	9,51	I.Sınıf	10,05	I.Sınıf
Saturasyon(%)	100,3	I.Sınıf	103,3	I.Sınıf	94,7	I.Sınıf	99,5	I.Sınıf
pH	7,70	I.Sınıf	8,12	I.Sınıf	8,27	I.Sınıf	8,35	I.Sınıf
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	349	I.Sınıf	358	I.Sınıf	367	I.Sınıf	367	I.Sınıf
PO ₄ (mg/L)	0,017	I.Sınıf	0,037	I.Sınıf	0,141	II.Sınıf	0,113	II.Sınıf
TP (mg/L)	0,02	I.Sınıf	0,04	I.Sınıf	0,23	III.Sınıf	0,20	II.Sınıf
NH ₄ (mg/L)	0,03	I.Sınıf	0,09	I.Sınıf	0,56	II.Sınıf	0,53	II.Sınıf
NO ₃ (mg/L)	0,19	I.Sınıf	0,58	I.Sınıf	1,44	I.Sınıf	1,40	I.Sınıf
TN (mg/L)	0,32	I.Sınıf	0,75	I.Sınıf	1,86	I.Sınıf	2,36	I.Sınıf

Göksu Çayı'nda ölçülen parametrelerin YSKY'ye (Anonim 2016) göre sınıflandırılmasında 1. ve 2.istasyonların I.Sınıf, 4. istasyonun I. ve II. Sınıf, 3.istasyonun ise I., II., ve III.Sınıf özellik gösterdiği görülmektedir. Göksu Çayı 1.istasyon ve 2.istasyonda tespit edilen azotlu bileşik seviyeleri (nitrit (NO₂-N), nitrat (NO₃-N), amonyum (NH₄-N), toplam azot (TN)) genel olarak 3.istasyon ve 4.istasyonda tespit edilen değerlerden daha düşüktür. 3.istasyonda tespit edilen nitrat, nitrit, amonyum ve toplam azot değerleri 1. ve 2.istasyonda tespit edilen azotlu bileşik seviyelerinden istatistiki olarak anlamlı derecede farklılık sergilemiştir ($p<0,05$). Bir yıllık periyot boyunca tespit edilen en yüksek nitrit değeri, Temmuz ayında 3.istasyonda (0,0211 mg/L); nitrat değeri, Temmuz ayında 3.istasyonda (1,76 mg/L); amonyum değeri, Haziran ayında 3.istasyonda (0,71 mg/L) ve TN değeri, Haziran ayında 3.istasyonda (2,57 mg/L) kaydedilmiştir. Çalışmamızda tespit edilen en düşük nitrit değeri ise, Ocak ayında 1.istasyonda (0,0025 mg/L); nitrat değeri, Ekim-Kasım aylarında 1.istasyonda (0,16 mg/L); amonyum

değeri, Mayıs-Aralık aylarında 1.istasyonda (0,02 mg/L) ve TN değeri, Şubat ayında 1.istasyonda (0,29 mg/L) kaydedilmiştir.

Orto-fosfat (PO₄), toplam fosfor (TP) ve toplam organik karbon (TOC) değerleri, azot türevlerinde olduğu gibi üretime bağlı olarak 3. ve 4.istasyonlarda, diğer iki istasyona göre daha yüksek bulunmuştur. Tespit edilen değerler açısından istasyonlar arasında istatistiki fark anlamlı görülmüştür ($p<0,05$). Bir yıllık periyot boyunca tespit edilen en yüksek orto-fosfat değeri, Nisan ayında 3.istasyonda (0,221 mg/L); TP değeri, Nisan ayında 3.istasyonda (0,32 mg/L) ve TOC değeri, Eylül ayında 3.istasyonda (3,652 mg/L) kaydedilmiştir. En düşük orto-fosfat değeri ise, Ocak ayında 1.istasyonda (0,008 mg/L); TP değeri, Ocak, Mart ve Aralık ayında 1.istasyonda (0,01 mg/L) ve TOC değeri, Şubat ayında 1.istasyonda (0,135 mg/L) kaydedilmiştir.

Çok sayıdaki veri arasındaki ilişkiler (korelasyonlar), faktör adı verilen ortak boyutlar altında toplanarak daha iyi bir şekilde açıklamak için

yapılan faktör analizinde korele veriler kullanılmıştır. Faktör analizinde korele olmayan ya da düşük korelasyon katsayısına sahip veriler, faktör analizlerinin güvenilirliğini arttırmak adına değerlendirmeye alınmamıştır. Göksu Çayı su kalitesi üzerine etkili değişken faktörlerin belirlenebilmesi amacıyla suda tespit edilen fizikokimyasal parametrelerden toplamda 13 değişken kullanılmıştır. Toplam varyans tablosu Tablo 4’de, faktör analiz grafiği Şekil 10’da ve faktör analiz tablosu Tablo 5’de sunulmuştur.

Gerçekleştirilen çalışma sonuçlarına göre faktör analizi üç önemli faktör üretmiştir. Bu veri

setlerindeki toplam varyansın % 89,693’ünü açıklamıştır.

Parametreler, faktör yükleri ve aşağıdaki faktörler belirtilmiştir:

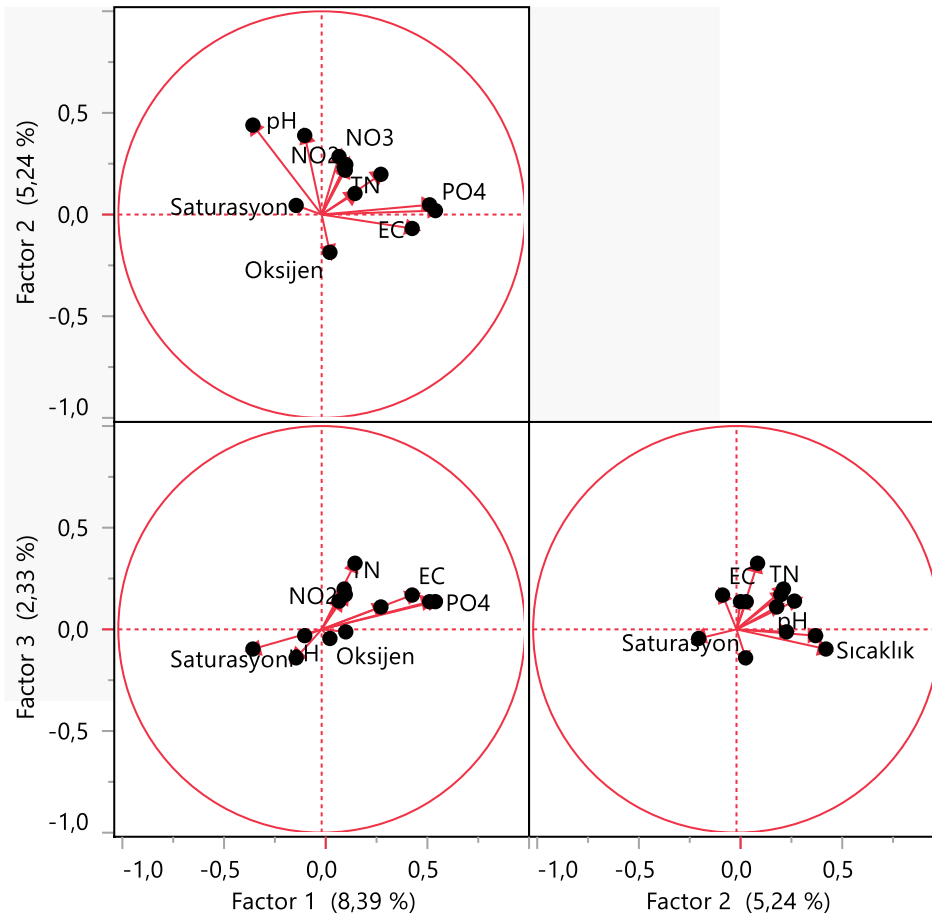
- Faktör 1: orto-fosfat, TP, EC, TOC, oksijen
- Faktör 2: sıcaklık, pH, nitrat, debi, TN, nitrit, saturasyon
- Faktör 3: amonyum

Orto-fosfat, TP, EC, TOC, oksijen belirgin faktör 1 (F1) varyansın % 65,147’ini; sıcaklık, pH, nitrat, debi, TN, nitrit, saturasyon belirgin faktör 2 (F2) varyansın % 12,964’ünü ve amonyum belirgin faktör 3 (F3) varyansın % 11,582’ini açıklamıştır.

Tablo 4. Toplam varyans tablosu

Table 4. Total variance table

Başlangıç özdeğerler			
Faktör	Toplam	Varyansların Yüzdesi	Yığılmalı %
1	8,469	65,147	65,147
2	1,685	12,964	78,111
3	1,506	11,582	89,693



Şekil 10. Faktör analiz grafiği

Figure 10. Factor analysis graph

Tablo 5. Faktör analiz tablosu**Table 5.** Factor analysis table

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
PO ₄	0,559401	0,019397	0,136372
TP	0,530878	0,047884	0,135972
EC	0,445147	-0,068534	0,168755
TOC	0,291378	0,197789	0,110121
Oksijen	0,040559	-0,186047	-0,044899
Sıcaklık	-0,338131	0,439882	-0,096804
pH	-0,083457	0,388974	-0,031063
NO ₃	0,085336	0,285192	0,138961
Debi	0,118618	0,245675	-0,012477
TN	0,110579	0,230968	0,198204
NO ₂	0,116183	0,218218	0,170885
Satürasyon	-0,125587	0,044827	-0,140163
NH ₄	0,163882	0,103636	0,324981

Göksu Çayı'nda tespit edilen fiziksel ve kimyasal verileri arasında tespit edilen istatistiki olarak anlamlı ilişkiler ve korelasyon katsayı değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Çözünmüş oksijen ve satürasyon değerleri dışında diğer parametreler arasında güçlü bir pozitif

bağ bulunduğu görülmüştür. Özellikle azot ve fosfor türevlerinin birbirleri arasında güçlü bir korelasyon bağ bulunmaktadır. Yine debi, EC ve pH değerleri de azot, fosfor türevleri ve TOC parametresi arasında güçlü bir korelasyon bağı bulunduğu tespit edilmiştir.

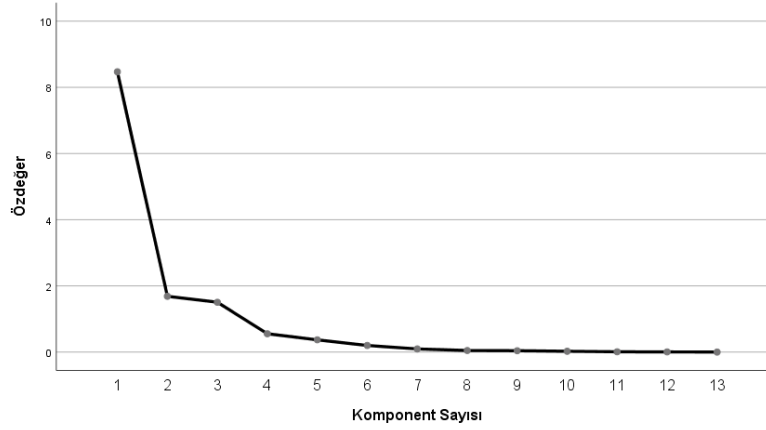
Tablo 6. Korelasyon analiz sonuçları**Table 6.** Correlation analysis results

	Sıcaklık	ÇO	%O ₂	pH	EC	Debi	PO ₄	TP	NH ₄	NO ₂	NO ₃	TN	TOC
Sıcaklık	-												
ÇO	-0,3472	-											
%O₂	0,1944	0,7890	-										
pH	0,5669	-0,3191	-0,1050	-									
EC	-0,1943	-0,0890	-0,2670	0,2621	-								
Debi	0,4775	-0,1997	0,0309	0,5123	0,5631	-							
PO₄	0,2004	-0,3662	-0,3048	0,5309	0,7175	0,6407	-						
TP	0,2357	-0,3663	-0,2956	0,5767	0,7170	0,6016	0,9845	-					
NH₄	0,4116	-0,4410	-0,2963	0,6901	0,6313	0,6274	0,8784	0,9091	-				
NO₂	0,6319	-0,5251	-0,2304	0,7418	0,4318	0,6823	0,7977	0,8269	0,9085	-			
NO₃	0,5542	-0,4805	-0,2544	0,7932	0,5583	0,6803	0,8243	0,8637	0,9605	0,9248	-		
TN	0,5144	-0,4723	-0,2696	0,7678	0,5858	0,6696	0,8482	0,8853	0,9810	0,9276	0,9962	-	
TOC	0,4220	-0,4963	-0,3418	0,7479	0,5779	0,5737	0,8775	0,9270	0,9334	0,8902	0,9435	0,9484	-

Faktör sayısının belirlenmesinde scree testi uygulanmış olup bu testte yatay eksen de faktörler, dikey eksen de açıklanan varyans (%) olan bir grafik çizilmiştir. Faktörlerin açıkladığı varyanslar grafik üzerinde işaretlenmiş ve birer doğru ile

birleştirilmiştir. Sonuçta çıkan şekilde eğimin çok az değiştiği bölge, dikkate alınması gereken faktör sayısının sınırını göstermiştir. (Şekil 11).

Döndürülmüş faktör matrisi sonuçları ve bileşen yükleri Tablo 7 ve Şekil 12'de sunulmuştur.



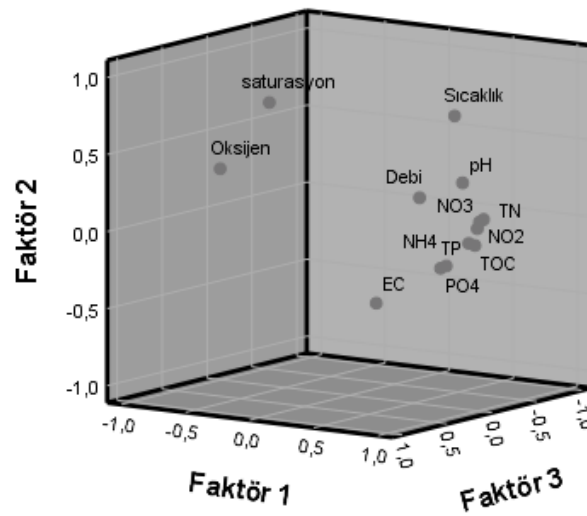
Şekil 11. Faktörlerin Açıkladığı Varyansı Gösteren Scree Eğrisi

Figure 11. Results of the Scree Curve Showing the Variance Explained by the Factors

Tablo 7. Döndürülmüş faktör matriksi sonuçları

Table 7. Rotated factor matrix results

	Faktörler		
	1	2	3
TN	0,986		
NO ₃	0,980	0,105	
NH ₄	0,970		
TOC	0,966		
NO ₂	0,962	0,111	-0,119
TP	0,924	-0,143	0,241
PO ₄	0,900	-0,156	0,271
pH	0,756	0,319	-0,179
Debi	0,708	0,276	0,231
EC	0,628	-0,364	0,598
Saturasyon	-0,327	0,818	0,426
Sıcaklık	0,481	0,681	-0,484
Oksijen	-0,515	0,409	0,703



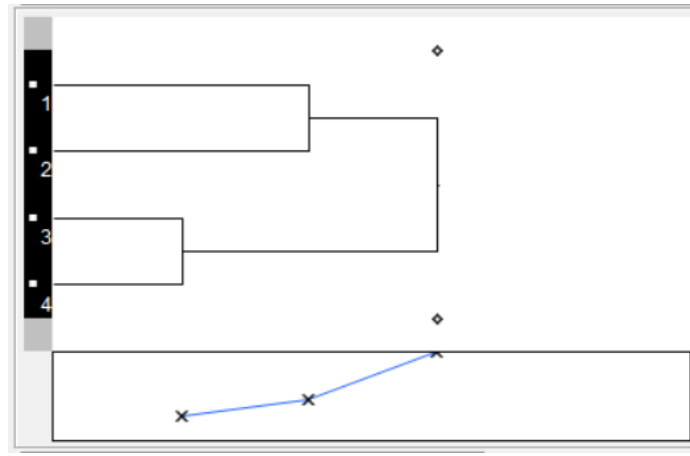
Şekil 12. Döndürülmüş faktör matriksinin bileşen yükleri

Figure 12. Component loads of the rotated factor matrix

Yukarıdaki faktör analizi sonuçlarına bakılacak olursa 1. ve 2. kümeden farklı olarak 3. Küme ayrılmaktadır. Yapılan istatistiki testlerde 1. ve 2. istasyon ile 3. ve 4. istasyonlar arasında özellikle azot ve fosfor parametreleri açısından anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum alabalık tesislerinin dere üzerine etkilerinin hissedilir olduğunu göstermektedir.

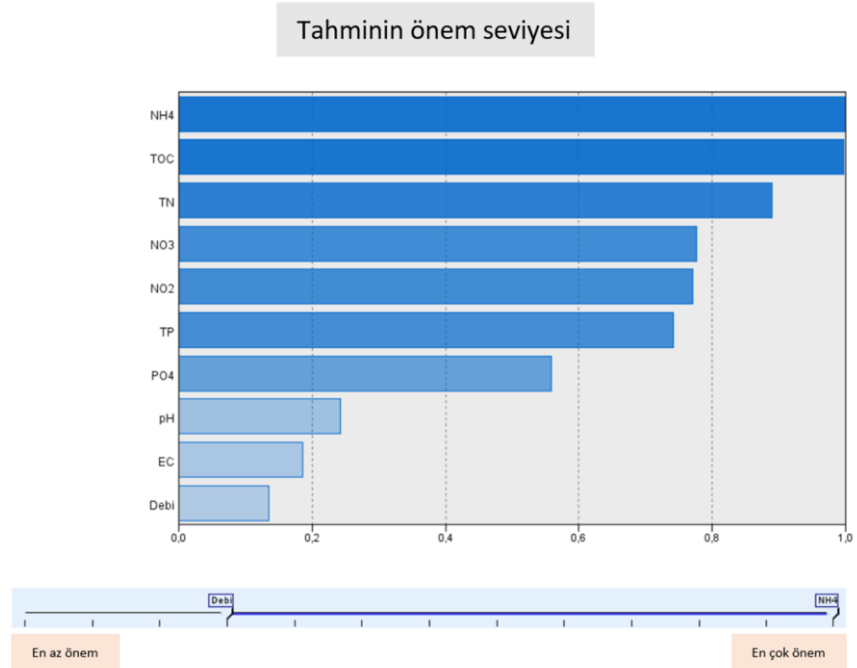
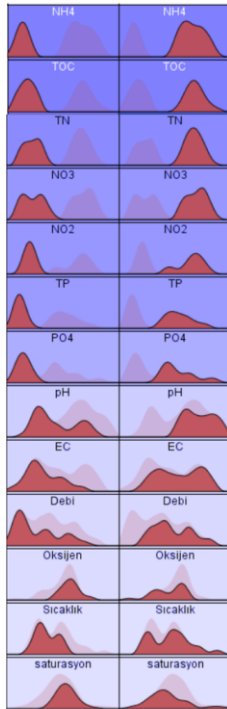
Göksu Çayı üzerinde tespit edilen istasyonların, su kalitelerine göre sınıflandırılabilmesi için kümeleme analizi kullanılmıştır. Göksu Çayı'nda tespit edilen tüm fiziko-kimyasal

verileri kullanılarak yapılan Kümeleme Analizi (CA) sonuçlarına göre, toplam 4 küme tespit edilmiştir. CA diyagramı Şekil 6'da verilmiştir. Göksu Çayı kaynak bölgesi (1.ist) 1. Küme ve aşağı bölgede yer alan Yazılı Kanyon (2.ist.) istasyonunu içeren noktada 2. Küme olarak isimlendirilmiştir. Baraj Giriş bölgesi 3. Küme ve tesislerden sonraki belirlenen istasyon olan Çandır Köprü ise 4. Küme olarak isimlendirilmiştir. Tesislerden gelen yüklerin nehre girmesiyle kirlilik açısından "Etkilenmiş Bölgeler" olarak görülmektedir (Şekil 13 ve Şekil 14).



Şekil 13. Kümeleme (Cluster) analiz (CA) sonuçları

Figure 13. Cluster analysis (CA) results



Şekil 14. Kümeleme (Cluster) analiz (CA) grafiği

Figure 14. Cluster analysis (CA) graph

Tesislerin Göksu Çayı Üzerine Tahmini Azot ve Fosfor Yükünün Hesaplanması

Bu amaçla toplam balık üretim miktarları, yemin ete dönüşüm oranı, toplam tüketilen yem miktarı ve kullanılan yemin fosfor içeriği dikkate alınarak tesislerin azot ve fosfor yükleri, kg N/ton balık, kg N/ton yem, kg P/ton balık ve kg P/ton yem

olarak hesaplanmıştır (Tablo 8, Tablo 9, Tablo 10 ve Tablo 11). Tesislerin yıllık üretim miktarı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü'nden alınmış olup, yem dönüşüm oranı ve yem tüketim miktarının hesaplanmasında tesislerin beyanı ve araştırmacıların gözlemleri, azot ve fosfor analiz sonuçları esas alınmıştır.

Tablo 8. Dere üzerindeki tesislerin üretim miktarı, yem tüketimi, yemin azot içeriği ve yem dönüşüm oranı (FCR) değerleri

Table 8. Production amount, feed consumption, nitrogen content of feed and feed conversion ratio (FCR) values of the facilities on the stream.

	Üretilen balık miktarı (kg/yıl)	Tüketilen yem miktarı (kg/yıl)	Yem dönüşüm oranı	Yemin azot içeriği (%)	Yemle gelen azot girdisi	Balıkla uzaklaştırılan azot miktarı	Sisteme giren azot yükü
Göksu Çayı	578 000	693 600	1,2	8,0	55 488	14 797	40 691
	Üretilen yavru balık miktarı (adet/yıl)	Tüketilen yem miktarı (kg/yıl)	Yem dönüşüm oranı	Yemin azot içeriği (%)	Yemle gelen azot girdisi	Balıkla uzaklaştırılan azot miktarı	Sisteme giren azot yükü
Göksu Çayı	58 000 000	696 000	1,2	8,0	55 680	14 848	40 832
TOPLAM		1 389 600	1,2	8,0	111 168	29 645	81 523

Tablo 9. Gökkuşağı alabalığı tesislerinin bıraktıkları tahmini azot yükü

Table 9. Estimated nitrogen load of rainbow trout plants

	Azot yükü*		
	kg N/tesis	kg N/ ton yem	Kg N/ ton balık
Porsiyonluk Üretim	14 797	21,33	25,60
Yavru Üretim	14 848	21,34	25,61
Toplam/Ortalama	29 645	21,34	25,61

* : Alabalığın kuru madde oranı %25, N içeriği ise %8 /kuru madde olarak alınmıştır (Boyd ve Queiroz, 2001)

Tablo 10. Dere üzerindeki tesislerin üretim miktarı, yem tüketimi, yemin fosfor içeriği ve yem dönüşüm oranı (FCR) değerleri

Table 10. Production amount, feed consumption, phosphorus content of feed and feed conversion ratio (FCR) values of the facilities on the stream

	Üretilen balık miktarı (kg/yıl)	Tüketilen yem miktarı (kg/yıl)	Yem dönüşüm oranı	Yemin ortalama fosfor içeriği (%)	Yemle gelen tahmini fosfor girdisi	Balıkla uzaklaştırılan tahmini fosfor miktarı	Sisteme giren tahmini fosfor yükü
Göksu Çayı	578 000	693 600	1,2	1	6 936	2 642	4 294
	Üretilen yavru balık miktarı (adet/yıl)	Tüketilen yem miktarı (kg/yıl)	Yem dönüşüm oranı	Yemin ortalama fosfor içeriği (%)	Yemle gelen tahmini fosfor girdisi	Balıkla uzaklaştırılan tahmini fosfor miktarı	Sisteme giren tahmini fosfor yükü
Göksu Çayı	58 000 000	696 000	1,2	1	6 960	4 640	2 320
TOPLAM		1 389 600	1,2	1	13 896	5 293	8 603

Tablo 11. Gökkuşağı alabalığı tesislerinin bıraktıkları tahmini fosfor yükü**Table 11.** Estimated phosphorus load of rainbow trout plants

Tesis	Fosfor yükü*		
	kg P/tesis	kg P/ ton yem	Kg P/ ton balık
Porsiyonluk Üretim	3 083	4,44	5,31
Yavru Üretim	3 093	4,45	5,33
Toplam/Ortalama	6 176	4,45	5,32

* : Alabalığın kuru madde oranı %25, P içeriği ise %3,2/kuru madde olarak alınmıştır (Boyd ve Queiroz 2001)

Tartışma ve Sonuç

Göksu Çayı üzerinde faaliyet gösteren gökkuşağı alabalığı tesislerinin de etkilerinin izlendiği bu araştırma da tesislerin bulunduğu alandan alınan örnek sularının niteliği birçok parametre bakımından literatürde belirtilen değerin altındadır. Özellikle su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, saturasyon, EC, pH, nitrat gibi parametreler dünyada alabalık tesislerinin etkilerinin değerlendirildiği standartların altında olup dere ve baraj gölü ekosistemine canlılarının yaşamını tehlikeye sokacak düzeyde olmamakla birlikte tesislerde gerek 1 ton balık üretimi başına düşen gerekse kullanılan her ton yem başına düşen ve alıcı ortama bırakılan fosfor yükü, birçok ülkedeki alabalık işletmesinin fosfor yükünün üzerinde bulunmuştur.

İncelenen tesislerde yem dönüşüm oranı (FCR) ortalama 1,2'dir. Bununla birlikte FCR'nin düşük olmasına rağmen fosfor yükünün yüksek çıkması kullanılan yemlerdeki fosfor içeriğinden

kaynaklanmaktadır. Bu nedenle protein ve fosfor içeriği düşük, sindirilebilirliği yüksek ve daha az organik yüklemeye (kirlenmeye) yol açan yemlerin kullanılması ile tesislerin fosfor yükü daha azaltılabilecektir.

Araştırmalarda elde edilen bulgular, gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin yapıldığı içsulara yetiştiriciliğin sürdürülebilirliğini sağlamak ve yetiştiriciliğin etkisini minimuma indirmek açısından ekstrude yem kullanımının daha da yaygınlaştırılması, yeni yemleme teknolojilerinin kullanılması katkı sağlayacaktır (Asır ve Pulatsü 2008).

Su ürünleri yetiştiriciliğinin başlıca çevresel etkileri kapsamında su kaynaklarının kullanıcıları arasında ortaya çıkan sorunlar, su kaynaklarının hidrolojik rejimlerinde meydana gelen değişimler, egzotik türlerin doğaya karışması ve su kaynaklarının kirlenmesi olarak sınıflandırılmaktadır (Midlen ve Redding 1998). Yetiştiricilikten kaynaklanan mevcut

etkinin su kaynaklarının kirlenmesindeki rolünü bilebilmek adına öncelikle yetiştiricilik-çevre etkileşiminin boyutunun belirlenmesi ve diğer sektörler ile karşılaştırılması daha sağlıklı yorumlar getirmek adına yararlı olacaktır.

Tesislerden azot ve fosfor, balıklar tarafından yenmeden su ortamına karışan yemlerden, yem içeriğindeki N ve P'un balık tarafından sindirilemeyen bölümünün dışkı olarak atılması veya sindirilebilir N ve P miktarının balığın ihtiyacından daha fazla miktarda olması nedeni ile atık olarak suya verilmesi gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. N ve P'un su ortamında artışı alg popülasyonlarının artışına ve buna bağlı olarak ötrofikasyon gibi çeşitli su kalitesi problemlerinin oluşmasına sebep olmaktadır.

Ülkemizdeki kuruyan ve alanı daralan göller ve sulak alanlar göz önünde bulundurulduğunda su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve su ürünleri yetiştiriciliğinin devamlılığı adına sucul sistemlerde koruma ve izleme programları ile yönetim stratejilerinin zorunlu olduğu açıktır. Bu alanda yapılan birçok bilimsel çalışma mevcutken yasal düzenlemelere de ihtiyaç olduğu açıkça görülmektedir (Yavuzcan vd. 2010).

Yetiştiricilik tesislerinin etkilerine dair çalışmalara bakıldığında Bulut vd. (2010a), Karanfilliçay Deresi üzerinde gerçekleştirdikleri çalışma sonucunda debi ve sıcaklık değişimleri hariç su kalitesi açısından akuakültürü olumsuz etkileyecek bir durum olmadığını yaz aylarında debinin azalması ile birlikte su sıcaklığındaki artış porsiyonluk alabalık üretim kapasitesini sınırlandırdığını bununla birlikte dere üzerine yavru alabalık üreten kısmi işletmeler kurularak üretim kapasitesi önemli ölçüde artırılabilceğini bildirmişlerdir. Bulut vd. (2012a) Burdur Kestel Deresi üzerinde kurulu alabalık tesislerinin etkilerini inceledikleri çalışmada 2. istasyonda su kalitesinin belirgin biçimde azaldığını, özellikle azotlu bileşiklerin artış gösterdiğini; nitrit değerleri açısından III. sınıf su kalitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yine Bulut vd. (2012b), Denizli sınırları içinde yer alan Akpınar Deresi üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada organik kirlilik kaynaklı olan parametrelerin tesislerden sonra yüksek olmasının balık dışkı ve yem atıklarının doğrudan dereye verilmesinden kaynaklandığını daha sağlıklı üretim için; çökeltme havuzlarının amacına uygun kullanımının sağlanması gerektiğini bildirmişlerdir. Bulut vd. (2012c), Çandır Göksu Çayı'nda 2008 yılında yaptıkları çalışmada alabalık yetiştiriciliği tesislerinin etkilerinin sınırlı olduğunu bununla birlikte tesislerin atıklarının kesinlikle akarsuya verilmemesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Çok değişkenli analiz sistemlerinin gerçekleştirildiği çalışmalara bakıldığında ise Bulut vd. (2010b), Uluabat Gölü'nde kümeleme analizi, ana bileşenler analizi ve faktör analizi kullanarak değerlendirdikleri çalışma sonucunda kümeleme analizinin, Uluabat Gölü'nde farklı fizikokimyasal özellikleri ve kirlilik düzeylerini yansıtan istasyonlar arasındaki benzerlikleri iki farklı küme şeklinde ortaya çıkardığını; veri kümesinde toplam değişimin % 100'ünü açıklayan iki potansiyel faktör belirlediklerini; ilk faktörün toplam değişimin % 58,70'ini açıkladığını (evsel-tarımsal drenaj faktörü), ikinci faktörün ise toplam değişimin % 41,30'nı açıkladığını (nutrient faktör) ve Uluabat Gölü'nün daha ziyade evsel ve tarımsal faktörler tarafından kirletildiğini tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Roman vd. (2003), Puerto Rico'da 15 havza için mevcut su kalitesi verileri üzerinde çok değişkenli istatistiksel analizler uyguladıkları çalışma sonucunda faktör analizi ile parametre azaltması yapılarak toplam varyansın %77'sini açıklayan 6 faktör belirlediklerini ve kümeleme analizi ile benzer su kalitesi özelliklerine göre havzaların kümelendiğini bildirmişlerdir. Boyacıoğlu ve Boyacıoğlu (2005), Büyük Menderes havzasına ait 19 istasyondan aldıkları 9 parametreye faktör analizi uyguladıkları çalışma sonucunda, toplam varyansın yaklaşık %85'inin 2 faktör tarafından açıklandığını bildirmişlerdir. Bulut vd. (2012d), Çivril Gölü'nü faktör analizi kullanarak inceledikleri çalışmada analizi sonucunda tüm istasyonlarda veri kümesinde toplam varyansın %100'ünü açıklayan üç potansiyel faktör belirlendiğini, ilk faktörün toplam varyansın % 58,98'ini, ikinci faktörün % 21,51'ini ve üçüncü faktörün ise % 19,50'sini açıkladığını bildirmişlerdir.

Pulatsü vd. (2003), Bozüyük Karasu deresi üzerindeki alabalık tesislerinin çevresel etkilerini belirlemek üzere gerçekleştirdikleri çalışmada tesislerin çıkış sularındaki çözünmüş oksijen, pH, amonyak, nitrit ve nitrat düzeylerinin farklı ülkelerde alabalık işletmeleri için öngörülen standart ve sınırların içerisinde yer aldığını bununla birlikte alıcı ortama bırakılan ve bir ton balık üretimi için üretimi için kullanılan bir ton yem başına düşen fosfor yükünün 9,38 kg P/ ton balık ve 8,09 kg P/ ton yem olarak saptandığını bildirmişlerdir.

Ülkemizde üretim miktarları her geçen gün artan karada kurulu su ürünleri işletmelerinin çıkış suları, ötrofikasyona yol açan özellikle fosfat ve nitrat gibi besin elementleri ile oksijen dengesi üzerinde istenmeyen etkiye sahip maddeleri içermesi nedeniyle, çevre bazında alıcı ortamlar açısından önem taşımaktadır (Yavuzcan vd. 2010). Fosfor, su ortamlarında, karmaşık kimyasal ve biyokimyasal

dengeleri olan önemli bir besin elementidir (Pulatsü vd. 2003).

Sonuç olarak; Isparta Göksu Çayı üzerindeki işletmelerin fizikokimyasal incelemeleri sonucunda alabalık üretimine bağlı olarak çeşitli etkilerin olduğu görülmektedir. Bu nedenle su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından alabalık işletmelerinin atıklarını kesinlikle dereye vermemeleri ve kaliteli yemleme ile çevreye duyarlı üretim yapmaları gerektiği belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü'nün TAGEM/HAYSUD/2017/A11/P-01/1 proje numarası ile desteklenerek "Alabalık Yetiştiriciliği Yapan Havuz İşletmelerinin Çevresel Etkisi" adlı TAGEM projesinden özetlenmiştir.

Kaynaklar

- Alongi DM, Chong V, Dixon P, Sasekumar A, Tirendi F. 2003. The influence of fish cage aquaculture on pelagic carbon flow and water chemistry in tidally dominated mangrove estuaries of peninsular Malaysia. *Marine Environmental Research*, 55(4), 313-333.
doi: [10.1016/S0141-1136\(02\)00276-3](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(02)00276-3)
- Alpaslan A, Pulatsü S. 2008. The Effect of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) Cage Culture on Sediment Quality in Kesikköprü Reservoir. Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 8 (1): 65-70.
- Alvarado JL. 1997. Aquafeeds and the environment, In Tacon AGJ. (ed.), Basurco B. (ed.). *Feeding tomorrow's fish*. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ p. 275-289: 2 ill. 7 graphs. 4 tables. 15 ref. (Cahiers Options Mediterranennes; v. 22), Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), 1996/06/24-26, Mazarron (Spain)
- Anonim. 2016. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği; [Erişim tarihi: 2020 Haz 08]. Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm>
- Anonim. 2019. Su Ürünleri Tesisleri; [Erişim tarihi: 2020 Haz 08]. Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Belgeler/Icerikler/Su%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/Su-Urunleri-Tesisleri-2019.pdf>
- Anonim. 2021. Türkiye İstatistik Kurumu Su Ürünleri İstatistikleri, 2021.
- Boyacıoğlu H, Boyacıoğlu H, Gündüz O. 2005. Application of Factor Analysis in the Assesment of Surface Water Quality in Buyuk Menderes River Basin. *European Water*. 9/10: 43-49.
- Boyd CE, Queiroz D. 2001. Nitrogen, phosphorus loads vary by system: USEPA should considersystem variables in setting new effluent rules. *Global Aquaculture Advocate* 4(6): 84-86.
- Bulut C, Akçimen U, Uysal K, Küçükkara R, Savaşer S. 2010a. Karanfilçay Deresi Suyunun Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Parametrelerinin Mevsimsel Değişimi ve Akuakültür Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (021), 1-8.
- Bulut C, Atay R, Uysal K, Köse E, Çınar Ş. 2010b. Uluabat Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Aquatic Sciences and Engineering*, 25(1), 9-18.
- Bulut C, Akçimen U, Uysal K, Çınar Ş, Küçükkara R, Savaşer S, Tokatlı C, Öztürk GN, Köse E. 2012a. Kestel Deresi (Burdur) Su Kalitesinin Belirlenmesi ve Alabalık Yetiştiriciliği Açısından Değerlendirilmesi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (028), 1-10.
- Bulut C, Akçimen U, Küçükkara R, Savaşer S, Uysal K, Köse E, Tokatlı C. 2012b. Alabalık Üretimi Yapılan Akpınar Deresi (Denizli) Su Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 2(2).
- Bulut C, Akçimen U, Uysal K, Çınar Ş, Küçükkara R, Savaser S. 2012c. Isparta Çandır Göksu Kaynağı Üzerindeki Alabalık İşletmelerinin Dere Suyuna Olan Etkileri. *Journal of FisheriesSciences.com*, 6(4), 331.
doi: [10.3153/jfscom.akdeniz007](https://doi.org/10.3153/jfscom.akdeniz007)
- Bulut C, Atay R, Uysal K, Köse E. 2012d. Çivril Gölü Yüzey Suyu Kalitesinin Değerlendirilmesi. *Anadolu University of Sciences & Technology-C: Life Sciences & Biotechnology*, 2(1).
- Çakır F. 1994. Karşılıklı bağımlılığın ölçülmesinde kümeleme analizi ve bir uygulama. URL: <https://katalog.marmara.edu.tr/eyayin/tez/T0041974pdf> Erişim Tarihi: 08.06.2020
- Karakoca S, Topcu A. 2017. Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cage culture: Preliminary observations of surface sediment's chemical parameters and phosphorus release in Gokcekaya Reservoir, Turkey. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 5(4), 12-23.
doi: [10.4236/gep.2017.54002](https://doi.org/10.4236/gep.2017.54002)
- Kaya A, Şahin T. 2016. Rize İlinde Organik Alabalık Yetiştiriciliği Yapan İşletmelerin Yapısal ve Ekonomik Analizi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(2); 229-237.
doi: [10.31202/ecjse.264186](https://doi.org/10.31202/ecjse.264186)
- Korkut AY. 2016. Balık Yemi ve Sektörün Projeksiyonu. IV. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Çalıştayı, Antalya.
- Midlen A, Redding T. 1998. *Environmental Management for Aquaculture* (Vol. 2). Springer.
- Özdal B, Pulatsü S. 2012. Ağ kafeslerde sürdürülebilir balık yetiştiriciliği için bir bilgisayar yazılımının kullanımı. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 4(1), 15-26.
doi: [10.1501/Csaum_0000000059](https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000059)
- Özdamar K. 2011. Paket programlar ile istatistiksel veri analizi-1 (Sekizinci baskı). Nobel Akademik Yayıncılık, 649 s.
- Pulatsü S, Akçora A, Köksal FT. 2003. Sediment and water phosphorus characteristics in a pond of spring

- origin, Sakaryabaşı springs basin, Turkey. *Wetlands*, 23(1), 200-204.
[doi:doi10.1672/0277-5212\(2003\)023\[0200:SAWPCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1672/0277-5212(2003)023[0200:SAWPCI]2.0.CO;2)
- Roman DMS, Warner GS, Scatena F. 2003. Multivariate Analysis of Water Quality and Physical Characteristics of Selected Watersheds in Puerto Rico. *Journal of American Water Resources Association* 39 (4) 829-839.
- Schreck CB, Moyle BP. 1990. *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, 665 p., Maryland.
- Yavuzcan H, Pulatsü S, Demir N, Kırkağaç M, Bekcan S, Topçu A, Doğankaya L, Başçınar N. 2010. Türkiye’de sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliği. TMMOB Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, Bildiriler Kitabı-2, 767-789.
- Yıldırım Bilgin H, Pulatsü S. 2011. Karada Kurulu Alabalık İşletmeleri (Fethiye, Muğla) Çıkış Suları Özelliklerinin Yasal Düzenlemeler Çerçevesinde Değerlendirilmesi. *Ekoloji* 20, 81: 48-54.
- Yılmaz V. 2009. Türkiye akarsuları su kalitesi parametrelerinin çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemleri ile incelenmesi (Doctoral dissertation, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 94 s.



Stock Discrimination of Northern Pike *Esox lucius* L., 1758 Inhabiting Lakes Simenlik and Ladik (Samsun-Turkey) Using Otolith Biometry and Shape Analysis

Enes HANÇER¹ , Melek ÖZPIÇAK^{1*} , Semra SAYGIN¹ , Aykut AYDIN¹ , Savaş YILMAZ¹
Nazmi POLAT¹

¹ Ondokuz Mayıs University, Faculty of Arts and Sciences, Biology Department, Atakum, Samsun, Türkiye

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the relationships between total length and otolith dimensions and to detect the otolith shape index values of Northern pike (*Esox lucius*) which has high economic value, sampled from Ladik and Simenlik Lakes. A total of 140 specimens (Lake Ladik: 82 individuals, Lake Simenlik: 58 individuals) were sampled. Otolith height, length, perimeter, and area were determined by Imaging Software. Nonlinear and linear models were applied to estimate the relationships between the otolith measurements and total length. Form factor, circularity, roundness, rectangularity, aspect ratio, and ellipticity were used for otolith shape analyses. It was found that the relationship between the total length-otolith length was found to have the highest r^2 value (Lake Ladik $r^2=0.949$, Lake Simenlik $r^2=0.914$) among the total length-otolith morphometrics at both localities. Otolith shape indices were calculated by using otolith measurements. As a result of comparing shape indices, it was found that there was a significant difference in two localities using roundness, ellipticity, and aspect ratio ($P < 0.05$). The results indicated otolith shape indices could be used as a suitable tool to discriminate Northern pike populations.

Keywords: *Esox lucius*, otolith shape, biometry, Ladik Lake, Simenlik Lake

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 27.08.2021

Revised : 03.01.2022

Accepted : 06.01.2022

Published : 26.08.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.987514



* CORRESPONDING AUTHOR

melek.zengin@omu.edu.tr

Phone : +90 362 312 19 19 - 5504

Fax : +90 362 457 60 81

Ladik ve Simenlik Gölleri'nde Yaşayan Turna Balığının Otolit Biyometrisi ve Şekil Analizleri Kullanılarak Stok Ayırmaları

Öz: Bu çalışma, Ladik ve Simenlik Gölleri'nden örneklenmiş ve ekonomik değeri oldukça yüksek olan turna balığının (*Esox lucius*) total boyu ve otolit özellikleri arasındaki ilişkileri incelemek ve otolit şekil indeks değerlerini saptamak için gerçekleştirilmiştir. Toplamda 140 örnek (Ladik Gölü: 82 birey, Simenlik Gölü: 58 birey) örneklenmiştir. Otolit eni, boyu, çevresi ve alanı görüntü analiz programı ile belirlenmiştir. Otolit ölçümleri ve balık total boyu arasındaki ilişkinin belirlenmesinde doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkilerden faydalanılmıştır. Otolit şekil analizleri için Şekil Faktörü, Yuvarlaklık, Dairesellik, Dikdörtgensellik, En-Boy Oranı ve Eliptiklik parametreleri kullanılmıştır. Her iki lokalite için de otolit ölçümleri ve balık boyu arasındaki ilişkilerde otolit boyunun en yüksek r^2 değerine sahip olduğu bulunmuştur (Ladik Gölü $r^2=0,949$, Simenlik Gölü $r^2=0,914$). Otolit şekil indeksleri otolit ölçümleri kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil indekslerinin lokaliteler arasında karşılaştırma sonuçlarına göre, Yuvarlaklık, Eliptiklik ve En-Boy Oranı parametrelerinin önemli derecede farklı olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, turna popülasyonlarının ayırımı için otolit şekil indekslerinin kullanışlı bir araç olduğunu belirtmektedir.

Anahtar kelimeler: : *Esox lucius*, otolit şekli, biyometri, Ladik Gölü, Simenlik Gölü

How to Cite

Hancer E, Ozpicak M, Saygin S, Aydın A, Yılmaz S, Polat N. 2022. Stock Discrimination of Northern Pike *Esox lucius* L., 1758 Inhabiting Lakes Simenlik and Ladik (Samsun-Turkey) Using Otolith Biometry and Shape Analysis. LimnoFish. 8(2): 192-202. doi: 10.17216/LimnoFish.987514

Introduction

Northern pike (*Esox lucius*) is a species of significant importance to both commercial and recreational fisheries with a wide range of distribution from arctic to subtropical waters. *E. lucius* can tolerate a wide variety of environmental

conditions, but in terms of development stages; it is a mesothermal piscivore species that prefers shallow, moderately productive, mesotrophic-eutrophic freshwater environments (Casselman 1996).

Northern pike is considered as a top predator in the food web in most freshwater ecosystems (Soupir

et al. 2000). And also, cannibalism occurs in both the early developmental stages of pike and adult fish, most instances of cannibalistic behavior refer to the consumption of larvae or juvenile individuals (Pereira et al. 2017). Pike can regulate the populations of prey species in its ecosystem, as well as its own population due to high cannibalistic behavior (Sharma and Borgström 2008; Harvey 2009). In addition, stocking of pike is used in bio-manipulation experiments as an indirect tool to reduce the eutrophication process (Prejs et al. 1997). Because of all these features, the pike has been the subject of many different studies such as migration (Karás and Lehtonen 1993), feeding biology (Yazicioglu et al. 2018), otolith chemical studies (Stańczak et al. 2017; Möller et al. 2019), ecology (Craig 2008) and genetic (Nordahl et al. 2019; Sunde et al. 2020).

Otoliths, a true biological and environmental archive of fishes, are one of the most preferred methods in stock separation studies, especially being species specific and can reflect phenotypic plasticity. The otoliths facilitate reconstruction of environmental parameters (temperature, salinity) and life history traits of fish (age, growth, reproduction, and migration) (Radhakrishnan et al. 2009). The otoliths record the life history features of the individuals (age, chemical elements, reproduction, etc.) and have been described as a “flight recorder” of fish (Lecomte-Finiger 1992). They are considered as valuable markers for distinguishing different fish populations (Tuset et al. 2003; Petursdottir et al. 2006; Zengin et al. 2015; Renán et al. 2016; Avigliano et al. 2019; Mahè et al. 2019; Vu and Kartavtsev 2020; Labidi et al. 2020; Ghanbarifardi and Zarei 2021; Chen et al. 2021). It is critical to determine the phenotypic variations produced by

environmental influences in fisheries management and biology. At this point, because of being species-specific, otolith shape and morphometry have been used as a natural marker and a useful tool for the identification of fish stocks (Tracey et al. 2006). However, the analysis of otoliths retrieved from the stomachs or feces of piscivorous predators can be used to provide information on the type, size, mass, and energetic content of their fish prey (Morley and Belchier 2002). Fish size-otolith biometry relationships have several benefits in estimating the size of the prey. Fish size and/or weight can be functionally related to an appropriate otolith measurement (length, width, or weight) and the resulting relationships can subsequently be used for size estimation (Battaglia et al. 2010; Yilmaz et al. 2015; Mehanna et al. 2016; Bostanci et al. 2017; Saygin et al. 2017; Yazicioğlu et al. 2017; Ozpicak 2020; Fey and Greszkiewicz 2021; Osman et al. 2021).

The aim of this study is (i) to examine morphological variations and shape analyses in sagittal otoliths, (ii) to reveal relationships between total length and otolith measurements, and determine the intraspecies variation in populations of *E. lucius*, sampled from Lakes Simenlik and Ladik, Turkey.

Materials and Methods

Study Area and Sampling

Esox lucius samples were obtained from fishermen between March 2017-February 2018 in Lake Ladik, and between February 2017-November 2017 from Lake Simenlik (Figure 1). Specimens were measured to the nearest 0.1 cm for total length (TL) and weighted to the nearest 0.01g. The sex was determined by macroscopic examination of the gonads.

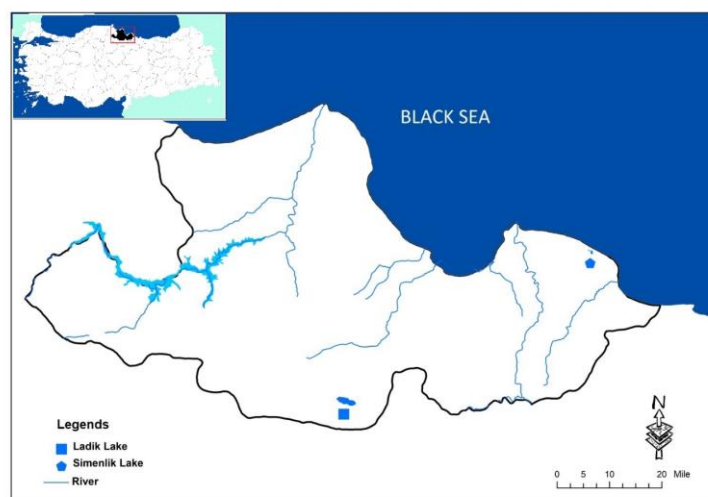


Figure 1. The map of Lakes Simenlik and Ladik

Otolith Preparation and Statistical Analysis

Sagittal otoliths were removed by making left and right distinctions. Otoliths were removed through a cut in the cranium, then cleaned with ethanol and stored dry. All otolith pairs were weighted with Precisa scales (OW) (± 0.0001 g). All otoliths were photographed on the distal side with a Leica DFC295 digital camera. Otolith height (OH), length (OL), perimeter (OP), and area (OA) (± 0.001 mm) were

determined by Imaging Software. Otolith shape indices such as aspect ratio, roundness, circularity, rectangularity, ellipticity, and form factor were calculated using the following formulas; roundness (RO) = $(4OA)/(\pi OL^2)$; circularity (C) = (OP^2/OA) ; form factor (FF) = $(4\pi OA)/OP^2$; ellipticity (E) = $(OL - OH)/(OL + OH)$; rectangularity (REC) = $(OA/(OL \times OH))$ and aspect ratio (AR) = (OL/OH) (Tuset et al. 2003; Ponton 2006) (Figure 2).

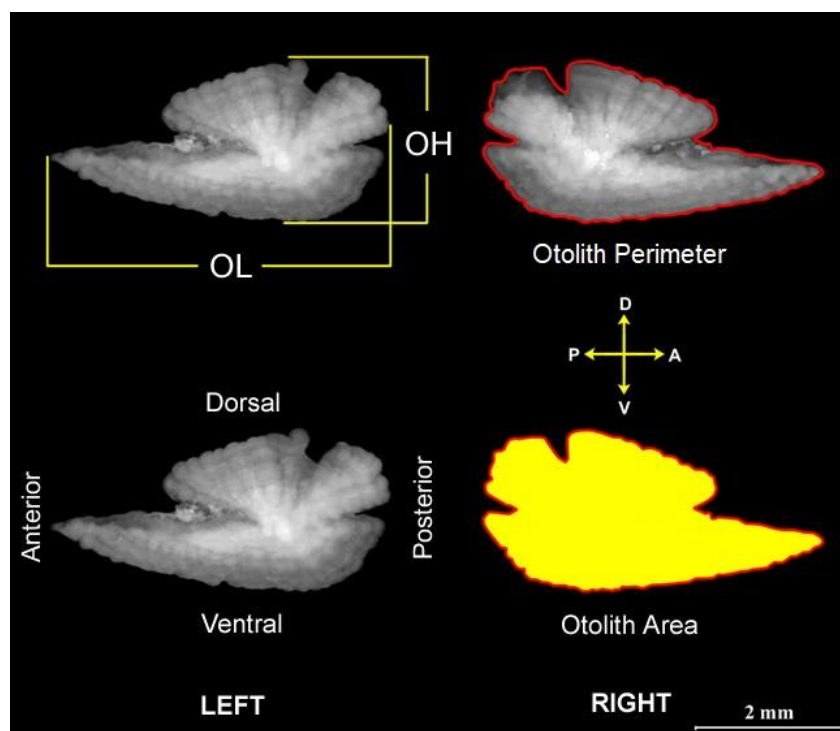


Figure 2. Sagittal otolith pairs of *Esox lucius* (OH : Otolith Height, OL : Otolith Length)

Linear ($y = a + bx$) and nonlinear (power) models ($y = ax^b$), where y is otolith measurement and x is fish length) were applied to estimate the relationships between the otolith morphometrics and TL : The parameters a and b were estimated through the linear regression analysis based on logarithms, $\log Y = \log a + b \log X$ (Zar 1999).

Result

A total of 140 individuals were sampled from Lake Ladik (N , 82; min-max, 33.0-74.0; Mean $\pm$ SD, 42.83 $\pm$ 8.87 cm TL) and Lake Simenlik (N =58; min-max, 28.5-58.1; Mean $\pm$ SD, 41.60 $\pm$ 7.72 cm TL). Descriptive statistics of sagittal otoliths were offered in Table 1 for both localities. According to left and right otolith comparisons, there were no differences in terms of otolith characteristics for Ladik Lake samples but there were differences in OL for Simenlik samples

($P < 0.05$). However, there were statistically differences in terms of OL , OH , and OA in Lake Ladik and also OP in Lake Simenlik between males and females ($P < 0.05$).

As a result of the comparison analyzes performed, right otoliths were preferred in the measurements where there was no significant difference between the right and left otolith measurements of both samples. In addition, shape indices were calculated according to sex (Table 2). According to analysis there were no statistically significant differences between right and left otolith pairs in terms of shape indices ($P > 0.05$).

The otolith shape indices of all individuals belonging to the Ladik Lake and Simenlik Lake samples were determined whether there was a significant difference in the otolith shape of the individuals sampled from these two localities (Figure 3).

Table 1. Descriptive statistics of sagittal otoliths according to localities (*OL*: Otolith Length, *OH*: Otolith Height, *OW*: Otolith Weight, *OP*: Otolith Perimeter, *OA*: Otolith Area, *R*: Right, *L*: Left)

SEX	Variable/Locality		Ladik Lake			Simenlik Lake		
			Mean±SD	Minimum	Maximum	Mean±SD	Minimum	Maximum
♀	<i>OL</i>	<i>R</i>	6.524±1.34	5.216	10.024	6.551±1.079	4.740	8.758
		<i>L</i>	6.503±1.30	5.197	9.698	6.489±1.175	4.294	9.098
	<i>OH</i>	<i>R</i>	3.178±0.56	2.533	4.630	3.087±0.487	2.189	4.004
		<i>L</i>	3.190±0.59	2.552	4.754	3.071±0.502	2.223	4.086
	<i>OW</i>	<i>R</i>	0.0162±0.01	0.008	0.045	0.0184±0.01	0.006	0.039
		<i>L</i>	0.0163±0.01	0.008	0.048	0.0183±0.01	0.005	0.040
	<i>OP</i>	<i>R</i>	19.513±4.00	14.919	30.351	19.245±3.086	14.036	25.660
		<i>L</i>	19.370±4.02	15.161	30.603	18.872±3.257	12.457	25.479
	<i>OA</i>	<i>R</i>	13.390±5.50	8.531	28.499	12.911±4.304	6.127	21.767
		<i>L</i>	13.321±5.58	8.378	29.610	12.814±4.463	6.024	22.873
♂	<i>OL</i>	<i>R</i>	5.942±0.841	5.066	8.527	6.056±0.855	4.443	7.937
		<i>L</i>	5.920±0.852	4.976	8.575	6.019±0.895	4.443	8.058
	<i>OH</i>	<i>R</i>	2.921±0.395	2.514	4.014	2.938±0.453	2.164	4.034
		<i>L</i>	2.925±0.401	2.512	4.116	2.943±0.441	2.141	3.991
	<i>OW</i>	<i>R</i>	0.0130±0.006	0.00810	0.033	0.0165±0.009	0.006	0.044
		<i>L</i>	0.0130±0.006	0.00800	0.033	0.0166±0.009	0.006	0.049
	<i>OP</i>	<i>R</i>	17.447±2.49	14.062	24.475	17.390±2.610	12.415	23.265
		<i>L</i>	17.551±2.53	14.251	24.182	17.503±2.716	12.341	23.144
	<i>OA</i>	<i>R</i>	11.156±3.38	8.285	21.224	11.617±3.437	5.848	20.269
		<i>L</i>	11.163±3.45	7.872	21.570	11.517±3.618	5.810	21.081
♀+♂	<i>OL</i>	<i>R</i>	6.219±1.135	5.066	10.024	6.303±0.997	4.443	8.758
		<i>L</i>	6.198±1.121	4.976	9.698	6.254±1.062	4.294	9.098
	<i>OH</i>	<i>R</i>	3.043±0.497	2.514	4.630	3.012±0.472	2.164	4.034
		<i>L</i>	3.051±0.511	2.512	4.754	3.007±0.473	2.141	4.086
	<i>OW</i>	<i>R</i>	0.0146±0.008	0.008	0.045	0.0174±0.009	0.006	0.044
		<i>L</i>	0.0145±0.009	0.008	0.048	0.0175±0.01	0.005	0.049
	<i>OP</i>	<i>R</i>	18.430±3.43	14.062	30.351	18.318±2.983	12.415	25.660
		<i>L</i>	18.416±3.43	14.251	30.603	18.187±3.051	12.341	25.479
	<i>OA</i>	<i>R</i>	12.219±4.63	8.285	28.499	12.264±3.915	5.848	21.767
		<i>L</i>	12.189±4.69	7.872	29.610	12.165±4.079	5.810	22.873

Table 2. Descriptive statistics of otolith shape indices of Ladik Lake and Simenlik Lake according to sex (*FF*: Form Factor, *RO*: Roundness, *C*: Circularity, *REC*: Rectangularity, *E*: Ellipticity, *AR*: Aspect Ratio)

Sex	Ladik Lake						Simenlik Lake		
	Shape Indices	Mean	SE	Min	Max	Mean	SE	Min	Max
♀	<i>FF</i>	0.432	0.006	0.367	0.489	0.429	0.008	0.342	0.519
	<i>RO</i>	0.390	0.004	0.338	0.434	0.374	0.003	0.347	0.410
	<i>C</i>	29.319	0.396	25.705	34.264	29.594	0.544	24.232	36.796
	<i>REC</i>	6.500	0.399	4.143	13.795	6.081	0.371	2.830	10.077
	<i>E</i>	0.343	0.003	0.310	0.395	0.359	0.003	0.319	0.396
	<i>AR</i>	2.047	0.015	1.897	2.308	2.122	0.016	1.935	2.310
♂	<i>FF</i>	0.454	0.005	0.380	0.538	0.475	0.009	0.389	0.630
	<i>RO</i>	0.395	0.002	0.361	0.424	0.395	0.003	0.355	0.436
	<i>C</i>	27.841	0.323	23.379	33.039	26.671	0.449	19.931	32.335
	<i>REC</i>	5.483	0.249	4.119	10.305	5.649	0.329	2.848	10.302
	<i>E</i>	0.340	0.002	0.302	0.368	0.347	0.003	0.316	0.389
	<i>AR</i>	2.034	0.010	1.866	2.167	2.066	0.014	1.922	2.272
♀+♂	<i>FF</i>	0.443	0.004	0.367	0.538	0.452	0.006	0.342	0.630
	<i>RO</i>	0.393	0.002	0.338	0.434	0.384	0.003	0.347	0.436
	<i>C</i>	28.544	0.265	23.379	34.264	28.132	0.399	19.931	36.796
	<i>REC</i>	5.967	0.236	4.119	13.795	5.865	0.247	2.830	10.302
	<i>E</i>	0.342	0.002	0.302	0.395	0.353	0.002	0.316	0.396
	<i>AR</i>	2.040	0.009	1.866	2.308	2.094	0.011	1.922	2.310

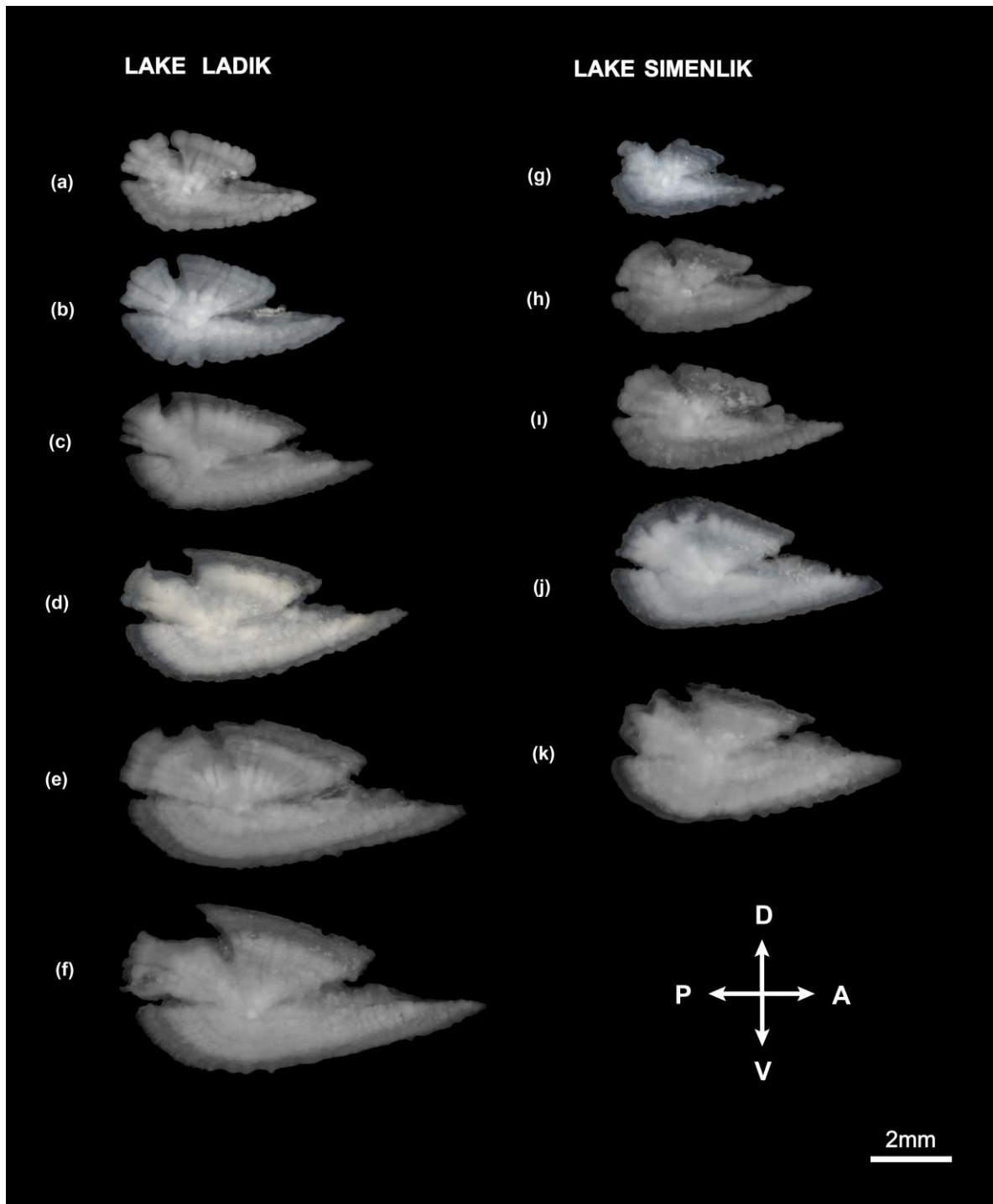


Figure 3. Otolith morphological development according to *TL*: (a) 34.6 cm, (b) 41.1 cm, (c) 48.4 cm, (d) 57.7 cm, (e) 68.2 cm, (f) 74.0 cm, (g) 28.5 cm, (h) 34.6 cm, (i) 40.9 cm, (j) 48.5 cm, (k) 57.8 cm

As a result of the shape index comparisons, it was determined that there was a significant difference between the two localities in terms of roundness, ellipticity, and aspect ratio ($P < 0.05$). There is no significant difference in terms of form factor, circularity, and rectangularity ($P > 0.05$).

However, in the otolith measurements with differences, relationships were determined for both

otolith pairs. Relationships between *TL* and otolith characteristics were determined using both power and linear regression equations and the best fit was obtained among *TL* and *OL* for Ladik ($r^2 > 0.949$) and Simenlik Lakes ($r^2 > 0.914$) (Table 3). In addition, all the relationships between otolith characteristics and *TL* were found statistically important ($P < 0.001$).

Table 3. Relationships between otolith parameters and total length according to localities

Relationship	Variable/Locality		Ladik Lake			Simenlik Lake		
			a	b	r ²	a	b	r ²
Linear	OL	R	0.879	0.125	0.949	1.174	0.123	0.911
		L				0.787	0.131	0.912
	OH		0.754	0.053	0.910	0.631	0.057	0.875
	OW		-0.023	0.001	0.886	-0.028	0.001	0.844
	OP		2.514	0.372	0.921	3.531	0.355	0.845
	OA		-9.339	0.503	0.931	-7.755	0.481	0.899
Power	OL	R	0.244	0.863	0.936	0.310	0.808	0.913
		L				0.252	0.862	0.914
	OH		0.169	0.770	0.899	0.161	0.786	0.876
	OW		3.293E-006	2.215	0.882	1.074E-006	2.579	0.885
	OP		0.691	0.874	0.905	0.908	0.806	0.837
	OA		0.028	1.609	0.924	0.029	1.613	0.906

Discussion

Otoliths are considered as an invaluable source of information for reconstructing a fish's life cycle (Campana and Thorrold 2001). In addition, otolith morphology and shape analysis are often used for stock discrimination (Begg and Brown 2000; Galley et al. 2006; Leguá et al. 2013; Bostancı and Yedier 2018; Ozpicak 2020; Bano and Serujiddin 2021; Yedier 2021). However, the relationships between length and otolith dimensions generate a baseline for fish biology and fisheries research (Ozpicak 2020). Because being otolith shape is species-specific, they are widely used in several different studies, such as species differentiation with otolith shape (Cardinale et al. 2004), identifying fossil samples (Gierl and Reichenbacher 2015) or dietary items in a stomach content (Škeljo and Ferri 2012).

In this study otolith biometric measurements, relationships between total length and otolith dimensions, and shape index of *E. lucius* sampled from Ladik and Simenlik lakes were determined. In addition to, *E. lucius* populations were compared by calculating the otolith shape indices for both localities.

Otoliths morphometrics and total length relationships

Fish size-otolith size relationships will be useful for researchers examining the food habits of piscivores and the size of fish in archaeological samples (Harvey et al. 2000). The relationships between *TL* and otolith measurements of fish species could provide info for the back-calculation of the fish total length from otolith measurements (Zan et al. 2015).

The relationships between otolith measurements of individuals sampled from two different lakes and total fish length were determined. Both linear and nonlinear regression models were used to determine the relationships of the samples in both localities. Linear and nonlinear functions are preferred to describe relationships of otolith dimensions and fish size. Generally, the nonlinear function was used in otolith morphometrics and total length relationships (Waessle et al. 2003; Saygin et al. 2017; Jawad et al. 2017; Kanjuh et al. 2018; Zengin Özpiçak et al. 2018; Yilmaz et al. 2019; Saygin et al. 2020; Bulatović et al. 2021). However, in Ladik Lake, the linear regression model was found more stronger, and it was determined that the nonlinear regression is more useful in explaining the relationships between otolith measurements and total length. Yazicioğlu et al. (2017) investigated otolith biometry-total length relationships in the population of *E. lucius* from Ladik Lake. They found a strong relationship between the otolith length and total length ($r^2 > 0.89$). In this study, otolith morphometrics and total length

relationships were determined, and the best fit was obtained among *OL* and *TL* for both localities (Ladik Lake, $r^2 > 0.949$; Simelik Lake, $r^2 > 0.914$).

Relationships between fish size and otolith morphometrics are a baseline for prey-predator studies. Analyzing otoliths retrieved from the stomachs or faeces of piscivorous predators can provide information on the type, size, mass, and energy content of their fish prey (Więcaszek et al. 2020). *E. lucius* is an important recreational, predator, and top-level piscivore. For this reason, it is thought that the results of this study will also contribute to the prey-predator relations. Also, this is the first study about otolith morphometrics and the total length relationships of *E. lucius* for Simenlik Lake.

Otolith shape indices and stock discrimination

In this study, six different shape indices (form factor, roundness, circularity, rectangularity, ellipticity, aspect ratio) were calculated using the sagittal otoliths of *E. lucius* belonging to the Ladik and Simenlik Lake populations. This is the first study about the otolith shape of *E. lucius* from different lakes. Otolith properties are useful tools to identify intra and interspecific relationships (Leguá et al. 2013; Mapp et al. 2017; Saygin et al. 2020; Ozpicak 2020; Bano and Serujiddin 2021) and stock discrimination (Begg and Brown 2000; Galley et al. 2006; Agüera and Brophy 2011; Vieira et al. 2014; Jemaa et al. 2015; Bacha et al. 2016; Afanasyev et al. 2017; Duncan et al. 2018; Zengin Özpiçak et al. 2018). In the literature, no other study on this subject related to *E. lucius* could be found. When the otolith shape indices of the Ladik and Simenlik Lake samples were compared, the difference between the shape index values of the otoliths in the two populations of roundness ($P < 0.05$), ellipticity ($P < 0.001$), and aspect ratio ($P < 0.001$) was found to be statistically significant. This showed that the two populations could be distinguished according to their roundness, ellipticity, and aspect ratio values.

In conclusion, considering the findings of this study, it is evident that the sagittal otolith shape is useful for the encouragement of further research on verifying the role of the otolith in the identification, discrimination, and taxonomy of fish. In the future, various approaches such as genetic, the microchemical of otoliths, or Fourier analyses are necessary for understanding the use of otoliths as an indicator of stock differentiation and prey-predator relationships.

Acknowledgments

This study was financially supported by Ondokuz Mayıs University (Project No: PYO.FEN.1901.17.003) and presented in Ecology

2018 International Symposium, 19-23 June 2018, Kastamonu-Turkey by oral presentation. We want to thank Ondokuz Mayıs University Project Office.

References

- Afanasyev PK, Orlov AM, Rolsky AY. 2017. Otolith shape analysis as a tool for species identification and studying the population structure of different fish species. *Bio Bull.* 44(8): 952-959. doi:10.1134/S1062359017080027.
- Agüera A, Brophy D. 2011. Use of sagittal otolith shape analysis to discriminate Northeast Atlantic and Western Mediterranean stocks of Atlantic saury, *Scorpaenopsis scorpaenoides* (Walbaum). *Fish Res.* 110(3): 465-471. doi:10.1016/j.fishres.2011.06.003.
- Avigliano E, de Carvalho BM, Miller N, Gironde SC, Tombari A, Limburg K, Volpedo AV. 2019. Fin spine chemistry as a non-lethal alternative to otoliths for stock discrimination in an endangered catfish. *Mar Ecol Prog.* 614: 147-157. doi:10.3354/meps12895.
- Bacha M, Jeyid AM, Jaafour S, Yahyaoui A, Diop M, Amara R. 2016. Insights on stock structure of round sardinella aurata off north-west Africa based on otolith shape analysis. *J Fish Biol.* 89: 4, 2153-2166. doi:10.1111/jfb.13117.
- Bano F, Serajuddin M. 2021. Sulcus and outline morphometrics of sagittal otolith variability in freshwater fragmented populations of dwarf gourami, *Trichogaster lalia* (Hamilton, 1822). *Limnologia.* 125842. doi:10.1016/j.limno.2020.125842.
- Battaglia P, Malara D, Romeo T, Andaloro F. 2010. Relationships between otolith size and fish size in some mesopelagic and bathypelagic species from the Mediterranean Sea (Strait of Messina, Italy). *Sci. Mar.* 74(3): 605-612. doi:10.3989/scimar.2010.74n3605.
- Begg GA, Brown RW. 2000. Stock identification of Haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Trans of Am Fish Soc* 129: 335-345. doi:10.1577/1548-8659(2000)129<0935:SIOHMA>2.3.CO;2.
- Bostancı D, Yedier S, Konaş S, Kurucu G, Polat N. 2017. Regional variation of relationship between total length and otolith sizes in the three *Atherina boyeri* Risso, 1810 populations, Turkey. *Ege J Fish Aqua Sci.* 34(1): 11-16. doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.02.
- Bostancı D, Yedier S. 2018. Discrimination of invasive fish *Atherina boyeri* (Pisces: Atherinidae) populations by evaluating the performance of otolith morphometrics in several lentic habitats. *Fresen Environ Bull.* 27(6): 4493-4501.
- Bulatović I, Marić, D, Milošević D. 2021. Relationships between Otolith Dimensions and Body Length of Five Cyprinid Fish Species from Lake Skadar, Adriatic Catchment of Montenegro. *Acta Zool. Bulg.* (In press).
- Campana SE, Thorrold SR. 2001. Otoliths, increments, and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Can J Fish Aquat Sci.* 58: 30-38. doi:10.1139/f00-177.
- Cardinale M, Doering-Arjes P, Kastowsky M, Mosegaard H. 2004. Effects of sex stock and environment on the shape of known-age Atlantic cod (*Gadus morhua*) otoliths. *Can J Fish Aquat Sci.* 61: 158-167. doi:10.1139/f03-151.
- Casselman JM. 1996. Age, growth and environmental requirements of pike. In: John C, editor. *Pike: Biology and exploitation*, Chapman & Hall, 69-101. doi:10.1007/978-94-015-8775-4_4
- Chen K, He D, Ding C, Jia Y, Chen Y. 2021. Evaluation of the Lapillar otolith shape as a tool for discrimination of stock of Naked Carp, *Gymnocypris selincuoensis* in the Tibetan Plateau. *Pak J Zool.* 1-13.
- Craig JF. 2008. A short review of pike ecology. *Hydrobiologia*, 601: 5-16. doi:10.1007/s10750-007-9262-3.
- Duncan R, Brophy D, Arrizabalaga H. 2018. Otolith shape analysis as a tool for stock separation of albacore tuna feeding in the Northeast Atlantic. *Fish Res.* 200: 68-74. doi:10.1016/j.fishres.2017.12.011.
- Fey DP, Greszkiewicz M. 2021. Effects of temperature on somatic growth, otolith growth, and uncoupling in the otolith to fish size relationship of larval northern pike, *Esox lucius* L. *Fish Res.* 236: 105843. doi:10.1016/j.fishres.2020.105843.
- Galley EA, Wright PJ, Gibb FM. 2006. Combined methods of otolith shape analysis improve identification of spawning areas of Atlantic Cod. *ICES Mar Sc.* 63: 1710-171. doi:10.1016/j.icesjms.2006.06.014.
- Ghanbarifardi M, Zarei R. 2021. Otolith shape analysis of three mudskipper species of Persian Gulf. *Iran J Fish Sci.* 20(2): 333-342. doi:10.22092/ijfs.2021.123784.
- Gierl C, Reichenbacher B. 2015. A new fossil genus of Gobiiformes from the Miocene characterized by a mosaic set of characters. *Copeia*, 103(4): 792-805. doi:10.1643/CI-14-146.
- Harvey JT, Loughlin TR, Perez MA, Oxman DS. 2000. Relationship between fish size and otolith length for 63 species of fishes from the Eastern North Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS 150.
- Harvey B. 2009. A biological synopsis of northern pike (*Esox lucius*). Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences 2885, 31, Canada.
- Jawad LA, Park JM, Kwak SN, Ligas A. 2017. Study of the relationship between fish size and otolith size in four demersal species from the south-eastern Yellow Sea. *Cahiers Biol. Mar.* 58: 9-15. doi:10.21411/CBM.A.645C2013.
- Jemaa S, Bacha M, Khalaf G, Dessailly D, Rabhi K, Amara R. 2015. What can otolith shape analysis tell us about population structure of the European sardine, *Sardina pilchardus*, from Atlantic and Mediterranean waters?. *J Sea Res.* 96: 11-17. doi:10.1016/j.seares.2014.11.002.

- Kanjuh T, Mrdak D, Piria M, Tomljanović T, Joksimović A, Talevski T, Milošević D. 2018. Relationships of otolith dimension with body length of European eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) from Adriatic catchment of Montenegro. *Acta Adriatica*, 59(1): 91-96.
- Karás, P, Lehtonen H. 1993. Patterns of movement and migration of pike (*Esox lucius* L.) in the Baltic Sea. *Nordic J Fresh Res*, 68: 72-79.
- Labidi BM, Mejri M, Shahin AAAB, Quignard JP, Trabelsi M, Ben Faleh A. 2020. Stock discrimination of the bogue, *Boops boops* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae), from two Tunisian marine stations using the otolith shape. *Acta Ichthyol Piscat*. 50(4).
doi: 10.3750/AIEP/02978.
- Lecomte-Finiger R. 1992. The crystalline ultrastructure of otolith of the eel (*A. anguilla* L. 1758). *J Fish Biol*. 40: 181-190.
doi: 10.1111/j.1095-8649.1992.tb02565.x.
- Leguá J, Plaza G, Pérez D, Arkhipkin A. 2013. Otolith shape analysis as a tool for stock identification of the southern blue whiting, *Micromesistius australis*. *Lat. Am. J. Aquat. Res*. 41: 479-489.
doi: 10.3856/vol41-issue3-fulltext-11.
- Mahé K, Ider D, Massaro A, Hamed O, Jurado-Ruzafa A, Gonçalves P, Anastasopoulou A, Jadaud A, Mytilineou C, Elleboode R, Ramdane Z, Bacha M, Amara R, de Pontual H, Ernande B. 2019. Directional bilateral asymmetry in otolith morphology may affect fish stock discrimination based on otolith shape analysis. *ICES J Mar Sci*. 76(1): 232-243.
doi:10.1093/icesjms/fsy163.
- Mapp J, Hunter E, Kooij JVD, Songer S, Fisher M. 2017. Otolith shape and size: The importance of age when determining indices for fish-stock separation. *Fish Res*. 190: 43–52.
doi: 10.1016/j.fishres.2017.01.017.
- Mehanna SF, Jawad LA, Ahmed YA, Abu El-Regal MA, Dawood D. 2016. Relationships between fish size and otolith measurements for *Chlorurus sordidus* (Forsskal, 1775) and *Hipposcarus harid* (Forsskal, 1775) from the Red Sea coast of Egypt. *J Appl Ichthyol*. 32(2): 356-358.
- Möller S, Winkler HM, Klügel A, Richter S. 2019. Using otolith microchemical analysis to investigate the importance of brackish bays for pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1758) reproduction in the southern Baltic Sea. *Ecol Freshw Fish*. 28: 602–610.
doi:10.1111/eff.12478.
- Morley S, Belchier M. 2002. Otolith and body size relationships in bigeye grenadier (*Macrourus holotrachys*) in CCAMLR subarea 48.3. *Ccamlr Sci*. 9: 133-143.
- Nordahl O, Koch-Schmidt P, Sunde J, Yıldırım Y, Tibblin P, Forsman A, Larsson P. 2019. Genetic differentiation between and within ecotypes of pike (*Esox lucius*) in the Baltic Sea. *Aquatic Conser*. 29(11): 1923-1935.
doi: 10.1002/aqc.3196.
- Osman YA, Mahé K, El-Mahdy SM, Mohammad AS, Mehanna S. 2021. Relationship between fish length and otolith morphological characteristics of *Sargocentron spiniferum* (Forsskal, 1775) from the Southern Red Sea.
doi: 10.20944/preprints202104.0092.v1
- Ozpicak M. 2020. Otolith shape and characteristics as a morphological approach to the stock identification in *Barbus tauricus* (Cyprinidae). *Journal of Ichthyology* 60: 716-724.
- Pereira LS, Agostinho AA, Winemiller KO. 2017. Revisiting cannibalism in fishes. *Rev Fish Biol Fisher*. 27: 499–513.
doi: 10.1007/s11160-017-9469-y.
- Petursdottir G, Begg GA, Marteinsdottir G. 2006. Discrimination between Icelandic Cod (*Gadus morhua* L.) populations from adjacent spawning areas based on otolith growth and shape. *Fish Res*. 80: 182-189.
doi: 10.1016/j.fishres.2006.05.002.
- Ponton D. 2006. Is geometric morphometrics efficient for comparing otolith shape of different fish species?. *Journal of Morphology*, 267(6): 750-757.
doi:10.1002/jmor.10439.
- Prejs A, Pijanowska J, Koperski P, Martyniak A, Boron S, Hliwa P. 1997. Food-web manipulation in a small, eutrophic Lake Wirbel, Poland. Long-term changes in fish biomass: a basic measure of water quality. A case study. *Hydrobiologia*, 342/343: 383–386.
doi: 10.1023/a:1017047625303.
- Radhakrishnan KV, He W, Liu M, Xie S. 2009. Otoliths—the biological CD-ROMs of fish. *Current Sci*. 97 (8): 1121–1122.
- Renán X, Montero-Muñoz J, Garza-Pérez JR, Brulé T. 2016. Age and stock analysis using otolith shape in Gags from the Southern Gulf of Mexico. *T Am Fish Soc* 145(6): 1252-1265.
doi: 10.1080/00028487.2016.1217928.
- Saygin S, Ozpıçak M, Elp M, Polat N, Atici AA, Akçanal Odun N. 2017. Comparative analysis of the otolith features of tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from different lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Turkey). *Limnofish*, 3(2): 91–99.
doi:10.17216/LimnoFish.310312.
- Saygin S, Özpiçak M, Yilmaz S, Polat N. 2020. Otolith shape analysis and the relationships between otolith dimensions–total length of European Bitterling, *Rhodeus amarus* (Cyprinidae) sampled from Samsun Province, Turkey. *Journal of Ichthyology*, 60: 570-577.
doi: 10.1134/S0032945220040190.
- Sharma CM, Borgström R. 2008. Increased population density of pike *Esox lucius*—a result of selective harvest of large individuals. *Ecol freshw fish*. 17(4): 590-596.
doi: 10.1111/j.1600-0633.2008.00310.x.
- Škeljo F, Ferri J. 2012. The use of otolith shape and morphometry for identification and size-estimation of five wrasse species in predator-prey studies. *J. Appl. Ichthyol.*, 28: 524–530.
doi: 10.1111/j.1439-0426.2011.01925.x.
- Soupir CA, Brown ML, Kallemeyn LW. 2000. Trophic ecology of largemouth bass and northern pike in

- allopatric and sympatric assemblages in northern boreal lakes. *Can J Zool.* 78(10): 1759-1766.
doi: [10.1139/cjz-78-10-1759](https://doi.org/10.1139/cjz-78-10-1759).
- Stańczak K, Król J, Hliwa P. 2017. Otolith fluorescent marking of pike (*Esox lucius* L.) larvae. *Polish Journal of Natural Sciences.* 32(1): 191-199.
- Sunde J, Yıldırım Y, Tibblin P, Forsman A. 2020. Comparing the performance of microsatellites and RAD seq in population genetic studies: analysis of data for pike (*Esox lucius*) and a synthesis of previous studies. *Frontiers in genetics*, 11, 218.
doi: [10.3389/fgene.2020.00218](https://doi.org/10.3389/fgene.2020.00218).
- Tracey SR, Lyle JM, Duhamel G. 2006. Application of elliptical Fourier analysis of otolith form as a tool for stock identification. *Fish Res.* 77(2): 138-147.
doi: [10.1016/j.fishres.2005.10.013](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.10.013).
- Tuset VM, Lombarte A, González JA, Pertusa JF, Lorente MJ. 2003. Comparative morphology of the sagittal otolith in *Serranus* spp. *J Fish Biol.* 6(1): 1491-1504.
- Vieira AR, Neves A, Sequeira V, Paiva RB, Gordo LS. 2014. Otolith shape analysis as a tool for stock discrimination of forkbeard (*Phycis phycis*) in the Northeast Atlantic. *Hydrobiologia*, 728(1): 103-110.
doi: [10.1007/s10750-014-1809-5](https://doi.org/10.1007/s10750-014-1809-5).
- Vu QT, Kartavtsev YP. 2020. Otolith shape analysis and its utility for identification of two smelt species, *Hypomesus japonicus* and *H. nipponensis* (Osteichthyes, Osmeridae) from the Northwestern Sea of Japan with inferences in stock discrimination of *H. japonicus*. *Russian Journal of Marine Biology*, 46(6): 431-440.
doi: [10.1134/S1063074020060115](https://doi.org/10.1134/S1063074020060115).
- Waessle JA, Lasta CA, Favero M. 2003. Otolith morphology and body size relationships for juvenile for juvenile Sciaenidae in the Río de la Plata estuary (35-36°S). *Sci. Mar.* 67: 233-240.
- Więcaszek B, Nowosielski A, Dąbrowski J, Górecka K, Keszka S, Strzelczak, A. 2020. Fish size effect on sagittal otolith outer shape variability in round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas 1814). *J Fish Biol.* 97: 1520-1541.
doi: [10.1111/jfb.14521](https://doi.org/10.1111/jfb.14521).
- Yazicioglu O, Polat N, Yilmaz S. 2018. Feeding biology of pike, *Esox lucius* L., 1758 inhabiting Lake Ladik, Turkey. *Turk J Fish Aquat Sci.* 18(10): 1215-1226.
doi: [10.4194/1303-2712-v18_10_08](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_10_08).
- Yazicioğlu O, Yılmaz S, Erbaşaran M, Uğurlu S, Polat N. 2017. Bony structure dimensions-fish length relationships of pike (*Esox lucius* L., 1758) in Lake Ladik (Samsun, Turkey). *North-Western J Zool.* 13: 1, 149-153.
- Yedier S. 2021. Otolith shape analysis and relationships between total length and otolith dimensions of European barracuda, *Sphyrna sphyraena* in the Mediterranean Sea. *Iran J Fish Sci.* 20(4): 1080-1096.
doi: [10.22092/ijfs.2021.124429](https://doi.org/10.22092/ijfs.2021.124429).
- Yilmaz S, Emiroğlu Ö, Aksu S, Başkurt S, Polat N. 2019. Relationships between otolith dimensions and body growth of North African Catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) from the upper basin of the Sakarya River, Turkey. *Croatian Journal of Fisheries* 77: 57-62.
doi: [10.2478/cjf-2019-0006](https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0006).
- Yilmaz S, Yazicioğlu O, Yazici R, Polat N. 2015. Relationships between fish length and otolith size for five cyprinid species from Lake Ladik, Samsun, Turkey. *Turk J Zool.* 39(3): 438-446.
doi: [10.3906/zoo-1403-58](https://doi.org/10.3906/zoo-1403-58).
- Zan XX, Zhang C, Xu BD, Zhang CL. 2015. Relationships between fish size and otolith measurements for 33 fish species caught by bottom trawl in Haizhou Bay, China. *J Applied Ichthyol.* 31(3): 544-548.
doi: [10.1111/jai.12751](https://doi.org/10.1111/jai.12751).
- Zar JH. 1999. *Biostatistical analysis*, Prentice-Hall, 663, New Jersey.
- Zengin M, Saygin S, Polat N. 2015. Otolith shape analysis and dimensions of the anchovy *Engraulis encrasicolus* L. in the Black and Marmara Seas. *Sains Malaysiana* 44(1): 657-662.
doi: [10.17576/jsm-2015-4405-03](https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4405-03).
- Zengin Ozpiçak M, Saygin S, Aydın A, Hancer E, Yilmaz S, Polat N. 2018. The relationships between otolith dimensions-total length of chub (*Squalius cephalus*, L. 1758) sampled from a few inland waters of the Middle Black Sea region. *Limnofish*, 4(1): 17-24.
doi: [10.17216/LimnoFish.342524](https://doi.org/10.17216/LimnoFish.342524).



Koronavirüs (COVID-19) Salgınının Su Ürünleri Sektörüne Etkileri ve Su Ürünlerine Bulaşmasının Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler

Berna KILINÇ^{1*} , Fevziye Nihan BULAT¹ , İrem KILINÇ¹ 

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi, İşleme A.B.D., 35100 Bornova-İzmir, Türkiye

ÖZ

Bu derlemede koronavirüsün su ürünleri yetiştiricilik, balıkçılık ve gıda işleme sektörlerine etkileri yanında bu iş yerlerinde bulaşmaların önlenmesi için alınması gereken tedbirler incelenmiştir. Koronavirüsün işleme teknolojileri uygulamalarına karşı dayanımı, hijyen uygulamaları ve virüsün elimine edilmesine yönelik geliştirilen yenilikçi yöntemlere de yer verilmiştir. Bu kapsamda kontaminasyonu engelleyebilecek antiviral ambalaj materyalleri gibi geliştirilmekte olan yeni teknik ve yöntemler ile taze veya işlenmiş halde tüketilecek gıda ve su ürünlerinin ambalajlanarak satışa sunulması çalışmaları irdelenmiştir. Taze ve işlenmiş su ürünlerinde koruma ve kontrol amaçlı denetimlerin gerekliliği ve sürekliliği üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca su ürünleri/gıda alanında güvenilir ürün yelpazesinin geliştirilmesi üzerine yapılacak çalışmaların desteklenmesinin önemi konusunda tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Koronavirüs, COVID-19, su ürünleri, bulaşma, hijyen

MAKALE BİLGİSİ

DERLEME MAKALESİ

Geliş : 31.12.2020

Düzeltilme : 16.11.2021

Kabul : 26.11.2021

Yayın : 26.08.2022

DOI:10.17216/LimnoFish.851143

* SORUMLU YAZAR

nihanbulat@gmail.com

Tel : +90 553 433 90 72



Effects of the Coronavirus (COVID-19) Epidemic on the Fisheries Industry and Preventive Measurements for Seafood Against the Coronavirus Contamination

Abstract: In this review, the effects of Coronavirus on aquaculture, fisheries and food processing sectors, and the measurements to be taken to prevent contamination in these workplaces were analysed. This study includes topics on the innovative methods developed for the resistance of Coronavirus to the applications of processing technologies, hygiene applications and the elimination of the virus. In this context, new techniques and methods were given, such as antiviral packaging materials that can prevent contamination. Furthermore, the latest studies on the packaging of food and aquatic products for consumption in fresh or processed form have been examined. Evaluations were made on the necessity and continuity of inspections for the protection and control of fresh and processed fishery products. In addition, the importance of supporting studies on the development of a reliable product range in the aquaculture/food field was discussed.

Keywords: Coronavirus, COVID-19, fisheries, contamination, hygiene

Alıntılama

Kılınç B, Bulat FN, Kılınç İ. 2022. Koronavirüs (COVID-19) Salgınının Su Ürünleri Sektörüne Etkileri ve Su Ürünlerine Bulaşmasının Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler LimnoFish. 8(2): 203-209. doi: 10.17216/LimnoFish.851143

Giriş

Çin'in Wuhan şehrinde 2019 yılının aralık ayında ortaya çıkan koronavirüs (COVID-19) hastalığı dünyada büyük bir küresel salgına dönüşerek birçok insanın ölümüne neden olmuştur (Sağdıç vd. 2020). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 11 Şubat 2020'de COVID-19 salgını hastalık olarak ilan edilmiştir. 12 Kasım 2021 tarihi itibarıyla dünyada koronavirüsten onaylanmış vaka sayısının toplam 251.788.329 olduğu, toplam 5.077.907 kişinin ise ölümüne neden olduğu bildirilmiştir. Türkiye'de ise 12 Kasım 2021 itibarıyla onaylanmış vaka sayısının toplam 8.340.332 olduğu ve toplam 72.910 kişinin ölümüne neden olduğu bildirilmiştir (WHO 2021).

Uludağ İhracatçı Birlikleri tarafından hastalığın dünyayı ve ülkemizi sağlık, ekonomi, sosyal hayat, iş hayatı, eğitim ve daha pek çok alanda olumsuz etkilediği belirtilmiştir (Anonim 2020a). COVID-19'un yayılmasını engellemek için alınan önlemlerin (örneğin; gıda hizmetlerinin kapatılması, turizmin durdurulması, ulaşım hizmetlerinin azaltılması, ticaret kısıtlamaları vb.) hem iç hem de uluslararası tedarik zincirlerinde bozulmaya neden olduğu bildirilmiştir (FAO 2019). Ayrıca salgının tüm sektörlerde (tarım, gıda, su ürünleri vs.) üretimin aksamasına neden olduğu vurgulanmıştır (Genkin ve Mikheev 2020).

Salgının küresel ölçekte birçok sektörde olumsuz etkilere de neden olacağı belirtilmektedir. Örneğin;

bazı bölgelerde ekim zamanının geçmesi nedeniyle üretimde meydana gelen azalmaların tarımsal ürünlerde yetersizliğe neden olacağı (Torun Kayabaşı 2020), COVID-19'un gıda ve su ürünleri ticareti yapan ülkeler üzerinde de ekonomik açıdan oldukça büyük etki yaratabileceği FAO (2019) tarafından bildirilmiştir.

Yapılan çalışmalarda COVID-19'un gıdalar aracılığı ile alınarak insanlarda hastalığa neden olduğuna dair kanıt olmadığı, ancak gıda işletmelerinde çalışan koronavirüs taşıyan personelin gıdaları bulaştırabileceği üzerinde durulmaktadır (Sağdıç vd. 2020). Enfekte olmuş kişiler aracılığı ile virüsün yüzeylere bulaşarak yüzeyin özelliğine bağlı olarak birkaç saat veya gün aktif kalabildiği bildirilmektedir. Bu nedenle gıda sektöründeki işyerlerinin "İyi Hijyen Uygulamalarını" dikkatli bir şekilde uygulanması gerekmektedir. İşletme çalışanlarını COVID-19 hastalığından korumak için ise takip sistemlerinin geliştirilmesi dışında verilecek olan eğitimlerle de kişilerde COVID-19'a karşı farkındalık yaratılmasının önemli olacağı vurgulanmaktadır (Anonim 2020b).

Bu derlemede koronavirüsün insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve ölüme neden olan önemli bir virüs olması dolayısıyla COVID-19'un tanımı, neden olduğu semptomların yanında su ürünleri yetiştiriciliği, avlama ve işleme sektörlerine etkileri, işletmelerde bulaşmasının önlenmesi için alınması gereken tedbirler üzerinde değerlendirmeler yapılmıştır. COVID-19'un işleme teknolojilerine dayanımları ve hijyen kurallarının önemi, elimine edilmesine yönelik geliştirilen yenilikçi yöntemler üzerinde durularak farkındalığın artırılması amaçlanmıştır.

COVID-19 Tanımı ve Neden Olduğu Semptomlar

Koronavirüslerin (CoV) zararlı, tek zincirli pozitif RNA virüsleri olup, oldukça geniş bir aile olduğu belirtilmektedir. İnsanlarda hastalığa sebep olan 229E, OC43, NL63 ve HKU1 türlerinin genellikle hafif orta şiddette solunum yolu enfeksiyonlarına sebep olduğu bildirilmektedir. 2002 yılında "şiddetli akut solunum sendromu (SARS)", 2012 yılında "Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS)" etkeni olmak üzere iki koronavirüs türünün ortaya çıktığı açıklanmıştır. Son olarak da 2019 yılında COVID-19 hastalığına neden olan SARS-CoV-2 tanımlanmıştır (Çiftçi ve Çoksüer 2020).

Yapılan bir çalışmada insanların bademcik ve boğazında bulunan *Haemophilus influenzae* tip B, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae* ve A grubu *Streptococcus* genusunun neden olduğu enfeksiyonların insanlarda MERS-CoV hastalığının patojenik potansiyelini arttırdığı bildirilmiştir (Lau

vd. 2016). Koronavirüs, bulaşmış kişilerde ateş, öksürük (Guan vd. 2020), nefes darlığı (Cascella vd. 2020; Young vd. 2020), ishal, yorgunluk, (Anonim 2020c), kusma, mide bulantısına (Zhang vd. 2020a) neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca karın ağrısı, iştahsızlık (Luo vd. 2020), göğüs, baş ağrısı, kas ağrısı (Zhang vd. 2020b), burun akıntısı, burun tıkanıklığı (Sayın vd. 2020; Sedaghat vd. 2020) gibi farklı belirtilerin de görüldüğü belirtilmektedir. Görülen bu semptomların yanında koku (Netland vd. 2008; Giacomelli vd. 2020) ve tat kaybına da (Rokohl vd. 2020) neden olduğu vurgulanmaktadır. COVID-19 enfeksiyonunun tedavisinde spesifik antiviral ilaç olmadığı, bu nedenle de tedavi stratejisinin daha çok destek tedavi ve komplikasyonların önlenmesine yönelik olduğu belirtilmektedir (Çiftçi ve Çoksüer 2020).

Toplunun büyük çoğunluğunda COVID-19 virüsünün gıda kaynaklı olarak insanlara geçtiği algısı oluşmuştur. Ancak yapılan çalışmalarda enfeksiyonunun kesin kaynağının henüz netlik kazanmadığı belirtilmektedir. İlk tespit edilen konağın, Wuhan Deniz Ürünleri Toptan Satış Pazarı'nda yasadışı olarak satılan vahşi hayvanlar olduğunu işaret edilmektedir. Hastalığın başlangıcındaki ilk kaynak olarak vahşi hayvanlar olduğu düşünülmeyle birlikte, virüsün insandan insana damlacık yoluyla ve temas yoluyla bulaştığı bildirilmektedir (WHO 2020). COVID-19'un solunum yolu hastalığı olduğu ve birincil bulaşma yolu olarak kişiden kişiye temas yoluyla veya enfekte bir kişinin solunum damlacıklarına doğrudan temas yoluyla olduğu belirtilmektedir. Solunum yolu hastalıklarına neden olan virüslerin gıda veya gıda ambalajı yoluyla bulaştığına dair bir kanıtın olmadığı belirtilmektedir. Koronavirüsün gıdalarda çoğalamadıkları ve çoğalması için canlı bir hayvana veya insana gereksinim duydukları bildirilmektedir (Tayar 2020).

İnsanlarda hastalık oluşturan virüslerin çoğunun hayvan kaynaklı olduğu ve zoonotik virüslerin geniş bir yayılma spektrumuna sahip oldukları ifade edilmektedir. Ayrıca bu virüslerin doğrudan veya dolaylı olarak ara konaklarla insanlara bulaşabildiği belirtilmektedir. Virüslere karşı gıda endüstrisi gerekli tedbirleri alarak gıda yolu ile bulaşma riskini minimize edici uygulamaları devreye koyduklarını ileri sürmektedirler (Rodriguez-Lazaro vd. 2012).

COVID-19'un Su Ürünleri Yetiştiricilik ve Balıkçılık Sektörüne Etkileri

COVID-19 su ürünleri yetiştiricilik ve balıkçılık sektörlerini de olumsuz etkilemiştir. Salgın dolayısıyla bazı ülkeler tarafından uygulanan ulaşım ve sınır kısıtlamaları su ürünlerinin ticaretinde lojistik zorluklara yol açmıştır. Ayrıca, ürünlerin ve

personelin taşınması ile ilgili kısıtlamalar nedeniyle, su ürünleri yetiştiricilik endüstrisi üzerinde özel etkileri olan bazı tohum, yem ve aşılardan temin edilmesinde sorunlar yaşandığı bildirilmiştir (FAO 2019). Pandeminin su ürünleri sektöründeki tedarik zincirlerini olumsuz etkilediğini ifade eden bir çalışmada salgın sürecinin insanlığa; gıda etiği ve güvencesinin ancak sorumlu yetiştiricilik uygulamaları ile gerçekleştirilebileceğini öğrettiği vurgulanmıştır. Ayrıca yerel üretime önem verilmesi konusu üzerinde durulmuştur (Genç vd. 2020). Su ürünleri yetiştiriciliğinde satılamayan canlı balıklardan kaynaklı yüksek beslenme maliyetleri ve balık kayıplarındaki risklere ilişkin kanıtların arttığı bildirilmiştir. Bu durum su ürünleri yetiştiriciliği için önemli bir problem olarak rapor edilmiştir (FAO 2019).

COVID-19'un Su Ürünleri İşleme Sektörüne Etkileri

Balık ve balık ürünleri sağlıklı bir diyetin önemli bir bileşeni olup, tüketim açısından güvenli bir besin maddesidir. Bazı ülkelerdeki yanıltıcı algılamalar, pandemi sürecinde bu ürünlerin tüketiminin azalmasına neden olmuştur. Bununla birlikte, koronavirüs su hayvanlarını (balıklar, sürüngenler, amfibiler ve kabuklular ve yumuşakçalar gibi omurgasızlar) enfekte edemediği, bu nedenle de bu hayvanların COVID-19'un insanlara yayılmasında epidemiyolojik bir rol oynamadığı açıklanmıştır (FAO 2019). Tanırkul (2020) tarafından haziran ayında Çin'in başkenti Pekin'de COVID-19 vakalarındaki artışının sebebinin balık pazarındaki ithal somon balıklarının kesildiği tahtaların olduğunun bildirildiği belirtilmiştir. Bu nedenle somon ithalatının yanı sıra lokanta ve süpermarketlerde somon satışının yasaklandığını bildirilmesi üzerine bu durumun ülkemizde de balık tüketimini olumsuz yönde etkilediği vurgulanmıştır. Ancak su ürünlerinden bir hastalık vakası bildirilmediği ve koronavirüs ile sucul organizmalar arasında bir ilişki saptanmadığı vurgulanmıştır (Tanırkul 2020).

Virüslerin gıda veya gıda ambalajı, avcılık ve yetiştiricilikten gelen su ürünleri yoluyla bulaştığına dair kesin bir kanıt olmadığı belirtilmektedir. Ancak hijyen kurallarına uyulmaksızın ve COVID-19 ile enfekte kişiler tarafından işlenen su ürünlerinin kontamine olabileceği açıklanmıştır. Bu nedenle, COVID-19'dan önce olduğu gibi, balıkçılık ve su ürünlerini kontaminasyona karşı korumak için etkin hijyen kurallarının uygulanması gerektiğini vurgulamanın önemli olduğu belirtilmektedir (FAO 2019).

COVID-19'un balıkçılık ve su ürünleri gıda sistemleri üzerindeki etkileri uluslararası ticarete

yüksek oranda bağımlı olan balık ve balık ürünlerine gelen erken kısıtlamalar nedeniyle taze balık ve kabuklu deniz ürünlerinin tedarik zincirini ciddi bir şekilde etkilenmiştir (oteller, restoranlar ve hazır gıda temin tesisleri, okul ve iş kantinler dâhil) (FAO 2019).

COVID-19 salgınının gıda endüstrisini büyük ölçüde etkilediği ve tüketici-gıda talep zincirini değiştirdiği yönünde görüş belirtilmiştir. Salgının ayrıca gıda sektörüne olan ihtiyacı arttırdığı ve buna bağlı olarak da uzun süre saklanabilir, mikrobiyal açıdan risk içermeyen işlenmiş gıdalara yönelimi arttırdığı açıklanmıştır (WHO 2020). Daha uzun raf ömrüne sahip konserve ve diğer deniz ürünlerinin, tüketiciler tarafından krizin başlangıcında panik şeklinde alımından dolayı konserve satışlarında artış saptandığı belirtilmiştir (FAO 2019). Tarım ve Orman Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü tarafından da COVID-19 salgınının taze su ürünlerinden ziyade daha uzun süre dayanabilir olan konserve deniz ürünlerinin satışlarının artmasına yol açtığı ifade edilmiştir (Anonim 2020d). Yapılan diğer bir çalışmada COVID-19'a karşın özellikle dondurulmuş, tütülenmiş ve konserve balık ihracatında 2020 yılında bir önceki yıla göre artış saptandığı belirtilmiştir. Örneğin, Yunanistan, Çin ve Güney Kore'ye ihraç edilen canlı, taze ve dondurulmuş su ürünlerinin (ahtapot, midye, kalamar, mürekkep balığı, salyangoz) 2020 yılında 2019 yılına göre miktar olarak %58,59, dondurulmuş çipura, levrek, ton balıklarının %7,56, konserve su ürünlerinin %26,63, tütülenmiş, tuzlanmış, salamurla edilmiş ve kurutulmuş balık ürünlerinin ise %7,24 oranlarında artış gösterdiği bildirilmiştir (Can vd. 2020). Ancak, dünyada tüketilen balıkların %45'ini canlı, taze veya soğutulmuş balıkların oluşturduğu bu ürünlerin çabuk bozulabilir ürünler olması dolayısıyla da ek lojistik zorlukları beraberinde getirdiği üzerinde durulmuştur. Bu durumun ise COVID-19 önlemleri alan, önemli miktarda su ürünleri ticareti yapan veya gıda güvenliğini uygulayan ülkeler üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceği bildirilmektedir. Bu amaçla ülkelerin tedarik zincirini açık tutmasının küresel bir gıda krizinden kaçınmak için esas olduğu vurgulanmaktadır (FAO 2019). Bunun yanı sıra son yıllarda artan dünya nüfusu ile şekillenen gıda sektörünün, gelecek yıllarda da salgının dünya çapında gösterdiği etkiye göre yeniden şekilleneceği yönünde görüşler olduğu belirtilmektedir (WHO 2020).

COVID-19'un İşletmelerde Bulaşmasının Önlenmesi İçin Alınması Gereken Tedbirler

COVID-19 gıda kaynaklı bir hastalık olmamasına rağmen, gıdaların COVID-19'un

yayılımına aracılık edebildiği belirtilen bir çalışmada gıdaların mutlaka bol su ile yıkanması gerektiği bildirilmiştir. Bunun yanı sıra gıdaların uygun sıcaklıklarda pişirilmesi gerektiği ve çapraz kontaminasyonun mutlaka önlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca gıda işletmelerinde iyi hijyen uygulamalarının sağlanarak ve personel hijyenine dikkat edildiği takdirde COVID-19'un gıdalara olan kontaminasyonunun önlenemediği veya kontamine gıdada bu virüsün inaktivasyonunun sağlanabildiği vurgulanmıştır. İşletmelerde COVID-19'un inhibisyonu amacıyla Etanol (>%70), NaClO (%0,1), H₂O₂ ve kuaterner amonyum bileşiklerinde dezenfektan olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Yücel vd. 2020). Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından koronavirüslerin sucul ortamda etkinliğini çok daha hızlı kaybettiği ve klor vb. dezenfektanlara karşı koronavirüslerin dirençsiz olduğu belirtilmektedir. Dezenfeksiyon ünitesi bulunmayan tesislerin ise mutlaka uygun şekilde revize edilmesi gerektiği açıklanmıştır. Dolayısıyla kullanılmış suların tekrar kullanılması durumunda ise mutlaka dezenfekte edilerek kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır (Anonim 2020e). Tarım Orman Bakanlığı tarafından gıda işletmelerinde COVID-19'a karşı alınması gereken önlemlerin arasında; sosyal mesafe kurallarına uyulması için gerekli önlemlerin alınması (çalışanlar arasında en az 2 metre olacak şekilde), mutlaka maske kullanımının sağlanması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca ellerin sık sık sabunla en az 20 saniye ovalanarak yıkanmasının sağlanması, hijyen kurallarına uyulmasının sağlanması ve personele bu konuda verilecek eğitim sıklığının artırılmasının önemi vurgulanmıştır. İşletmede yeterli sayıda dezenfektan bulundurulması ve işletmenin her gün temizlik ve dezenfeksiyon işlemlerinin yapılmasının sağlanması, işletmelerde kişi sayısının sınırlandırılması ve koronavirüs belirtisi gösterenlerin işletmede çalıştırılmaması gibi uyarılar yer almaktadır (Anonim 2020f).

COVID-19'un İşleme Teknolojilerine Dayanımı ve Hijyen Kurallarının Önemi

Gıda, gıda paketleri ve gıda işleyicileri yoluyla COVID-19 bulaşması hastalık için bir risk faktörü olarak tanımlanmamıştır (WHO 2020). Ancak koronavirüsler gıdalarda çoğalamadıkları; çoğalması için genellikle sıcakkanlı bir hayvan veya insanın ev sahipliği yapması gerektiği belirtilmektedir (Shariatifar ve Molaei-aghaee 2019). Koronavirüslerin ısıl işleme dirençli olmadıkları, yani normal pişirme sıcaklıklarına (70°C) duyarlı oldukları belirtilmektedir. Bu nedenle çiğ ya da az pişmiş ürünlerin tüketilmesinden kaçınılması gerektiği, çiğ et, çiğ süt veya çiğ hayvansal doku ve

organların tüketilmemesi gerektiği aynı zamanda bunların pişmiş veya pişmemiş gıdalar ile temasının (çapraz kontaminasyonun) da önlenmesi gerektiği bildirilmektedir. Viral hastalıklar söz konusu olduğunda mikrobiyal gelişmenin tehlikeli olmadığı ancak hedefin gıdanın bulaşmadan korunması olduğu üzerinde durulmaktadır. SARS-CoV-2'nin canlı kalma süresini tespit için araştırmalar halen devam ettiği belirtilerek, genel olarak korona virüslerin donmuş durumda çok stabil oldukları açıklanmıştır (Bosch vd. 2018). SARS-CoV ve MERS-CoV üzerinde yapılan çalışmalar sıcaklık, nem ve ışık parametrelerinin kombinasyonuna bağlı olarak, bu virüslerin birkaç güne kadar farklı yüzeylerde canlı kalabileceğini açıkça göstermektedir. Örneğin MERS-CoV suşunun buzdolabı sıcaklığında (4°C) 72 saate kadar canlı kalabildiği, diğer koronavirüs suşlarının ise düşük sıcaklık derecelerinde ve donma sıcaklıklarında stabil kaldığı belirtilmesine karşın, virüslerin gıdaya bulaşmasının ancak hijyen ve gıda güvenliği uygulamaları ile engellenebileceği bildirilmiştir (WHO 2020).

COVID-19'un Elimine Edilmesinde Geliştirilen Yenilikçi Yöntemler

Koronavirüsün potansiyel bir kontaminasyon kaynağı olarak hayvan etini vektör olarak kullandığı ve bu şekilde gıda olarak tüketilmesiyle doğurabileceği sonuçların ele alındığı bir araştırma incelenmiştir. Bu araştırmaya göre dondurulmuş veya soğutulmuş et ürünlerinin tüketiminin güvenliğiyle ilgili belirsizlik ve koronavirüsün hayatta kalması için elverişli çevresel koşulların sağlandığı durumunda özellikle hidrolize edilebilir tanenler, örneğin gallotannin ile takviye edilmiş ve zenginleştirilmiş endüstriyel gıdaların üretiminin COVID-19'un gelişmesinde önleyici etkilerinin saptandığı belirtilmiştir (Goli 2020).

Yapılan diğer bir çalışmada, koronavirüs gelişimini inhibe etmek için gıdada RNA polimerazı bloke etmek veya plantarasin molekülleri kullanılarak COVID-19'un herhangi bir gelişim etkisine karşı koymak için kombine teknolojilerin geliştirildiği bildirilmiştir (Anwar vd. 2020).

İnterferonun, güçlü antiviral aktivite sergilediği ve mukozal hücrelerde virüslerin inhibe edilmesinde önemli bir rol oynadığı belirtilen bir çalışmada *Lactobacillus plantarum*'un probiyotik özellikleri nedeniyle gıda ve tıp endüstrilerinde önemli uygulama potansiyeline sahip olduğu ve yenilikçi uygulamalarda kullanılabileceği vurgulanmıştır. Aynı zamanda, rekombinant *L. plantarum*'un domuz salgını ishal virüsü (PEDV) ve bulaşıcı gastroenterit virüsü (TGEV) enfeksiyonlarını baskıladığı da belirtilmiştir (Liu vd. 2020).

Yukarıda yapılan çalışmalar COVID-19 bulaş kaynağı olması muhtemel et ürünlerinin işleme yöntemleriyle korunacağını açıkça göstermektedir.

Tartışma ve Sonuç

Yapılan bu derleme çalışması koronavirüsünün gıda kaynaklı patojenik etkisinin önlenmesi amacıyla gıdaları ve su ürünlerini COVID-19'a karşı koruma yollarının önemine dikkat çekmektedir. Virüslerin faaliyet gösterebilmesi için canlı bir organizmaya ihtiyaç duydukları bu nedenle gıdalarda çoğalamadıkları ancak gıdaları vektör olarak kullanarak gıdaları tüketen kişilerde hastalığa neden olabildikleri bilinmektedir. Bu nedenle COVID-19 virüsü riskini önlemek için gıdaların ve su ürünlerinin virüs ile kontaminasyonu engellenmelidir. Tüketicilerin ise özellikle çiğ tüketilen gıdaları iyi temizlemeleri, çiğ halde tüketime uygun olmayan gıdaları ise uygun sıcaklıklarda pişirerek tüketmeleri gerekmektedir.

Balık satış yerlerinde, balık marketlerinde, pazarlarında, su ürünleri işletmelerinde, yemeğe hazır su ürünleri satış noktalarında, balık pişiricileri, midye dolma satış alanlarında hijyen ve sanitasyon kurallarına uyulması gerekmektedir. Temizlik ve dezenfektan kullanımının sağlanması, ürünlerin eldiven, maske, bone ve önlük giyilmiş hastalık taşımayan sınırlı sayıda personel tarafından hazırlanması/satışa sunulması sağlanmalıdır. İşleme teknolojisi uygulanmaksızın tüketilen veya tüketime hazır haldeki gıda ürünlerinin mutlaka paketler içerisinde tüketicilere ulaştırılmasının sağlanması gerekmektedir. Tüketicilerin de hijyen ve sanitasyon konusunda bilinçlendirilerek gıdalarda ve su ürünlerinde COVID-19'un kontaminasyonu ile ilgili bilgi sahibi olmaları sağlanabilir.

Alınabilecek bu önlemlere ilave olarak taze/işlenmiş su ürünlerine COVID-19'un bulaşmasını minimize edecek veya yok edecek yeni işleme teknik ve yöntemlerin geliştirilmesi ile virüsün ne şekilde elimine edilebileceği konularında çalışmaların yapılması önerilmektedir. Balık pazarlarında, marketlerde ve satış noktalarında kullanılan kontaminasyona aracı her türlü materyalin de antiviral özellikte tasarımı ve kullanımı gerçekleştirilebilir. Alternatif olarak antiviral özellikte yeni ambalaj materyallerinin veya kombine teknolojilerin geliştirilmesiyle virüslerin su ürünlerine ve ambalaj materyallerine bulaşmaları engellenebilir.

COVID-19 salgını tüm sektörleri olduğu gibi su ürünleri sektörünü de etkilemiştir. Bu nedenle ileride de salgın hastalık, deprem gibi doğal afetler ile karşılaşılması durumunda gıda ve su temini açısından sıkıntı yaşanmaması için su kaynaklarımızı korumak, geliştirmek ve gıda kaynaklarını arttırmak yönünde

çalışmalar yapılmalıdır. Gıda açısından besin değeri yüksek, biyoteknolojik olarak üretilen kolay tüketilebilir, güvenilir gıda ürünlerinin yenilikçi teknolojiler ile üretiminin arttırılmasına önem verilmeli ve bu konuda yapılacak çalışmalar desteklenmelidir.

Kaynaklar

- Anonim 2020a. Uludağ İhracatçı Birlikleri. COVID-19'un E-Ticaret Üzerindeki Etkileri. [Erişim tarihi: 29 Eyl 2020].
<https://uib.org.tr/tr/kbfile/covid-19un-e-ticaret-uzerindeki-etkileri>
- Anonim 2020b. Gıda Üretim Tesisleri için COVID-19 ile Mücadele ve Hijyen Rehberi. Gıda Güvenliği Derneği. [Erişim tarihi: 29 Nis 2020]. Erişim Adresi: https://ggd.org.tr/wp-content/uploads/2021/05/ggd_covid19_gida_uretimi_rehberi.pdf
- Anonim 2020c. Diagnosis and treatment plan for pneumonitis caused by new coronavirus (trial version 5). National Health Committee of the People's Republic of China. [Erişim tarihi: 11 Haz 2020].
<http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7653p/202002/3b09b894ac9b4204a79db5b8912d4440.shtml>
- Anonim 2020d. FAO Gıda Görünüm Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü. [Erişim tarihi: 29 Tem 2020]. Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/ABDGM/Belgeler/Haber%20B%C3%BClteni/ABDGM%20Haber%20B%C3%BClteni%20Haziran%202020.pdf>
- Anonim 2020e. KOVİD-19 (SARS-CoV-2) Virüsünün Bulaşma Riskinin Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Perspektifinden Değerlendirilmesi. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. [Erişim tarihi: 29 Nis 2020]. Erişim Adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/covid%20-19%20arde%20duyuru/KS_Covid_19_Raporu.pdf
- Anonim 2020f. Gıda İşletmelerinde Alınacak Koronavirüs Tedbirleri. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. [Erişim tarihi: 24 Ara 2020]. Erişim Adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=52>
- Anwar F, Altayb HN, Al-Abbasi FA, Al-Malki AL, Kamal MA, Kumar V. 2020. Antiviral effects of probiotic metabolites on COVID-19. J Biomol Struct Dyn. 39(11):4175-4184.
doi: 10.1080/07391102.2020.1775123.
- Bosch A, Gkogka E, Le Guyader FS, Loisy-Hamon F, Lee A, van Lieshout L, Marthi B, Myrmet M, Sansom A, Schultz AC, Winkler A, Zuber S, Phister T. 2018. Foodborne viruses: Detection, risk assessment, and control options in food processing. Int J Food Microbiol. 285:110-128.
doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.001
- Can MF, Şimşek E, Demirci A, Demirci S, Akar Ö. 2020. The evaluation of the early impacts of the COVID-19

- pandemic on the export of fishery commodities of Turkey. *Mar Life Sci.* 2(1): 18-27.
- Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, Dulebohn SC, Di Napoli R. 2020. Features, Evaluation and Treatment Coronavirus (COVID-19). Treasure Island (FL) USA: StatPearls Publishing 21 s.
- Çiftçi E, Çoksüer F. 2020. Yeni koronavirüs enfeksiyonu: COVID-19. *Flora.* 25(1):9-18.
doi: 10.5578/flora.202002
- FAO 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Novel Coronavirus (COVID-19); [Erişim tarihi: 29 Nis 2020]. Erişim Adresi: <http://www.fao.org/2019-ncov/q-and-a/impact-on-fisheries-and-aquaculture/en/>
- Genç E, Kaya D, Atalay MA, Kanyılmaz M. 2020. Covid-19 Pandemisinin Su Ürünleri Sektörüne Etkileri: Kısa Değerlendirme. *Turkish Journal of Bioethics.* 7(3):162-167.
doi: 10.5505/tjob.2020.06025
- Genkin AS, Mikheev AA. 2020. Influence of coronavirus crisis on food industry economy. *Foods and Raw Materials.* 8(2):204-215.
doi: 10.21603/2308-4057-2020-2-204-215
- Giacomelli A, Pezzati L, Conti FL, Bernacchia D, Siano M, Oreni L, Rusconi S, Gervasoni C, Ridolfo AL, Rizzardini G, Antinori S, Galli M. 2020. Self-reported olfactory and taste disorders in SARS-CoV-2 patients: a cross-sectional study. *Clin Infect Dis.* 71(15): 889-890.
doi: 10.1093/cid/ciaa330.
- Goli, M. 2020. Review of novel human β -coronavirus (2019-nCoV or SARS-CoV-2) from the food industry perspective. Appropriate approaches to food production technology. *Food Science and Nutrition.* 8(10): 5228-5237.
doi: 10.1002/fsn3.1892
- Guan W, Ni Z, Hu Y, Liang W. Ou C, He J, Liu L, Shan H, L C, Hui DSC, Du B, Li L, Zeng G, Yuen KY, Chen R, Tang C, Wang T, Chen P, Xinang J, L, sy, Wang J, Liang Z, Peng Y, Wei L, Liu Y, Hu Y, Peng P, Wang J, Liu J, Chen Z, Li G, Zheng Z, Qiu S, Luo J, Ye, S, Zhong N. 2020. Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019 in China. *New Eng J Med.* 382(18): 1-14. 1708-1720.
doi: 10.1056/NEJMoa2002032
- Lau SKP, Lau CCY, Chan KH, Li CPY, Chen H, Jin DY, Chan JFW, Woo PCY, Yuen KY. 2016. Delayed induction of proinflammatory cytokines and suppression of innate antiviral response by the novel Middle East respiratory syndrome coronavirus: implications for pathogenesis and treatment. *J Gen Virol.* 94(12):2679-2690.
doi: 10.1099/vir.0.055533-0
- Liu Y, Liu Q, Jiang Y, Yang W, Huang H, Shi C, Yang G, Wang C. 2020. Surface-Displayed Porcine IFN- λ 3 in *Lactobacillus plantarum* Inhibits Porcine Enteric Coronavirus Infection of Porcine Intestinal Epithelial Cells. *J Microbiol Biotechn.* 30(4):515-525.
doi: 10.4014/jmb.1909.09041
- Luo S, Zhang X, Xu H. 2020. Don't Overlook Digestive Symptoms in Patients With 2019 Novel Coronavirus Disease (COVID-19). *Clin Gastroenterol H.* 18(7):1636-1637.
<https://doi.org/10.1016/j.cgh.2020.03.043>.
doi: 10.1016/j.cgh.2020.03.043
- Netland J, Meyerholz DK, Moore S, Cassell M, Perlman S. 2008. Severe acute respiratory syndrome coronavirus infection causes neuronal death in the absence of encephalitis in mice transgenic for human ACE2. *J Virol* 82:7264-7275.
doi: 10.1128/JVI.00737-08
- Rodríguez-Lázaro D, Cook N, Ruggeri FM, Sellwood J, Nasser A, Nascimento MSJ, D'Agostino M, Santos R, Saiz JC, Rzezutka A, Bosch A, Gironés R, Carducci A, Muscillo M, Kovač K, Diez-Valcarce M, Vantarakis A, von Bonsdorff CH, de Roda Husman AM, Hernández M, van der Poel WHM. 2012. Virus hazards from food, water and other contaminated environments. *FEMS Microbiology Reviews.* 36(4):786-814.
doi: 10.1111/j.1574-6976.2011.00306.x
- Rokohl AC, Loreck N, Wawer Matos PA, Zwingelberg S, Augustin M, Dewald F, Grajewski RS, Klein F, Lehmann C, Heindl LM. 2020. More than loss of taste and smell: burning watering eyes in coronavirus disease 2019. *Clin Microbiol Infect.* 26(11):1560.e5-1560.e8.
doi: 10.1016/j.cmi.2020.08.018
- Sağdıç O, Kayacan S, Dertli E, Arıcı M. 2020. Gıda Güvenliği Açısından COVID-19 Etmeni SARS-CoV-2'nin Değerlendirilmesi ve Korunma Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* 18:927-933.
doi: 10.31590/ejosat.715223
- Sayın İ, Kart Yaşar K, Yazıcı ZM. 2020. Taste and Smell Impairment in COVID-19: An AAO-HNS Anosmia Reporting Tool-Based Comparative Study. *Otolaryng Head Neck.* 163(3):473-479.
doi: 10.1177/0194599820931820
- Sedaghat AR, Gengler I, Speth MM. 2020. Olfactory dysfunction: A highly prevalent symptom of COVID-19 with public health significance. *Otolaryng Head Neck.* 163(1):12-15.
doi: 10.1177/0194599820926464
- Shariatfar N, Molaee-aghaee E. 2019. A Novel coronavirus 2019 (COVID-19): Important tips on food safety. *Journal Food Safety Hygiene.* 5(1):58-59.
doi: 10.18502/jfsh.v5i1.3886
- Tanrikul TT. 2020. COVID-19 Sürecinin Ekonomik Olarak Su Ürünleri Sektörü ve Ekoturizme Etkileri: [Erişim tarihi: 29 Tem 2020]. Erişim Adresi: <https://kalkinmaguncesi.izka.org.tr/index.php/2020/07/28/covid-19-surecinin-ekonomik-olarak-su-urunleri-sektoru-ve-ekoturizme-etkileri/>.
- Tayar M. 2020. Gıda Güvenliği ve COVID-19. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni.* 11(2): 61-71
doi: 10.38137/vetfarmatoksbulen.765700
- Torun Kayabaşı E. 2020. COVID-19'un Tarımsal Ürünlere Etkisi. *Eurasian Journal of Researchers in Social and Economics.* 7(5):38-45.
- WHO 2021. World Health Organization. [WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard] [Erişim tarihi: 15 Kas 2021]. Erişim Adresi: <https://covid19.who.int/>

- WHO. 2020. World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when Novel coronavirus (2019-nCoV) infection is suspected; [Erişim tarihi: 29 Nis 2020]. Erişim Adresi: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/330893/WHO-nCoV-Clinical-2020.3-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Young BE, Ong SWX, Kalimuddin S, Low JG, Tan SY, Loh J, Ng OT, Marimuthu K, Ang LW, Mak TM, Lau SK, Anderson DE, Chan KS, Tan ty, Ng TY, Cui L, Said Z, Kurupatham L, Chen MC, Chan M, Vasoo S, Wang LF, Tan BH, Lin PTP, Lee VJM, Leo YS, Lye DC. 2020. Epidemiologic features and clinical course of patients infected with SARS-CoV-2 in Singapore. *JAMA*. 323(15):1488-1494. doi: 10.1001/jama.2020.3204
- Yücel Şİ, Kırmızıgül A, Kılıç G, Öztürk B. 2020. Gıda İşletmelerinde Covid-19 Salgınına Yönelik Alınması Gereken Önlemler ve Etkin Dezenfeksiyon Uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Dergisi*. 45(4): 646-664 doi: 10.15237/gida.GD20075
- Zhang H, Liao YS, Gong J, Liu J, Xia X, Zhang H. 2020b. Clinical characteristics of coronavirus disease (COVID-19) patients with gastrointestinal symptoms: A report of 164 cases. *Digest Liver Dis*. 52(10):1076-1079. doi: 10.1016/j.dld.2020.04.034
- Zhang J, Dong X, Cao Y, Yuan Y, Yang Y, Yan Y, Akdis CA, Gao Y. 2020a. Clinical characteristics of 140 patients infected with SARS-CoV-2 in Wuhan, China, *Allergy*. 75(7):1730-1741. doi: 10.1111/all.14238