



***Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] (Chlorophyta) Suşlarının Kesikli Kültür Sisteminde Yıgün Kültürlerinin Üretimi Üzerine Bir Çalışma**

Dilek YALÇIN DUYGU*

Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi, Orta Öğretim Fen ve Matematik Alanları, Ankara, Türkiye

Öz

Bu çalışmada, tatlısu birikintilerinde yaygın olarak bulunan, tek hücreli bir yeşil alg olan *Chlorella vulgaris* türünün izolasyonu, kültür koşullarının oluşturulması ve yoğun kültürlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. *C. vulgaris* gıda, kozmetik ve eczacılık sektöründe kullanıldığı gibi, son yıllarda biyodizel üretiminde ve atık suların arıtımında da umut verici hale gelmiştir. Tatlısu birikintilerinden izole edilen *C. vulgaris* suşları kesikli kültür sistemi oluşturularak, 100, 200, 500, 1000, 2000 ve 4000 ml'lik hacimlerde üretimi yapılmıştır. Suşların başlangıç inokulum miktarı, uygun pH, sıcaklık, havalandırma gibi etmenler denenerek optimum kültür koşulları oluşturulmuştur. 4000 ml'lik yoğun kültürlerin 120. saatte yapılan hücre sayımlarında en yüksek değer AUFFH suşunda $6,8 \times 10^4$ h/ml olarak tespit edilmiş bu suşu sırasıyla; TOH $6,7 \times 10^4$ h/ml, UIK $6,3 \times 10^4$ h/ml, GURH $6,2 \times 10^4$ h/ml ve GUMSH $6,1 \times 10^4$ h/ml suşları izlemiştir. Yaşı ağrılıkları açısından 4000 ml'lik yoğun kültürler için yine AUFFH 152 (g/2000 ml) ile en yüksek miktar elde edilirken onu sırasıyla TOH 129,6 (g/2000 ml), GURH 120,8 (g/2000 ml), GUMSH 84,3 (g/2000 ml), UIK 48,8 (g/2000 ml) takip etmiştir.

Anahtar kelimeler: *Chlorella vulgaris*, mikroalg, yoğun kültür, kesikli kültür sistemi

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 23.12.2016



Düzelte : 30.03.2017

Kabul : 07.04.2017

Yayım : 21.08.2017

DOI: 10.17216/LimnoFish.280547

*** SORUMLU YAZAR**

dilekduygu06@hotmail.com

Tel : +90 532 328 21 47

A Study on the Production of Batch Cultures in Semi-Continuous Culture System of *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] (Chlorophyta) Strains

Abstract: In this study, it is aimed to isolate *Chlorella vulgaris* strain, a single-celled green algae that is common in freshwater deposits, to establish culture conditions and to obtain batch cultures. *C. vulgaris* has been used in food, cosmetics and pharmaceutical industries as well as become encouraging for the production of biodiesel and the treatment of wastewater in recent years. *C. vulgaris* strains isolated from freshwater deposits were cultivated in a semi-continuous culture system of 100, 200, 500, 1000, 2000 and 4000 ml. Subsequently growth factors such as initial inoculum amount of the strains, appropriate pH, temperature and ventilation were tested in order to optimize the conditions. The highest value in the cell counts of 4000 ml batch cultures at the 120th hours was determined as 6.8×10^4 h/ml in AUFFH strain respectively the others were as follows: TOH 6.7×10^4 h/ml, UIK 6.3×10^4 h/ml, GURH 6.2×10^4 h/ml and GUMSH 6.1×10^4 h/ml. The highest amount in terms wet weight for 4000 ml batch cultures was obtained as AUFFH 152 (g/2000 ml), this value was followed by TOH 129.6 (g/2000 ml), GURH 120.8 (g/2000 ml), GUMSH 84.3 (g/2000 ml), UIK 48.8 (g/2000 ml).

Keywords: *Chlorella vulgaris*, microalgae, batch culture, semi-continuous system

Alıntılama

Yalçın Duygu D. 2017. *Chlorella vulgaris* Beyerinck [Beijerinck] (Chlorophyta) Suşlarının Kesikli Kültür Sisteminde Yıgün Kültürlerinin Üretimi Üzerine Bir Çalışma. LimnoFish. 3(2): 61-67. doi: 10.17216/LimnoFish.280547

Giriş

Mikroalgler, karbondioksiti güneş enerjisi yardımı ile biyokimyasal maddelere dönüştürebilme yeteneğine sahip olan fotosentetik mikroorganizmalardır. Bunu da karasal bitkilerden 10 kat fazla verimle yerine getirmektedirler (Murdock ve Wetzel 2009; Brennan ve Owende 2009). 50.000'den fazla mikroalg türü bulunmakla

birlikte, bunların yaklaşık 30.000'i üzerinde çalışılmış analiz edildiği tahmin edilmektedir (Richmond 2004). Mikroalg kültürleri sadece yetişiricilikle uğraşanların değil, aynı zamanda bitki fizyologları ve biyomühendislerin uzun yıllar boyunca özel ilgi duydukları ve çalışıkları bir konu olmuştur. Fotosentezi yapmak amacıyla tek hücreli yeşil algerden *Chlorella*'nın deneylerde kullanılmasından

sonra, bazı mikroalglerin de gün içinde biyokütlelerini defalarca artırabildikleri ve katı maddelerinin %50'den fazla proteinden oluştuğu bulunmuştur. Almanya'da 1940'ların başında mikroalglerin büyük miktarlarda üretilmesi için araştırmalar yapılmış, takip eden yıllarda çeşitli ülkelerde alglerin büyük ölçekli üretiminde verim, kimyasal kompozisyon ve azot fiksasyonu konularında çalışılmıştır (Cirik ve Gökpınar 1993). Son yıllarda, Asya'da geniş ölçekli mikroalg özellikle *Chlorella* sp. fabrikalarda üretilmekte, genellikle sağlık gıdası olarak kültürleri yapılmaktadır. Otrotrofik, miksotrofik ve heterotrofik metodlar ile bunların kombinasyonlarıyla üretim sistemleri kurulmuş olup, üretim maliyetleri bakımından her bir sistemin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmektedir (Iwamoto 2004; Vaiciulyte vd. 2014). Halen araştırmacılar, başta biyodizel üretimi olmak üzere gıda, kozmetik, su ürünleri yetiştirciliği, eczacılık, atık su arıtımı, anti-tümör ve anti-bakteriyel bileşikler gibi ekonomik değerleri yüksek içeriklerinden dolayı mikroalg türleri üzerinde çalışmalarına devam etmektedirler (Borowitzka ve Borowitzka 1988; Cohen 1999; Rasmussen vd. 2007; Hosikian vd. 2010).

Chlorella; proteinince zengin olması (kuru ağırlığının yaklaşık %70'i), çeşitli vitaminler (B₁₂, B₁, B₂, pantotenik asit, niasin, tokoferon) içermesi açısından insan gıdası ve hayvan yemi olarak kullanılması, ürettiği pigment maddelerinin (karotenler, ksantofiller) hayvan dokularına, kümeme hayvanlarının yumurtalarına sarı renk kazandırması, çeşitli antibiyotikler (korellin) içermesi ve oksidasyon kapasitelerinin yüksek olması açısından önem taşıyan bir mikroalg türüdür (Santhosh vd. 2016). Son yıllarda, immobilize *C. vulgaris*'in ağır metal emilimi üzerinde yapılan çalışmalar başarılı sonuçlar vermiş olup, atık suların temizlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır (Chu vd. 2009; Ruiz-Marin vd. 2010). *C. vulgaris* en hızlı üreyen yeşil mikroalg olarak bilinmektedir. Çeşitli besi ortamları ve farklı kültür koşullarında, içeriğindeki yağ miktari artırılarak biyodizel üretimi konusundaki çalışmalar halen devam etmektedir (Vaiciulyte vd. 2014; Al-lwayzy vd. 2014; Aguoru ve Okibe 2015; Hamed vd. 2016). Mikroalg yetiştirciliğinde, farklı besi ortamları ve kültür tekniklerinin kullanılması ile ilgili araştırmaların çoğalması hem bilim dünyası hem de çeşitli sanayi dalları için önem taşımaktadır. Bu nedenle, çalışmamız *C. vulgaris* suşlarının izole edilmesi, uygun kültür koşullarının oluşturularak laboratuvar şartlarında üretilip yiğin kültürlerinin yetiştirilmesi ve bu değerli doğal kaynağın ülkemiz sanayisine kazandırılması için bir ön çalışma olarak amaçlanmış ve yürütülmüştür.

Materiyal ve Metot

İzolasyon

Çalışmamızda kullandığımız *C. vulgaris* suşları Ankara'daki farklı havuzlardan ve su birikintilerinden toplanan örneklerden izole edilmiştir. Suşların izolasyonunda tek koloniden üretme temeline dayalı saf kültür elde etme yöntemi kullanılmıştır (Parvin vd. 2007; CSIRO 2016). Toplanan örnekler laboratuvar ortamında ön zenginleştirme için sıvı besiyerine ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$ -2,50 g, KNO_3 -5,0 g, KH_2PO_4 -1,25 g, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ -0,009 g, Distile Su-1000 ml) alınmıştır. Birkaç gün sonra lam üzerine örnekler alınıp mikroskopta *C. vulgaris*'in karakteristik sporları tür teşhis anahtarı kullanılarak tespit edilmiştir (Prescott, 1973). Daha sonra kültürler (KNO_3 -2,5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ -1,250 g, KH_2PO_4 -0,62 g, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ -0,009 g, Agar-5 gr, Distile Su-500 ml) bileşiminden oluşan katı besi ortamlarına ekilmiştir. Agar plakları üzerinde üreyen *C. vulgaris* kolonileri tekrar ön zenginleştirme besi ortamina alınarak saf kültürleri elde edilmiştir.

Kültür Koşulları

Yiğin kültürlerin süspansiyon halinde tutulması için bir akvaryum motoru ile kültürler hava verilmiştir. Kültürlerin ışık ihtiyaçları yapay ışıklandırma ile gerçekleştirilmiştir. ışık kaynağı ($150 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) kültürlerden 22 cm uzaklığı, yatay şekilde, arkadan verilmek suretiyle yerleştirilmiştir. Kürtlere 16:8 aydınlatma/karanlık periyodu uygulanmış ve 22-25°C'de oda sıcaklığında yetiştirilmiştir.

Yiğin Kürtlere Yetişirilmesi

Çalışmaların başlangıcında inoculum miktarının tespiti için 10 ml'lik besiyerlerine seri (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) ekimler yapılmıştır. Uygun kültür koşullarında inkübasyona bırakılan kültürlerden üreme olan ve olmayan tüpler kaydedilmiş ve (10^{-1}) dilüsyon tüplerinde verimli üreme tespit edilmiştir. İnkulum miktarının tespit edilmesiyle 9 ml besiyeri +1 ml süspansıe kültür olacak şekilde ekimler gerçekleştirilmiştir. Yiğin kültürlerin ekimlerine 100 ml ile başlanılmış, ardından 200 ml, 500 ml, 1000 ml, 2000 ml ve 4000 ml olacak şekilde küçük hacimden büyük hacime doğru gidilmiştir. Yiğin kültürlerin ürteminde Bold Wynne besi ortamı ($NaNO_3$ -0,250 g; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ -0,075 g; K_2HPO_4 -0,075 g; KH_2PO_4 -0,0175 g; $NaCl$ -0,025 g; $CaCl_2 \cdot H_2O$ -0,025 g; Distile Su-1000 ml) kullanılmıştır. *C. vulgaris* kültürlerinin kodlamaları ve alındıkları ortamlar; Gazi Üniversitesi Rektörlük Havuzu (GURH), Gazi Üniversitesi Mediko Sosyal Havuzu (GUMSH), Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Havuzu (AUFFFH), Turizm Otelcilik Havuzu (TOH), Ulus İnşaat Kuyusu (UIK) şeklindedir.

Mikroalg Büyümeyinin Ölçümü

Hücre yoğunlukları, Thoma lamindaki 16 kareye düşen hücrelerin sayımıyla tespit edilmiştir. Hücre sayımları ekim işleminin başlangıcında (0), (24), (48), (96) ve (120) saatlerde yapılmıştır. Hücre yoğunlukları (Guillard ve Sieracki 2005)'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

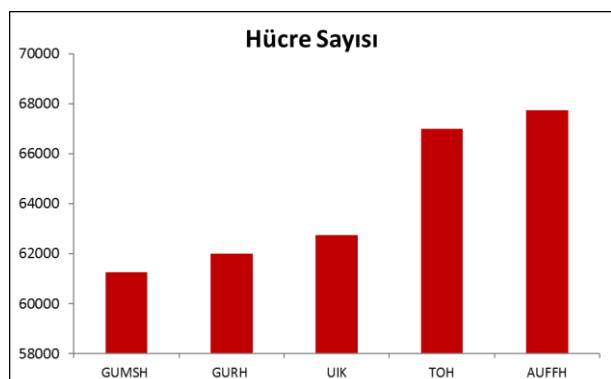
$$\text{Hücre sayısı} = \frac{\left(\frac{16 \text{ kareye düşen}}{\text{toplam hücre sayısı}} \right) \times 4000 (1 \text{ karenin hacmi})}{16}$$

Verim saptamalarının tayin edilmesi kültürlerin ekiminin 7. gününde yaş ağırlıklarının ölçülmesiyle yapılmıştır. 100 ml'lik kültürlerden 50 ml, 200 ml'lik kültürlerden 100 ml, 500 ml'lik kültürlerden 250 ml, 1000 ml'lik kültürlerden 500 ml, 2000 ml'lik kültürlerden 1000 ml, 4000 ml'lik kültürlerden 2000 ml alınarak santrifüj edilmiştir. Elde edilen süpernatant etüvde belli süre bekletilip fazla olan sıvı kısmı uçurulmuş, hassas terazide ölçülererek yaş ağırlıkları tayin edilmiştir (Borçaklı 1987).

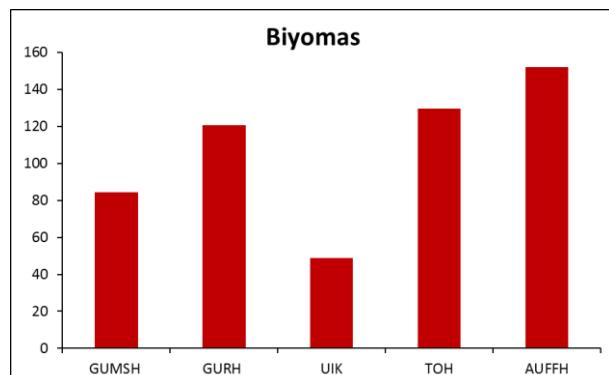
Bulgular

C.vulgaris suşlarının hücre sayıları ve biyomas sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Ekimi takip eden saatler boyunca hücre sayıları sürekli artarak devam etmiştir. Ortamdaki besiyeri hücreler tarafından yaklaşık 20 günde tüketilmiş ve besiyeri seviyesi düşmüştür. Hücre sayıları ilk aşılama miktarına bağlı olarak artmış, biyomas ağırlıkları ise ekimi yapılan hacimlere göre, ortamda yetişme hızlarına ve ortama alışma sürelerine göre farklılık göstermiştir. En yüksek hücre yoğunluğu ve biyomas miktarı 4000 ml'lik hacim için AUFFH suşunda tespit edilmiştir. AUFFH suşunun hücre yoğunluğu $6,8 \times 10^4$ h/ml, biyomas miktarı 152 (g/2000 ml) olarak bulunmuştur (Şekil 1 ve 2).

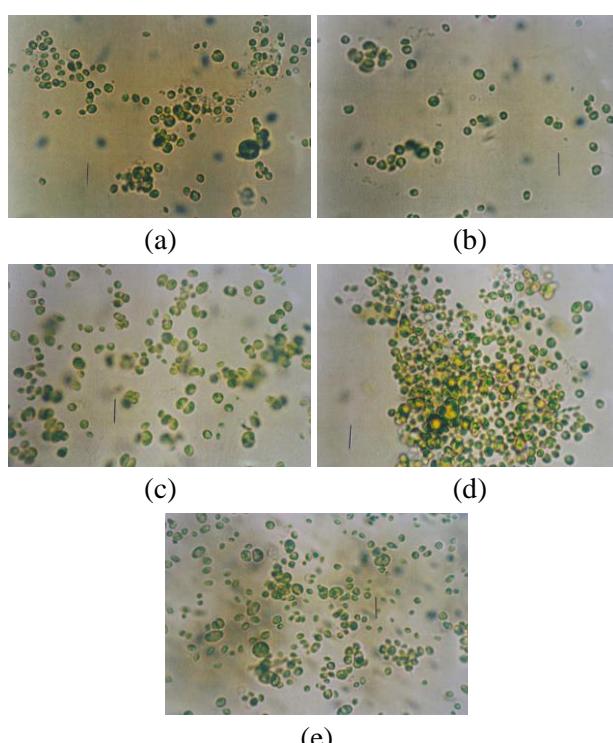
C. vulgaris suşlarının ekimi takiben 7. günde ışık mikroskobunda yapılan incelemelerine ait fotoğraf çekimleri Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 1. 4000 ml kültürlerin hücre sayımları



Şekil 2. 4000 ml kültürlerin yaş ağırlıkları



Şekil 3. Mikroskop Resimleri (10x40) (a) GURH; (b) GUMSH; (c) AUFFH; (d) TOH; (e) UIK

Tartışma ve Sonuç

C. vulgaris Chlorophyta divisio'suna mensup olup, 1890'da Beyerinck tarafından tek hücreli, 1-6 μ arasında değişen boyutlarda, elipsoid, küresel veya düz hücrelerden oluşan, normalde sadece tek kromatoforlu olarak tanımlanmıştır. Beyerinck tarafından tanımlanmasından bu yana bu tanımlama çok az değişmiştir (Shihira 1965). Nitekim Prescott (1968, 1973) ve Baydar (1990) tarafından *C. vulgaris* hücreleri küremsi, 5-8 μ ila 5-10 μ büyülükte, kloroplast peridental, fincal, bazen prenoidsiz, diğer algler arasında yayılmakta veya bazen yaklaşık saf yetişmiş olarak bulunmakta olup morfolojik olarak da kokkoid tipe girdiği ifade edilmiştir.

Tablo 1. *C.vulgaris* Suşlarının Hacimlere Göre Hücre Sayıları ve Biyomas Ağırlıkları

Kültürler	Hacim (ml)	Saatlere Göre Hücre Miktarı (h/ml)					Biyomas
		0	24	48	96	120	
GURH	100	$3,6 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$5,8 \times 10^4$	1,3 (g/50 ml)
	200	$3,9 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4$	3,5 (g/100 ml)
	500	$3,4 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	3,5 (g/250 ml)
	1000	$3,3 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	5,8 (g/500 ml)
	2000	$2,3 \times 10^4$	$3,1 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	12,6 (g/1000 ml)
	4000	$2,9 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4$	120,8 (g/2000 ml)
GUMSH	100	$3,9 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4$	1,9 (g/50 ml)
	200	$3,5 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	2,8 (g/100 ml)
	500	$3,3 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	5,7 (g/250 ml)
	1000	$2,8 \times 10^4$	$2,9 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	8,3 (g/500 ml)
	2000	$2,2 \times 10^4$	$2,7 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	19,0 (g/1000 ml)
	4000	$3,2 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	84,3 (g/2000 ml)
AUFFH	100	$4,3 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$6,5 \times 10^4$	1,1 (g/50 ml)
	200	$4,1 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$5,7 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4$	1,8 (g/100 ml)
	500	$4,3 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	3,6 (g/250 ml)
	1000	$2,7 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	7,0 (g/500 ml)
	2000	$3,9 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$5,5 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	$6,7 \times 10^4$	43,0 (g/1000 ml)
	4000	$4,2 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4$	$6,8 \times 10^4$	152,0 (g/2000 ml)
TOH	100	$3,3 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	0,7 (g/50 ml)
	200	$3,6 \times 10^4$	$4,1 \times 10^4$	$4,4 \times 10^4$	$4,6 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	1,4 (g/100 ml)
	500	$2,7 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	4,7 (g/250 ml)
	1000	$3,2 \times 10^4$	$4,3 \times 10^4$	$5,1 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$5,8 \times 10^4$	8,3 (g/500 ml)
	2000	$3,4 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$5,8 \times 10^4$	$6,6 \times 10^4$	62,2 (g/1000 ml)
	4000	$3,5 \times 10^4$	$3,9 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4$	$6,7 \times 10^4$	129,6 (g/2000 ml)
UIK	100	$3,4 \times 10^4$	$3,8 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	0,6 (g/50 ml)
	200	$4,1 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$5,6 \times 10^4$	$6,1 \times 10^4$	2,0 (g/100 ml)
	500	$4,1 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$4,9 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$6,2 \times 10^4$	5,9 (g/250 ml)
	1000	$2,5 \times 10^4$	$3,2 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$4,7 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	11,7 (g/500 ml)
	2000	$3,4 \times 10^4$	$4,2 \times 10^4$	$5,2 \times 10^4$	$5,9 \times 10^4$	$6,9 \times 10^4$	29,4 (g/1000 ml)
	4000	$3,1 \times 10^4$	$3,7 \times 10^4$	$4,5 \times 10^4$	$5,3 \times 10^4$	$6,3 \times 10^4$	48,8 (g/2000 ml)

Laboratuvara mikroskop çalışmamız sırasında 10x40'lık objektifte, *C. vulgaris* hücrelerinin büyüklükleri 6 ila 10 μ arasında tespit edilmiştir. Bazı suşların diğerlerine göre daha küçükken bazılarının da daha büyük olduğu gözlenmiştir. GURH suşunda hücreler oldukça büyük ve yaklaşık 10 μ (Şekil 3a), GUMSH suşunda hücreler tipik kloroplasta sahip 10 μ (Şekil 3b), AUFFH suşunda hücreler 6 ila 10 μ arasında (Şekil 3c), TOH suşundaki hücreler 6 μ (Şekil 3d), UIK suşunda hücreler daha küçük, yoğun ve 5 μ (Şekil 3e) büyüklüğünde ölçülmüşlerdir.

Algelerin yaşama ortamlarının incelenmesi sonucunda bu organizmaların belirli besin maddelerine gereksinim duydukları kesin olarak ortaya çıkarılmıştır. Yapılan çalışmalara göre algler karbon, azot, fosfor, kükürt, magnezyum, sodyum,

potasyum, demir, mangan, iz elementler ve organik faktörlere gereksinim duymaktadırlar (Schenk vd. 2008; Kumar ve Das 2012; Feng vd. 2012). Araştırmamızda Bold Wynne besiyeri hazırlanmış, bu besi ortamında *C. vulgaris*'in maksimum üreme hızının yapılan deneyler sonucunda pH 6,5-7 aralığında olduğu tespit edilmiş ve çalışmalar bu pH aralığında yapılmıştır.

Alg kültürleri bir ışık kaynağına ihtiyaç duyarlar. Çünkü ışık fotosentezin enerji kaynağıdır. İşık yoğunluğuna karşı fotosentez hızı doğrusal bir şekilde artar. Yüksek ışık yoğunlukları fotosentezi inhibe eder, düşük yoğunlukları ise fotosentezi sınırlayıcı özelliğe sahiptir. Işığın yoğunluğu ve süresi kültürlerin verimliliği açısından önemlidir. Başlangıçta ışık yoğunluğuna paralel şekilde artan

organik üretim, kültürün daha ileri safhalarında sınırlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sınırlayıcı etki ortamdaki hücre konsantrasyonunun bir sonucu olarak hücrelerin birbirlerini gölgelemesi ve ışığa doygun hale gelen hücrelerin daha fazla ışık enerjisi kullanmaması nedeniyle olur (Borcaklı 1987; Benli ve Uçal 1990). Az yoğun kültürlerde gelen ışığın ancak %2'si 7 cm derinliğe inerken, orta yoğun kültürlerde bu oran %20 yani 3 cm'lik tabakalara ulaşabilir (Cirik ve Gökpınar 1993). Bu da kültürlerdeki verimi azaltmaktadır. Kültür uygulamaları suni aydınlatma kaynakları ile yürütülecekse, bunların güneş ışığına eşdeğer kaynaklar olmasına dikkat edilmelidir. Bu işlem için genellikle floresan lambalar (daylight veya COO-white) ve karanlık/aydınlık farklı periyotlar kullanılmaktadır (Amini vd. 2012). Yaptığımız çalışmalarda daylight floresan lambalar ($150 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) ile 16:8 aydınlık/karanlık periyodu uygulandığında maksimum üreme tespit edilmiştir.

Alg kültürlerinin biyolojik aktiviteleriyle ortam sıcaklıklarları arasında genel bir ilişki bulunmaktadır. Büyüme hızları belirli bir optimuma kadar sıcaklığı bağlı olarak artar. Ancak, bu noktadan sonra azalmaya başlar (Behrens 2005). Bu optimum pek çok deniz ve tatlısu türleri için 18-25 °C aralığındadır. Sabit sıcaklıktaki kültür koleksiyonu odaları genellikle 18 °C'de tutulur (Cirik ve Gökpınar 1993). Bu nedenle alg kültür salonlarındaki sıcaklığın kontrol edilmesi, düzensiz sıcaklık değişimlerini önlemek için önem taşımaktadır. Kültürlerimizin yetiştirdiği laboratuvar ortamında sıcaklık 22-25 °C olarak ölçülmüş ve bu sıcaklık değerinin sabit kaldığı tespit edilmiştir.

Güneş enerjisi sayesinde sulardaki yeşil bitkilerin oluşturduğu canlı madde biyomas olup, belli bir zamanda belirli bir alan veya hacimde üretilen canlı madde miktarı olarak ifade edilir. Kültürlerin kantitatif değerlendirilmesi hücre sayısı, optik yoğunluk, kuru veya yaş ağırlık, klorofil miktarı, organik karbon vb. gibi algal büyümeye ilgili parametrelerin hassas bir şekilde ölçülmesiyle elde edilir (Cirik ve Gökpınar 1993; Andersen 2005).

Algal büyümeyeeki karakteristik fazlar kesikli kültür teknigi ile yapılan kültürlerde görülebilir. Kültür ortamına aşılanan hücrelerin büyümeye başlamadan önce ortama uyum için bir duraklama devresi geçirmesi, sonra logaritmik bir şekilde artması, belli bir noktada büyümeyenin yavaşlayarak sabit bir evreye girmesi kesikli kültürlerde gözlenir (Chia vd. 2013; Hakalin vd. 2014). Belirli bir müddet sonra üremeye başlayan hücreler ortamdaki nutrientlerin tükenmesi ve büyümeyenin ulaştığı maksimum noktada ışığa doygun hücrelerin oluşması gibi faktörlerin etkisi ile hücrelerin ulaştıkları bir

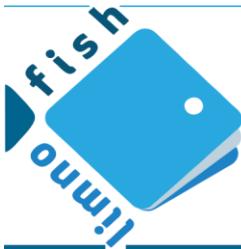
maksimumdan sonra büyume durmaktadır (Becker 1994). Önceki çalışmalarımızda 6 farklı besi yerinde 10 ml'lik tüplerin içerisinde *C. vulgaris* suşlarının yetiştirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma sonrasında en iyi üreme gösteren 5 suş ve hücre sayısı bakımından en iyi üredikleri besi ortamı olarak tespit edilen Bold Wynne yoğun kültür üretilmesi için seçilmiştir. 4000 ml'lik yoğun kültürlerin 120. saatte yapılan hücre sayımlarında en yüksek değer AUFFH suşunda $6,8 \times 10^4 \text{ h/ml}$ olarak tespit edilmiş, bu suşu sırasıyla TOH $6,7 \times 10^4 \text{ h/ml}$, UIK $6,3 \times 10^4 \text{ h/ml}$, GURH $6,2 \times 10^4 \text{ h/ml}$ ve GUMSH $6,1 \times 10^4 \text{ h/ml}$ suşları izlemiştir. Yağ ağırlıkları açısından 4000 ml'lik yoğun kültürler için yine AUFFH 152 (g/2000 ml) ile en yüksek miktar elde edilirken onu sırasıyla TOH 129,6 (g/2000 ml), GURH 120,8 (g/2000 ml), GUMSH 84,3 (g/2000 ml), UIK 48,8 (g/2000 ml) takip etmiştir. AUFFH, TOH, GUMSH ve GURH suşlarının hücre sayıları ve biyomas miktarları birbirlerine orantılı çıkmakla birlikte UIK suşunun hücre sayısı yüksek çıkarken biyomasının diğerlerine nazaran daha düşük çıktıgı gözlenmiştir. Bunun nedeninin UIK suşundaki hücrelerin üreme sonrası gelişen yeni genç hücreler olabileceği düşünülmektedir. Vaiciulyte vd. (2014) kültürlerin yağ içeriklerinin artırılması için farklı besi ortamları ile yaptıkları yoğun kültür üretimi çalışmalarında hücre sayılarını 230-250 (hücre $\times 10^6/\text{L}$), kuru ağırlıklarını 2,04-2,2 g/L olarak tespit etmişlerdir. Chia vd. (2013) yılında yaptığı çalışmada, hücre sayısının biyomas için önemli bir parametre olduğunu belirterek besi ortamına göre değiştigini ifade etmiştir. *C. vulgaris* ile yaptıkları bu çalışmada LC Oligo ortamından yüksek algal üreme ve hücre yoğunluğunu elde ettiklerini ($2.74 \times 10^6 \text{ hücre mL}^{-1}$) belirtmiştir. Bu sonuçlar bizim değerlerimiz ile paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak mikroalglerden elde edilen pigmentler (Hosikian vd. 2010), besin maddeleri ile tıbbi takviyeler (Rasmussen vd. 2007), ağır metallerin sulardan temizlenmesi (Chu vd. 2009; Ruiz-Marin vd. 2010), karbondioksit emisyonunun düşürülmesi ve biyodizel (Al-Iwayzy vd. 2014; Brennan ve Owende 2009) üretimi bu mikroorganizmaların ne kadar önemli olduklarını göstermektedir. Bu çalışmanın sonucunda kesikli kültür sisteminde mikroalg yetiştirciliği için gerekli koşulların araştırılarak sağlandığı, inokulum miktarının mikroalg büyümesindeki etkisi, farklı ışık/karanlık döngüleri, sıcaklık, pH ve besleyici ortam formülasyonları gibi diğer parametrelerin etkileri ile Bold Wynne besi ortamının hücre sayısı ve biyomas ağırlığını artırdığı gözlenmiştir. Böylece mikroalg türlerinin izole edilerek yetiştirilmesi için tecrübe kazanılmış ve farklı türlerin izolasyonu ve yetiştirilmesi çalışmalarına başlanmıştır.

Kaynaklar

- Aguoru CU, Okibe PO. 2015. Content and composition of lipid produced by *Chlorella vulgaris* for biodiesel production. Advances in Life Science and Tech. 36 (2015):96-100.
- Al-lwayzy SH, Yusaf T, Al-Juboori RA. 2014. Biofuels from the Fresh Water Microalgae *Chlorella vulgaris* (FWM-CV) for Diesel Engines. Energies 7(3):1829-1851.
[doi:10.3390/en7031829](https://doi.org/10.3390/en7031829)
- Amini KZ, Seyfabadi J, Ramezanzadeh Z. 2012. Effect of light intensity and photoperiod on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris*. Aquacult. Int. 20(1):41-49.
[doi: 10.1007/s10499-011-9440-1](https://doi.org/10.1007/s10499-011-9440-1)
- Andersen RA. 2005. Algal culturing techniques. Burlington: Elsevier Academic Press 578 p.
- Baydar S. 1990. Tohumsuz bitkiler sistemi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi 261 s.
- Becker EW. 1994. Microalgae: biotechnology and microbiology. New York: Cambridge University Press 293 p.
- Behrens PW. 2005. Photobioreactors and fermentors: the light and dark sides of growing algae. In: Andersen RA, editors. Algal culturing techniques, London: Elsevier Academic Press. p. 189-204.
- Benli HA, Uçal O. 1990. Deniz canlı kaynakları yetişirme teknikleri. Bodrum: T.C. Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Su Ürünleri Araştırma Ens. Müd. Seri A. Yayın no:3 105 s.
- Borcaklı M. 1987. Yeni gıda kaynağı olarak mikroalgler ve üretim yöntemleri. Kocaeli: TÜBİTAK MAM Beslenme ve Gıda Teknolojileri ile Soğutma Tekniği Araştırma Bölümü. Cilt 2. Yayın no:12. 73-86.
- Borowitzka MA, Borowitzka JL. 1988. Micro-algal biotechnology. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brennan L, Owende P. 2009. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing and extractions of biofuels and co-products. Renewable and Sustainable Energy Reviews 14(2):557-577.
[doi:10.1016/j.rser.2009.10.009](https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009)
- Chia MA, Lombardi AT, Melao MDG. 2013. Growth and biochemical composition of *Chlorella vulgaris* in different growth media. An Acad Bras Cienc. 85(4):1427-1438.
[doi: 10.1590/0001-3765201393312](https://doi.org/10.1590/0001-3765201393312)
- Chu WL, See TC, Phang SM. 2009. Use of immobilised *Chlorella vulgaris* for the removal of colour from textile dyes. J Appl Phycol. 21(6): 641-648.
[doi: 10.1007/s10811-008-9396-3](https://doi.org/10.1007/s10811-008-9396-3)
- Cirik S, Gökpinar Ş. 1993. Plankton Bilgisi ve Kültürü. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi 274 s.
- Cohen Z. 1999. Chemical from Microalgae. London: Taylor&Francis UK 419 p.
- CSIRO 2016. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation. Microalgal Isolation Techniques; [Erişim Tarihi: 29.11.2016]. Erişim Adresi:<http://www.marine.csiro.au/microalgae/methods/microalgal%20isolation%20techniques.htm>
- Feng P, Deng L, Hu F. 2012. Lipid accumulation and growth characteristics of *Chlorella zofingiensis* under different nitrate and phosphate concentrations. J Biosci Bioeng. 114(4):405-410.
[doi: 10.1016/j.jbiosc.2012.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2012.05.007)
- Guillard RRL, Sierachiki MS. 2005. Counting cells in cultures with the light microscope. In: Andersen RA, editors. Algal culturing techniques, London: Elsevier Academic Press. p. 239-252.
- Hakalin NLS, Paz AP, Aranda DAG, Moraes LMP. 2014. Enhancement of cell growth and lipid content of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. by optimizing nitrogen, phosphorus and vitamin concentrations for biodiesel production, Natural Science. 6(12):1044-1054.
[doi: 10.4236/ns.2014.612095](https://doi.org/10.4236/ns.2014.612095)
- Hamed S, Mahdavi MA, Gheshlaghi R. 2016. Improved lipid and biomass productivities in *Chlorella vulgaris* by differing inoculation medium from production medium. Biofuel Research Journal 10(2016):410-416.
[doi: 10.18331/BRJ2016.3.2.6](https://doi.org/10.18331/BRJ2016.3.2.6)
- Hosikian A, Lim S, Halim R, Danquah KM. 2010. Chlorophyll extraction form microalgae: A review on the process engineering aspects. International Journal of Chemical Engin. 2010:1-11.
[doi: 10.1155/2010/391632](https://doi.org/10.1155/2010/391632)
- Iwamoto H. 2004. Industrial production of microalgal cell-mass and secondary products-major industrial species *Chlorella*. In: Richmond A, editors. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. UK: Blackwell Science 255-263.
- Kumar K, Das D. 2012. Growth characteristics of *Chlorella sorokiniana* in airlift and bubble column photo-bioreactors. Bioresour Technol. 116:307-313.
[doi: 10.1016/j.biortech.2012.03.074](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.03.074)
- Murdock JN, Wetzel DL. 2009. FT-IR Microspectroscopy enhances biological and ecological analysis of algae. Appl. Spectros. 44(4):335-361.
[doi: 10.1080/05704920902907440](https://doi.org/10.1080/05704920902907440)
- Parvin M, Zannat MN, Habib MAB. 2007. Two important technique for isolation of microalgae. Asian Fisheries Science. 20(1):117-124.
- Prescott GW. 1968. The algae. Boston: Michigan State University p. 37-67.
- Prescott GW. 1973. Algae of the Western Great Lakes Area. Michigan: Michigan State University Department of Botany and Plant Pathology 1004 p.
- Rasmussen RS, Morrissey T, Steve LT. 2007. Marine biotechnology for production of food ingredients. Advances in Food and Nutrition Res. 52 (2007):237-292.
[doi: 10.1016/S1043-4526\(06\)52005-4](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(06)52005-4)
- Richmond A. 2004. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. 2nd ed. Australia: Blackwell Science Ltd. 719 p.
- Ruiz-Marin A, Mendoza-Espinosa L, Stephenson T. 2010. Growth and nutrient removal in free and immobilized green algae in batch and semi-continuous cultures treating real wastewater. Bioresource Techno. 101(1): 58-64.
[doi: 10.1016/j.biortech.2009.02.076](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.076)

- Santhosh S, Dhandapani R, Hemalatha NA. 2016. A Review on potential biotechnological applications of microalgae. *J App Pharm Sci.* 6(08): 179-184.
[doi: 10.7324/JAPS.2016.60829](https://doi.org/10.7324/JAPS.2016.60829)
- Schenk PM, Thomas-Hall SR, Stephens E, Marx UC, Mussgnug JH, Posten C, Kruse O, Hankamer B. 2008. Second generation biofuels: high-efficiency microalgae for biodiesel production. *BioEnergy Res.* 1(1):20-43.
[doi: 10.1007/s12155-008-9008-8](https://doi.org/10.1007/s12155-008-9008-8)
- Shihira I. 1965. Chlorella physiology and taxonomy of forty-one isolates. Maryland: University of Maryland, College Park 97 p.
- Vaiculyte S, Padovani, G, Kostkeviciene J, Carlotzzi P. 2014. Batch growth of *Chlorella vulgaris* CCALA 896 versus semi-continuous regimen for enhancing oil-rich biomass productivitiy. *Energies* 7(6):3840-3857.
[doi:10.3390/en7063840](https://doi.org/10.3390/en7063840)



Increasing Shelf Life of Sous-Vide Cooked Rainbow Trout by Natural Antioxidant Effective Rosemary: Basic Quality Criteria

Soner ÇETİNKAYA^{1*}, Şengül BİLGİN², Ömer Osman ERTAN²

¹ Eğirdir Fisheries Research Institute, Isparta, Türkiye

² Suleyman Demirel University, Eğirdir Fisheries Faculty, Isparta, Türkiye

ABSTRACT

In the study, the rosemary was applied as a natural antioxidant after grinding. Dust ground rosemary were applied on the fillet surface (0.1% percent of the fillets weight), and then were packaged with the vacuum and sous-vide processed. Every five days, chemical composition, pH, TVB-N, TBARS analyzes and sensorial assessment was carried out until the spoilage. The ash, moisture, protein, and lipid content of raw rainbow trout was $1.63 \pm 0.11\%$, $78.36 \pm 0.18\%$, $16.49 \pm 0.20\%$, and $3.37 \pm 0.30\%$, respectively. The pH value raw fish was 6.29 ± 0.01 . TVB-N values were determined between 12.86 ± 0.15 and 21.94 ± 0.29 mg/100g. in RAG. The highest TBARS value was determined as 0.80 ± 0.03 in RAG. Odor parameter was effective to deteriorate the decision of panelists for all the samples. The vacuum packaged fresh fish (VFF) was spoiled in the 10th days while, the rosemary untreated group (RUG) was spoiled in the 40th days, and rosemary applied group (RAG) was spoiled in the 45th days. With the rosemary treatment, the shelf life and acceptability of the samples was extended to at least 5 days. Also, applied rosemary as the natural antioxidant had no negative effects with regard to sensory and nutritional criteria.

Keywords: TVB-N, TBARS, sensorial assessment, chilled storage, spoilage

Doğal Antioksidan Etkili Biberiye ile Sous-Vide Pişirilmiş Gökkuşağı Alabalığının Raf Ömrünün Artırılması: Temel Kalite Kriterleri

Öz: Çalışmada, öğütülmüş biberiye doğal bir antioksidan olarak uygulandı. Yüzeyine toz halindeki biberiye uygulanan alabalık filetoları, vakumda paketlendikten sonra sous-vide işlemeye tabi tutuldu. Örnekler bozuluncaya kadar beş günde bir kimyasal kompozisyon, pH, TVB-N, TBARS analizleri ve duyusal değerlendirme yapıldı. Çalışmada kullanılan gökkuşağı alabalığı filetolarının kül, nem, protein ve lipid içeriği sırasıyla $\%1,63 \pm 0,11$, $\%78,36 \pm 0,18$, $\%16,49 \pm 0,20$ ve $\%3,37 \pm 0,30$ olarak belirlendi. Taze balık etinin pH değeri $6,29 \pm 0,01$ 'di. RAG'de TVB-N değerleri $12,86 \pm 0,15$ ile $21,94 \pm 0,29$ mg/100g arasında tespit edildi. En yüksek TBARS değeri RAG'de $0,80 \pm 0,03$ olarak belirlendi. Koku parametresi, tüm örnekler için panelistlerin bozulma kararı vermesinde belirleyici oldu. Vakum paketlenmiş taze balık (VFF) 10. günde bozulmuşken, biberiye ile muamele edilmemiş grup (RUG) 40. günde bozuldu ve biberiye uygulanan grup (RAG) 45. günde bozuldu. Biberiye muamelesiyle, numunelerin raf ömrü ve kabul edilebilirliği en az 5 güne kadar uzatılmıştır. Ayrıca, yapılan duyusal analizlere göre doğal antioksidan olarak uygulanan biberiyenin duyusal ve beslenme kriterleri açısından olumsuz bir etkisi olmadığı belirlendi.

Anahtar Kelimeler: TVB-N, TBARS, duyusal değerlendirme, soğuk depolama, bozulma

How to Cite

Çetinkaya S, Bilgin Ş, Ertan, ÖO. 2017. Increasing Shelf Life of Sous-Vide Cooked Rainbow Trout by Natural Antioxidant Effective Rosemary: Basic Quality Criteria. LimnoFish. 3(2): 69-77. doi: 10.17216/LimnoFish.318327

Introduction

The desire for a healthy and long life is a commonly accepted merit for humankind. The numbers of health problems are rising in both developed and developing countries with increasing population. The focused research on plant-based diets and functions of phytochemicals for nutrition and ageing brought clarity to progress (Poyrazoglu

and Velioğlu 2005; Meskin et al. 2008). The studies showed polyphenols and carotenoids have risk-reducing effects of certain cancers and cardiovascular diseases besides health-promoting properties (Meskin et al. 2008). So, those adverse effects were seen of artificial antioxidants, the need for natural antioxidants has increased and the work in this area has focused on plant-derived antioxidants (Diri

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Geliş : 02.06.2017

Düzelme : 31.07.2017

Kabul : 10.08.2017

Yayım : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.318327

*CORRESPONDING AUTHOR

cetinson_70@hotmail.com

Tel : +90 246 313 34 60

2006a). Recent years, a lot of studies were carried out about antioxidant and antimicrobial properties of rosemary had significant phytochemicals resource (Genena et al. 2008; Klančnik et al. 2009; Abramovic et al. 2012; Altinelataman et al. 2015; Azizkhani and Tooryan 2015).

Fisheries product is a significant natural source of unsaturated fatty acid like as DHA (22:6n-3) and EPA (20:5n-3) (Eseceli et al. 2006; Nollet and Toldrá 2010). But, lipid peroxidation is the most restrictive factor for shelf life of the fish oil. Also, it was admitted the most important factor for shelf life determination of those product if the microbiological effects omitted. Reaction products of lipid oxidation have an adverse effect on the sensorial properties of fish products. The secondary volatile products of oxidation, especially derived from unsaturated fatty acid (like as n-3 group) have adverse effect on the general appreciation even in low quantities (Nollet and Toldrá 2010).

Nowadays, consumers mostly prefer the food, that with fresh tasty, high-quality, low salt contain, non additives, and in a short prepared time. In accordance with those demands, had significantly increased of the production of ready to eat foods, of which minimally processed, and shelf life prolonged by cooling, and heatable with microwave oven, in the European and American markets. Such processed products, also consists sous-vide processed products, are called "new generation chilled products" (Novak et al. 2003).

The sous-vide technology is a pasteurization application for vacuumed foods. Using this technique, ensured the food shelf life with the cold storage, and therefore it has increased importance day to day. To apply this technology, the foods cook in a vacuum package with or without spices or sauces, and could be serviced after by heating with hot water or microwave oven. In this respect, the sous-vide technology or vacuum packed cooking technique is an application that can service to the catering sector. Also, for the preservation of rapidly perishable foods is very convenient. Because fisheries products are easily perishable foods, so, it is reported to be suitable for make packaging using this technology, by researchers (Mol and Özturan 2009).

There were reported that no adequate scientific studies about sous-vide treated fisheries products (Fagan and Gormley 2005; Mol and Özturan 2009). Also, the conducted studies were about microbiological properties of products. According to the results of those studies, any problem microbiologically was not seen, but the deterioration occurred along the storage period came true on the sensorial properties (Bolton 1998; Kılınç and Çaklı 2001; Lindström et al. 2003; Novak et al. 2003;

Garcia-Linares et al. 2004; Gonzales-Fandos et al. 2004; Gonzales-Fandos et al. 2005; Cobos and Diaz 2007; Diaz et al. 2008; Diaz et al. 2009; Shakila et al. 2009; Diaz et al. 2010;). So, in this study it was aimed to determination of changes on the quality properties, especially sensorial attributes, along the storage period. This study was carried out determination effects of rosemary as a natural antioxidant on the nutritional composition, and quality properties of rainbow trout, which cooked sous-vide method and cold stored.

Materials and Methods

Materials and sample preparation

This study was conducted on fresh, vacuumed, sous vide processed, and rosemary (*Rosmarinus officinalis* Linn. Lamiaceae) applied and sous vide processed fish groups. Totally 15 kg rainbow trout in the study were filleted, weighed, equally divided (150 g) (15 packets for every groups), and were kept in deep freezer (-18 °C) until usage (The average total length of the fish is 25 cm and the average weight is 250 gr). The rosemary is a plant, which have phenolic compounds. In this study, the rosemary (pine - leaf) was used as a natural antioxidant additive. The rosemary, reaped in a local garden, cleaned dust by the tap water. Than it was dried in the air flow and shadow place, and stored within non-permeable bags in the cool and shadow place until use. The vacuum bags (cast PP) were provided by a commercial company (Apack Ambalaj Makine Sanayi ve Tic. Ltd. Sti. in İstanbul-Türkiye). O₂ permeability of vacuum bag material is 22.56 cc/m²/day (24 °C), and one bag is 2.71 cc/day (24 °C). The CO₂ permeability of material is 95.64 cc/m²/day (24 °C), and one bag is 11.48 cc/day (24 °C). Also heat resistance of the material is -25/150 °C. Total thickness of one bag is 0.88 mm.

The fillets were melted under the tap water (the water temperature was 14 °C). Grounded rosemary (like dust) was weighed as 0.1% percent of the fillets weight (Selmi and Sadok 2008). Rosemary applied on the fillets surfaces then the fillets were put into the bag and vacuumed. The cooking was made in 85 °C benmari for 35 minutes (SVAC 1991; Peck 1997). Than, the packets were dipped in a bucket with 1/3 water and 2/3 iced, so rapidly cooled to 3-4 °C, in the 30 minutes. All packets were stored in the refrigerator at 3±1 °C until to spoil.

Analytical methods

Total antioxidant effect, free radical scavenging capacity and total phenolic content of rosemary was determined. Total antioxidant effect was determined by β-carotene-linoleic acid assay (Dapkevicius et al. 1998; Diri 2006a). Free radical scavenging capacity

was determined 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH system) (Tepe et al. 2005; Diri 2006b; Selmi and Sadok 2008). Total phenolic content was determined by Folin-Ciocalteu assay (Oktay et al. 2003; Diri 2006b).

The ash and total lipid analysis were conducted according to Lovell (1981). Moisture content was determined by AND MX-50 automatic moisture analysis (Oven Drying Method). Protein contents were determined by Velp UD-20 protein predigested unit and fully automatic Velp UDK 142 distillation unit by Kjeldahl methods (Nx6.25) (AOAC 2000). pH of the samples was measured with automatic pH meter (WTW 320 set digital) diluted by 1/10 (w/v) ratio (Varlik et al. 2007). Total volatile basic nitrogen (TVB-N) determined by a method had informed by Nicholas (2003). The thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) were analyzed using a method modified by Erkan and Özden (2007). Fatty acids analysis was conducted by Perkin Elmer Clarus 500 (GC) in fresh fish and RAG. For this purpose a flame ionization detector (FID) and a silica AGE colon (30m x 0.32 mm ID x 0.25 µm, BP20 0.25 UM, USA) and Supelco FAME 37 mix was used.

Sensorial analyses

Sensorial analyses were conducted with a hedonic scale (Huss 1995; Altuğ and Elmacı 2005; Diaz et al. 2009; Shakila et al. 2009). In the every session, the experienced 10 panelists were assessed the micro-wave heated 100 g samples descriptive and affective tests for color, smell, taste, texture, appearance, juiciness, general appreciation. If the group score equal to 2 points or lower were accepted had spoiled (Huss 1995; Altuğ and Elmacı 2005; Diaz et al. 2009; Shakila et al. 2009).

Statistical analyses

The analyses were conducted for fresh fish (FF), vacuum packaged fresh fish (VFF), the rosemary untreated group (RUG), and rosemary applied group (RAG) samples to observe changes along the storage period in every 5 days. All analyses and measurements were made triplicate. The data analyzed by ANOVA (Özdamar 2001) using SPSS 15 (95% confidence interval). The appeared differences for the treatments (0th day) on the stored samples had determined with Duncan test. Also, of the rosemary treatment effects determined by t test between RUG and RAG along the storage period, and marked on the tables as + (significant), and - (insignificant).

Results

The rosemary was used as a natural antioxidant in this study. Total antioxidant effect, free radical

scavenging capacity and total phenolic content of rosemary was determined as 97.76±1.92 %, 8.76±0.57 %, 128.95±0.00 mg/l gallic acid equivalent, respectively.

No significant effects were determined related to vacuuming, sous vide treatment, or sous vide treatment with rosemary application to the ash content of FF, VFF, RUG, and RAG group (Table 1). Solely, a significant difference was seen between RUG and RAG on the 15th day. No significant differences were seen in the in-group values along the storage period.

The moisture content of samples had not effected by the treatment or application. The highest and the lowest moisture values were obtained in the 35th storage days (Table 2). The differences between in the groups were found significant in the RUG and RAG along the storage period ($p\leq 0.05$).

The protein was affected by vacuuming and rosemary application significantly ($p<0.05$). The protein value had shown differences statistically significant ($p\leq 0.05$) for the RUG and RAG on the 15th, 30th, and 40th day (Table 3).

Significant differences statistically ($p\leq 0.05$) observed in the the total lipid values for intragroup and among the groups (Table 4). But, a significant statistical difference ($p>0.05$) was not seem between RUG and RAG.

The rosemary treatment affected the pH until to the 20th day (Table 5). Along the storage progresses, this effect was not observed. In the generally, the pH value of RAG had higher than RUG. The pH values of RAG had shown statistically significant change ($p\leq 0.05$) in the intragroup.

The application of rosemary and than vacuuming has shown decrease effect in the initial value of TVB-N. The TVB-N value of RUG had higher than the fresh samples in the first day. Statistically significant difference ($p\leq 0.05$) was seem between groups TVB-N value of both RUG and RAG (Table 6). But, application rosemary has statistically significant ($p\leq 0.05$) effect on the TVB-N value on the 0th day and 30th day.

In the initially, the TBARS value was close the each other for all groups. However, the changes in the TBARS value was found to be statistically no significant ($p>0.05$) in 0th day. Significant difference statistically ($p\leq 0.05$) had seen in the TBARS value of the intragroups and among the groups (Table 7).

The RAG group had preferred mostly for the color criteria. The smell criteria score was affective to taken in to the decision of spoilage of samples. The RUG achieved the highest taste score. When the sample had spoiled, the taste point has approached to the spoilage point, (Table 8).

Table 1. Ash contents of groups for storage days (%)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	1.63±0.11 ^a	1.62±0.02 ^{Aa}	1.86±0.45 ^{Aa}	1.73±0.23 ^{Aa}	-
5		1.57±0.02 ^A	1.85±0.03 ^A	1.82±0.12 ^A	-
10		1.65±0.03 ^A	1.55±0.03 ^A	1.61±0.13 ^A	-
15			1.55±0.04 ^A	1.94±0.05 ^A	+
20			1.78±0.13 ^A	1.93±0.14 ^A	-
25			1.83±0.09 ^A	1.84±0.06 ^A	-
30			1.75±0.03 ^A	1.86±0.07 ^A	-
35			1.85±0.01 ^A	1.74±0.09 ^A	-
40			1.74±0.06 ^A	1.66±0.08 ^A	-
45				1.64±0.06 ^A	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 2. Moisture contents of groups for storage days (%)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	78.36±0.18 ^a	78.80±0.40 ^{Aa}	78.83±0.23 ^{Aa}	78.41±0.06 ^{ABA}	-
5		78.52±0.48 ^A	76.69±0.82 ^{BE}	79.60±0.10 ^A	-
10		78.69±0.16 ^A	78.58±0.10 ^A	77.84±0.67 ^B	-
15			77.51±0.38 ^{AB}	78.39±1.14 ^{AB}	+
20			78.66±0.25 ^A	78.49±0.17 ^{AB}	-
25			78.56±0.25 ^A	79.72±0.02 ^A	-
30			78.13±0.89 ^{AB}	79.26±0.39 ^{AB}	-
35			76.55±0.89 ^B	79.79±0.34 ^A	-
40			78.33±0.31 ^{AB}	79.31±0.24 ^{AB}	-
45				78.86±0.21 ^{AB}	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 3. Protein contents of groups for storage days (%)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	16.49±0.20 ^{ab}	16.89±0.07 ^{Aa}	16.39±0.23 ^{Aab}	16.40±0.10 ^{Ab}	-
5		16.86±0.26 ^A	16.92±0.13 ^{AB}	16.54±0.13 ^{AB}	-
10		16.44±0.09 ^A	16.82±0.16 ^{AB}	16.95±0.28 ^{BC}	-
15			16.95±0.10 ^{AB}	16.59±0.06 ^{AB}	+
20			16.58±0.35 ^{AB}	16.93±0.37 ^{BC}	-
25			16.54±0.06 ^{AB}	16.53±0.05 ^{AB}	-
30			16.83±0.15 ^{AB}	17.72±0.11 ^D	+
35			17.03±0.05 ^B	16.91±0.19 ^{BC}	-
40			16.88±0.06 ^{AB}	17.35±0.09 ^{CD}	+
45				17.11±0.09 ^{BC}	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 4. Total lipid contents of groups for storage days (%)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	3.37±0.30 ^a	3.31±0.21 ^{Aa}	3.29±0.30 ^{Ba}	3.39±0.17 ^{Da}	-
5		3.42±0.82 ^A	2.65±0.00 ^{AB}	2.42±0.19 ^{AB}	-
10		3.48±0.18 ^A	3.05±0.57 ^{AB}	2.82±0.08 ^{BC}	-
15			2.59±0.09 ^C	2.46±0.14 ^E	-
20			2.39±0.08 ^{AB}	2.99±0.25 ^{CD}	-
25			2.58±0.27 ^{AB}	1.97±0.17 ^A	-
30			2.37±0.40 ^{AB}	1.95±0.17 ^A	-
35			2.42±0.23 ^{AB}	2.38±0.02 ^{AB}	-
40			2.14±0.35 ^{AB}	1.95±0.17 ^A	-
45				2.69±0.07 ^{BC}	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 5. The pH values of groups for storage days

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	6.29±0.01 ^a	6.30±0.27 ^{Ba}	6.46±0.01 ^{Ab}	6.54±0.02 ^{Cc}	+
5		6.39±0.01 ^C	6.61±0.01 ^B	6.13±0.07 ^A	+
10		6.05±0.01 ^A	6.76±0.01 ^D	6.84±0.01 ^G	+
15			6.91±0.00 ^E	6.93±0.00 ^H	+
20			6.71±0.01 ^C	6.73±0.01 ^F	-
25			6.70±0.01 ^C	6.69±0.01 ^{EF}	-
30			6.62±0.01 ^B	6.65±0.01 ^{DE}	-
35			6.61±0.01 ^B	6.59±0.00 ^{CD}	-
40			6.63±0.01 ^B	6.59±0.00 ^{CD}	+
45				6.46±0.01 ^B	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 6. The TVB-N values of groups for storage days (mg/100g)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	14.71±0.17 ^a	11.68±0.47 ^{Ac}	15.55±0.55 ^{Aa}	13.36±0.00 ^{ABb}	+
5		14.04±0.61 ^A	14.20±0.34 ^{AB}	13.36±0.67 ^{AB}	-
10		18.32±1.98 ^B	12.69±0.34 ^A	14.04±0.44 ^B	-
15			13.45±0.22 ^A	12.86±0.15 ^A	-
20			13.70±0.08 ^A	13.95±0.22 ^B	-
25			16.14±0.52 ^{CD}	16.56±0.22 ^D	-
30			17.31±0.83 ^D	13.70±0.08 ^{AB}	+
35			16.39±0.44 ^{CD}	15.72±0.30 ^{CD}	-
40			15.80±0.69 ^{CD}	15.13±0.15 ^C	-
45				21.94±0.29 ^E	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

Table 7. The TBARS values of groups for storage days (µg MDA/g)

Days \ Groups	FF	VFF	RUG	RAG	Sig. t test
0	0.25±0.03 ^a	0.32±0.03 ^{Aab}	0.35±0.04 ^{Ab}	0.27±0.00 ^{Aab}	-
5		0.43±0.04 ^A	0.31±0.08 ^A	0.11±0.00 ^A	-
10		1.29±0.10 ^B	0.43±0.07 ^A	0.55±0.03 ^{CD}	-
15			0.80±0.03 ^B	0.36±0.07 ^{BC}	+
20			0.92±0.05 ^{BC}	0.65±0.06 ^{DEF}	+
25			1.00±0.05 ^C	0.78±0.05 ^{EF}	+
30			0.93±0.04 ^{BC}	0.59±0.03 ^{DE}	+
35			1.38±0.05 ^D	0.80±0.03 ^F	+
40			1.01±0.04 ^C	0.65±0.03 ^{DEF}	+
45				0.75±0.17 ^{DEF}	NT

* The same lowercase for treatment and the same capital letter for the storage period are statistically insignificant ($p > 0.05$). The effects of rosemary treatment were marked as + (significant), and - (insignificant). *NT (Not Tested)

The texture score of VFF was decreased rapidly on 10th day. The same decrease was not seen in the other groups. The used technology was effective to the texture score of samples. The highest appearance score was obtained for RUG, and RAG on the 15th day.

The appearance score of RUG had higher than RAG's on the 20th, 25th and 30th days (Table 8). The significant differences ($p \leq 0.05$) had been seen in the juiciness score. The highest score was obtained on the 5th day. General appreciation score, which

reflected the consumer pleasure, was decrease by the elongation of the storage period.

Acknowledgment

This study partially summarized the PhD Thesis "The effect of natural antioksidants on quality characteristics chill stored sous vide processed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss walbaum, 1792*)" of Soner ÇETİNKAYA supported by Süleyman Demirel University with a BAP Project number which is 2464-D-10. The authors declared that they have no conflict of interest.

Table 8. Changing sensory evaluation points at the storage time and groups

Parameters	Groups	0 th days	5 th days	10 th days	15 th days	20 th days	25 th days	30 th days	35 th days	40 th days	45 th days
Color	VFF	7.30±0.37 ^b	8.10±0.48 ^a	2.00±0.15 ^c							
	RUG	6.30±0.54 ^{ab}	7.40±0.45 ^a	6.90±0.38 ^a	7.75±0.63 ^c	7.20±0.47 ^a	7.00±0.56 ^a	6.40±0.31 ^{ab}	6.30±0.52 ^{ab}	4.90±0.28 ^b	
	RAG	7.70±0.40 ^{ab}	8.30±0.45 ^a	7.60±0.43 ^{ab}	8.00±0.00 ^{ab}	6.90±0.41 ^{abc}	6.00±0.52 ^{cd}	6.80±0.49 ^{bc}	6.60±0.37 ^{bcd}	5.20±0.57 ^d	5.20±0.29 ^d
Smell	VFF	7.10±0.59 ^b	8.50±0.22 ^a	1.70±0.34 ^c							
	RUG	6.40±0.40 ^{bce}	8.00±0.26 ^a	5.90±0.43 ^{bcd}	7.25±0.48 ^{ab}	6.50±0.52 ^{bc}	6.10±0.67 ^{bcd}	4.80±0.65 ^d	5.70±0.63 ^{cde}	1.90±0.23 ^e	
	RAG	8.00±0.37 ^{ab}	8.80±0.29 ^a	7.70±0.40 ^{abc}	7.25±0.25 ^{bc}	7.00±0.47 ^{bcd}	6.70±0.54 ^{bcd}	6.60±0.50 ^{cd}	6.50±0.60 ^{cde}	5.70±0.42 ^d	1.90±0.18 ^e
Taste	VFF	-									
	RUG	6.00±0.47 ^{bc}	8.00±0.39 ^a	6.10±0.46 ^{bc}	7.75±0.48 ^a	6.90±0.50 ^{ab}	5.80±0.59 ^{bc}	5.10±0.60 ^c	5.30±0.37 ^c	2.30±0.21 ^d	
	RAG	8.20±0.29 ^{ab}	8.80±0.39 ^a	7.90±0.53 ^{abc}	7.75±0.25 ^{abcd}	6.50±0.64 ^{cde}	6.50±0.43 ^{cde}	7.10±0.55 ^{bcd}	6.30±0.73 ^{de}	6.00±0.26 ^e	2.20±0.20 ^f
Texture	VFF	7.50±0.37 ^a	8.40±0.56 ^a	2.90±0.53 ^b							
	RUG	6.90±0.64 ^a	8.00±0.45 ^a	6.90±0.59 ^a	8.00±0.41 ^a	7.10±0.50 ^a	6.80±0.55 ^a	7.30±0.30 ^a	6.30±0.37 ^{ab}	5.00±0.49 ^b	
	RAG	7.80±0.29 ^{ab}	8.50±0.48 ^a	7.90±0.50 ^{ab}	7.75±0.48 ^{ab}	6.80±0.49 ^{bc}	6.00±0.33 ^{cd}	6.70±0.40 ^{bc}	6.50±0.48 ^{bc}	5.70±0.40 ^{cd}	4.90±0.35 ^d
Appearance	VFF	7.40±0.54 ^a	8.30±0.47 ^a	3.20±0.61 ^b							
	RUG	6.80±0.59 ^{ab}	7.70±0.40 ^{ab}	6.20±0.61 ^b	8.25±0.75 ^a	7.40±0.40 ^{ab}	7.30±0.50 ^{ab}	7.30±0.26 ^{ab}	6.40±0.78 ^b	3.00±0.26 ^c	
	RAG	7.90±0.31 ^{abc}	8.10±0.48 ^{abc}	7.60±0.43 ^{abc}	8.50±0.50 ^a	7.30±0.40 ^{abcd}	6.40±0.43 ^{cde}	6.50±0.50 ^{cd}	6.80±0.39 ^{bcd}	5.00±0.68 ^e	5.90±0.38 ^{ed}
Juiciness	VFF	7.50±0.45 ^a	8.70±0.37 ^a	3.33±0.80 ^b							
	RUG	7.20±0.61 ^{abc}	8.20±0.42 ^a	6.30±0.67 ^{bc}	7.50±0.96 ^{ab}	7.30±0.54 ^{abc}	5.50±0.48 ^c	6.90±0.38 ^{abc}	6.70±0.65 ^{abc}	3.70±0.40 ^d	
	RAG	8.30±0.21 ^{ba}	8.50±0.45 ^a	7.20±0.47 ^{abc}	7.75±0.63 ^{ab}	6.78±0.36 ^{bcd}	6.30±0.47 ^{bcd}	6.40±0.60 ^{bcd}	7.20±0.55 ^{abc}	5.70±0.45 ^{cd}	5.60±0.31 ^d
General appreciation	VFF	7.00±0.58 ^a	8.50±0.40 ^b	1.90±0.23 ^c							
	RUG	6.60±0.54 ^{bcd}	8.30±0.45 ^a	6.10±0.50 ^{cd}	7.75±0.63 ^{ab}	7.40±0.45 ^{abc}	6.00±0.45 ^{cd}	6.50±0.34 ^{bcd}	5.60±0.37 ^d	2.70±0.50 ^e	
RAG	VFF	8.20±0.20 ^{abc}	8.80±0.39 ^a	7.90±0.48 ^{abcd}	8.25±0.48 ^{ab}	6.90±0.46 ^{bcd}	6.40±0.37 ^d	6.80±0.57 ^{bcd}	6.70±0.70 ^{cde}	4.80±0.49 ^e	2.40±0.16 ^f

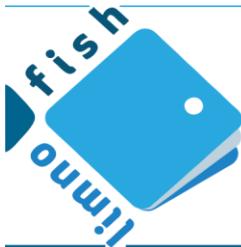
* Values in the same line the with same lowercase are statistically insignificant ($p > 0.05$)

References

- Abramovic H, Terpininc P, Generalic I, Skroza D, Klancknik A, Katalinic V, Mozina SS. 2012. Antioxidant and antimicrobial of extracts obtained from rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and vine (*Vitis vinifera*) leaves. Croat J Food Sci. Technol 4(1):1-8
- Alasalvar C, Shahidi F, Miyashita K, Wanasundara U. 2011. Seafood quality, safety and health application. In Alasalvar C, Shahidi F, Miyashita K, Wanasundara U. (Ed.), Handbook of Seafood Quality, Safety and Health Application, (1-10). UK: Blackwell Publishing. 542 p.
- Altinelataman C, Kısla D, Kılınç B, Yılmaz EBŞ, Yünlü AC, Dinçer T, Çelik U. 2015. Antioxidant, antimicrobial and sensorial effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.) on sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) fillets. Ege J Fish Aqua Sci 32(3):121-126.
[doi: 10.12714/egejfas.2015.32.3.01](https://doi.org/10.12714/egejfas.2015.32.3.01)
- Altug T, Elmaci Y. 2005. Gidalarda duyusal değerlendirme. İzmir: Meta Basım Matbacılık Hizmetleri. 130p. [in Turkish]
- AOAC 2000. AOAC Official Method 940.25 Nitrogen (total) in seafood. First Action 1940, Official Methods of Analysis of AOAC International 17th Ed.
- Azizkhani M, Tooryan F. 2015. Antioxidant and antimicrobial activities of rosemary extract, mint extract and a mixture of tocopherols in beef sausage during storage At 4c. J Food Safety 35(1):128–136.
[doi: 10.1111/jfs.12166](https://doi.org/10.1111/jfs.12166)
- Bilen G. 2009. The effects of natural antioxidants on the quality of frozen fish. [Master's Thesis] İstanbul University. 98 p. [in Turkish]
- Bolton DJ. 1998. The microbiological safety and quality of foods processed by the sous vide system as a method of commercial catering. The National Food Centre, Dunsinea, Castleknock, 14 P, Dublin. Project armis No. 4031
- Cadun A, Caklı S, Kısla D. 2005. A study of marination of deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. Food Chem. 90(2005):53-59.
[doi: 10.1016/j.foodchem.2004.03.024](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.024)
- Cobos A, Diaz O. 2007. Sous-vide cooking of traditional meat products: effect on the microbiology of dry-cured pork foreleg. Communicating Current Research and Educational Topics and Trends in Applied Microbiology A. Méndez-Vilas (Ed.). 511-517. [cited: 04.04.2017] Available from <http://www.formatex.org/microbio/pdf/Pages511-517.pdf>
- Cosansu S, Mol S, Alakavuk DU, Özturan S. 2011a. The effect of lemon juice on shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordmann, 1840). Food Bioprocess Tech. 6(1):283-289
[doi: 10.1007/s11947-011-0572-0](https://doi.org/10.1007/s11947-011-0572-0)
- Cosansu S, Mol S, Alakavuk DU, Özturan S. 2011b. The effect of lemon juice on bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) preserved by sous vide packaging. Int J Food Science and Technol. 46(29):395-401.
[doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02507.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02507.x)
- Caklı S, Kılınç B. 2003. A study on marination of sardine (*Sardina pilchardus*, W.1792) fillets. Izmir:TÜBİTAK. Proje No: VHAG-1839 (101V130). 77p [in Turkish]
- Caklı S. 2007. Su ürünlerini işleme teknolojisi 1. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 696p. [in Turkish]
- Dapkevicius A, Venskutonis R, van Beek TA, Linssen JPH. 1998. Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in lithuania. J Sci Food Agric. 77(1):140-146.
[doi:10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199805\)77:1<140::AID-JSFA18>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199805)77:1<140::AID-JSFA18>3.0.CO;2-K)
- Diaz P, Nieto G, Garrido MD, Banon S. 2008. Microbial, physical-chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. Meat Sci. 80(2): 287-292.
[doi:10.1016/j.meatsci.2007.12.002](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.002)
- Diaz P, Nieto G, Banon S, Garido MD. 2009. Determination of shelf life of sous vide salmon (*Salmo salar*) based on sensory attributes. J Food Sci. 74(8):371-376.
[doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01317.x](https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01317.x)
- Diaz P, Garrido MD, Banon S. 2010. The effects of packaging method (vacuum pouch vs. plastic tray) on spoilage in a cook-chill pork-based dish kept under refrigeration. Meat Sci. 84(3):538-544.
[doi: 10.1016/j.meatsci.2009.10.009](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.10.009)
- Diaz P, Garrido MD, Banon S. 2011. Spoilage of sous vide cooked salmon (*Salmo salar*) stored under refrigeration. Food Sci Technol Int. 17(1):31-37.
[doi: 10.1177/1082013210368744](https://doi.org/10.1177/1082013210368744)
- Diri M. 2006a. Analysis of essential oil of *Coridothymus capitatus* (L.) Reichb. and determination of antioxidant activity of its water and ethanol extracts. [Master's Thesis]. Muğla Üniversitesi 101 s. [in Turkish].
- Diri HA. 2006b. Characterization of essential compositions and determination of antioxidant activity of *Salvia candidissima* vahl. [Master's Thesis]. Muğla Üniversitesi. 119 s. [in Turkish].
- Dokuzlu C. 1997. Marinat hamsi üretimi sırasında kullanılan asit - tuz oranlarının ürünün mikrobiyolojik ve organoleptik kalitesi üzerine etkileri ve raf ömrünün belirlenmesi. Pendik Veteriner ve Mikrobiyoloji Dergisi. 28(1):81-90. [in Turkish]
- Erdem ME, Bilgin S, Çağlak E. 2005. tuzlanmış ve marinasyon yöntemleri ile işlenmiş istavrit balığı'nın (*Trachurus mediterraneus*, Steindachner, 1868) muhafazası sırasında kalite değişimleri. J of Fac of Agric. OMU. 20(3):1-6. [in Turkish]
- Erkan N, Özden Ö. 2008. Quality assessment of whole and gutted sardines (*Sardina pilchardus*) stored in ice. Int J Food Sci Tech. 43(9):1507–1727.
[doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01579.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01579.x)
- Eseceli H, Değirmencioğlu A, Kahraman R. 2006. Omega yağ asitlerinin insan sağlığı yönünden önemi. Paper presented at: Türkiye 9. Gıda Kongresi. Bolu, Türkiye. [in Turkish]
- Fagan JD, Gormley TR. 2005. Effect of sous vide cooking, with freezing, on selected quality parameters of seven

- fish species in a range of sauces. Eur Food Res Technol. 220(3):299–304.
[doi: 10.1007/s00217-004-1028-9](https://doi.org/10.1007/s00217-004-1028-9)
- Fallah AF, Saei-Dehkordi SS, Nematollahi A. 2011. Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Int J Food Sci Tech. 46 (4):767-773.
[doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02554.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02554.x)
- Fernandez J, Perez-Alvarez AJ, Fernandez-Lopez JA. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. Food Chem. 59(3):345-353.
[doi:10.1016/S0308-8146\(96\)00114-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00114-8)
- Garcia-Linares MC, Gonzales-Fandos E, Garcia-Fernandez MC, Garcia-Arias MT. 2004. Microbiological and nutritional quality of sous vide or traditionally processed: influence of fat content. J Food Quality. 27(5):371–387.
[doi: 10.1111/j.1745-4557.2004.00676.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2004.00676.x)
- Genena AK, Hense H, Junior AS, de Souza SM. 2008. Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) a study of the composition, antioxidant and antimicrobial activities of extracts obtained with supercritical carbon dioxide. Ciênc Tecnol Aliment. 28(2):463-469
[doi: 10.1590/S0101-20612008000200030](https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200030)
- Gonzales-Fandos E, Garcia-Linares MC, Villarino-Rodriguez A, Garcia-Arias MT, Garcia-Fernandez MC. 2004. Evaluation of the microbiological safety and sensory quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processed by the sous vide method. Food Microbiol. 21(2):193-201.
[doi: 10.1016/S0740-0020\(03\)00053-4](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(03)00053-4)
- Gonzales-Fandos E, Villarino-Rodriguez A, Garcia-Linares MC, Garcia-Arias MT, Garcia-Fernandez MC, 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the sous vide method. Food Control. 16(1):77-85.
[doi: 10.1016/j.foodcont.2003.11.011](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2003.11.011)
- Gülyavuz H, Ünlüsayın M. 1999. Su ürünlerini işleme teknolojisi. Ankara: Şahin Matbaası. 366p. [in Turkish]
- Huss HH. 1995. Quality and quality changes in fresh fish. Rome. Fao Fisheries Technical Paper-348. 172p.
- Kenar M, Özogul F, Kuley E. 2010. Effects of rosemary and sage tea extracts on the sensory, chemical and microbiological changes of vacuum-packed and refrigerated sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Int J Food Sci Tech. 45(11):2366-2372.
[doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02414.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02414.x)
- Kılınç B, Çaklı Ş. 2001. Packaging technics, the effects on microbial flora of fish and shellfish. Ege J Fish Aqua Sci. 18(1-2):279-291. [in Turkish].
- Klancnik A, Guzej B, Kolar MH, Abramovic H, Mozina SS. 2009. In vitro antimicrobial and antioxidant activity of commercial rosemary extract formulations. J Food Protection. 72(8):1744- 1752.
[doi: 10.4315/0362-028X-72.8.1744](https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.8.1744)
- Lindström M, Nevas M, Hiilm S, Lähteenmäki L, Peck MW, Korkeala, H. 2003. Thermal inactivation of nonproteolytic *Clostridium botulinum* type e spores in model fish media and in vacuum-packaged hot-smoked fish products. Appl Environ Microbiol. 69(7):4029-4036.
[doi: 10.1128/AEM.69.7.4029-4036.2003](https://doi.org/10.1128/AEM.69.7.4029-4036.2003)
- Lovell RT. 1981. Laboratory manual for fish feed analysis and fish nutrition studies. Alabama. Department of Fisheries and Allied Aquacultures International Center for Aquaculture. Auburn University. 65p.
- Meskin SM, Bidlack RW, Randolph RK. 2008. Phytochemicals aging and health. Boca Raton:CRC Press. 205 p.
- Mol S, Özturan S. 2009. Sous-vide teknolojisi ve su ürünlerindeki uygulamalar. Journal of Fisheressciences.com. 3(1):68-75. [in Turkish]
[doi: 10.3153/jfscom.2009010](https://doi.org/10.3153/jfscom.2009010)
- Mol S, Ozturan S, Cosansu S. 2012a. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged bonito (*Sarda sarda*, Bloch, 1793) stored at 4 and 12 °C. J Food Quality. 35(2):137-143.
[doi: 10.1111/j.1745-4557.2011.00430.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2011.00430.x)
- Mol S, Ozturan S, Cosansu S. 2012b. Determination of the quality and shelf life of sous vide packaged whiting (*Merlangius merlangus euxinus*, Nordman, 1840) stored at cold (4c) and temperature abuse (12°C). J Food Process Pres. 36(6): 497-503.
[doi: 10.1111/j.1745-4549.2011.00616.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2011.00616.x)
- Nicholas TA. 2003. Antimicrobial use of native and enzymatically degraded chitosans for seafood applications. [Master Thesis]. The University of Maine. 130p.
- Nollet LML, Toldrá F. 2010. Seafood and seafood products analysis. Boca Raton: CRC Press. 910p.
- Novak JS, Sapers GM, Juneja VK. 2003. Microbial safety of minimally processed foods. Boca Raton: CRC Press LLC. 343p.
- Oktay M, Gürçin İ, Küfrevoğlu Öİ. 2003. Determination of in vitro antioksidant activity of fennel (*Foeniculum vulgare*) seed extracts. LWT - Food Sci Tech. 36(2):263-271.
[doi: 10.1016/S0023-6438\(02\)00226-8](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(02)00226-8)
- Özdamar K. 2001. SPSS ile biyoistatistik. Eskişehir: Kaan Kitabevi. 452p. [in Turkish]
- Özden Ö, Metin S, Baygar T, Erkan N. 2001. Vakum paketlenmiş marine balıkların kalitesinin belirlenmesinde yağ asitleri ve aminoasit bileşimindeki değişimlerin incelenmesi. İstanbul: TÜBİTAK, Proje No: VHAG-1713/ADP, 29s. [in Turkish]
- Özturan S. 2009. Determination of the quality and shelf life of cooked fish in vacuum package (sous vide) [Master Thesis]. Istanbul University. 94p. [in Turkish]
- Peck MW. 1997. Clostridium botulinum and the safety of refrigerated foods of extended durability. Trends Food Sci Tech. 8(6):186-192.
[doi: 10.1016/S0924-2244\(97\)01027](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01027)
- Poyrazoğlu ES, Velioğlu S. 2005. Beta karotenin oksidasyonuna sıcaklık, ışık, süre ve gallik asitin etkisi. Gıda Müh Der. 20: 50-54.
- Ruiz-Capillas C, Gillyon CM, Horner WFA. 2001. Determination of different volatile base components as quality control indices in fish by official methods

- and flow injection analysis. *J Food Biochem.* 25(6):541-553.
[doi: 10.1111/j.1745-4514.2001.tb00813.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2001.tb00813.x)
- Selmi S, Sadok S. 2008. The effect of natural antioksidant (*Thymus vulgaris* (Linnaeus)) on flesh quality of tuna (*Thunnus thynnus* (Linnaeus)) during chilled storage. *Pan-Am J Aqua Sci.* 3(1):36-45.
- Shakila JR, Jeyasekaran G, Vijayakumar A, Sukumar D. 2009. Microbiological quality of sous-vide cook chill fish cakes during chilled storage (3°C). *Int J Food Sci Tech.* 44(11):2120-2126.
[doi: 10.1111/j.1365-2621.2009.02047.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02047.x)
- Shakila RJ, Raj BE, Felix N. 2012. Quality and safety of fish curry processed by sous vide cook chilled and hot filled technology process during refrigerated storage. *Food Sci Technol Int.* 18(3):261-269.
[doi: 10.1177/1082013211415177](https://doi.org/10.1177/1082013211415177)
- Soyer A. 1995. Effect of some antioxidants and vacuum packaging on lipid oxidation of frozen chub mackerel (*Scomber japonicus*). [Doctorate Thesis]. Ankara University. 91 p. [in Turkish]
- SVAC. 1991. Code of practice for sous vide catering system. Tetbury, Gloucestershire, UK.
- Tepe B, Daferera D, Sokmen A, Sokmen M, Polissiou M. 2005. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia tomentosa* Miller (Lamiaceae). *Food Chem.* 90(3):333-340.
[doi: 10.1016/j.foodchem.2003.09.013](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.09.013)
- 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)
- Vareltzis K, Koufidis D, Gavriilidou E, Papavergou E, Vasiliadou S. 1997. Effectiveness of a natural rosemary (*Rosmarinus officinalis*) extract on the stability of filleted and minced fish during frozen storage. *Z Lebensm Unters Forsch A.* 205(2):93-96.
[doi: 10.1007/s002170050131](https://doi.org/10.1007/s002170050131)
- Varlık C, Özden Ö, Erkan N, Alakavuk DÜ. 2007. Su ürünlerinde temel kalite kontrol. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü 202 p. [in Turkish]



Gönen Çayı (Balıkesir - Türkiye) Durgun Sularının Zooplankton Faunası ve Mevsimsel Değişimleri

Nilay GÜRLEYEN, M. Ruşen USTAÖĞLU*

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

Öz

Bu çalışmanın amacı, Gönen Çayı durgun sularının (Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü ve Gönen Regülatörü) zooplankton faunasının tespiti ve mevsimsel değişiminin belirlenmesidir. Zooplankton örnekleri Eylül 2010 - Haziran 2011 tarihleri arasında mevsimsel olarak, belirlenen 4 istasyondan 55 µm göz açıklığında Hydrobios plankton kepcesi kullanılarak, vertikal ve horizontal çekimlerle toplanmıştır. Elde edilen örnekler %4 formalin solüsyonunda fikse edilmiştir. Ayrıca, istasyonların bazı fiziko-kimyasal parametreleri (maksimum derinlik, ışık geçirgenliği, sıcaklık, pH, çözünmüş oksijen, çözünmüş oksijen doygunluğu, tuzluluk ve elektriksel iletkenlik) ölçülmüştür. Zooplanktonda Rotifera grubundan 25 tür, Cladocera grubundan 14 tür ve Copepoda grubundan 9 tür olmak üzere toplam 48 tür tespit edilmiştir. Saptanan türler Gönen Çayı durgun suları (Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü ve Gönen Regülatörü) için ilk kez bildirilmektedir. Vertikal çekimlerden yapılan sayımlara göre Kayatepe Göleti'nde Rotifera %65,37 (70412 birey/m³), Cladocera %17,16 (18488 birey/m³), Copepoda %17,47 (18812 birey/m³); Sameteli Göletinde Rotifera %22,46 (62660 birey/m³), Cladocera %22,39 (62438 birey/m³), Copepoda %55,15 (153850 birey/m³); Gönen Baraj Gölünde Rotifera %20,99 (21375 birey/m³), Cladocera %9,42 (9599 birey/m³), Copepoda %69,60 (70897 birey/m³); Gönen Regülatöründe ise Rotifera %72,05 (73411 birey/m³), Cladocera %7,13 (7266 birey/m³), Copepoda %20,82 (21217 birey/m³) oranında temsil edilmektedir. Sonuç olarak, Gönen Çayı durgun sularının zooplanktonu hem kalitatif hem de kantitatif olarak incelenmiş ve mesotrofik-ötrofik bir karakter gösterdiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü, Gönen Regülatörü, mesotrof-ötrof

Zooplankton Fauna and Seasonal Changes of Constructed Ponds and Reservoirs of Gönen Stream (Balıkesir - Turkey)

Abstract: This study aims to determine the zooplanktonic fauna of storage ponds and reservoirs of Gönen stream (Kayatepe Pond, Sameteli Pond, Gönen Dam Lake and Gönen Regulator) and it's seasonal change. Seasonal zooplankton samples were collected both with horizontal and vertical hauls by a Hydrobios plankton net (55 µm) between September 2010 and June 2011. The plankton samples were immediately fixed in 4% formalin solution. Among the some physico-chemical features of the stations, maximum depth, the water temperature, transparency, pH, dissolved oxygen, oxygen saturation and conductivity analysis were carried out in situ. At the end of qualitative studies, 48 taxa including 25 of Rotifera, 14 of Cladocera and 9 of Copepoda identified totally. All the identified zooplankton taxa are new record for the study area. Quantitative studies indicated that zooplankton abundance of Kayatepe Pond dominated by Rotifera 65.37 % (70412 ind./m³) followed by Cladocera 17.16% (18488 ind./m³) and Copepoda 17.47% (18812 ind./m³); Sameteli Pond dominated by Copepoda 55.15% (153850 ind./m³) followed by Rotifera 22.46% (62660 ind./m³) and Cladocera 22.39% (62438 ind./m³); Gönen Dam Lake dominated by Copepoda 69.60% (70897 ind./m³) followed by Rotifera 20.99% (21375 ind./m³) and Cladocera 9.42% (9599 ind./m³); Gönen Regulator dominated by Rotifera 72.05 % (73411 ind./m³) followed by Copepoda 20.82% (21217 ind./m³) and Cladocera 7.13% (7266 ind./m³). As a result, qualitatively and quantitatively zooplankton analyses indicated mesotrophic-eutrophic character of storage ponds and reservoirs of Gönen stream.

Keywords: Kaya Pond, Sameteli Pond, Gönen Dam Lake, Gönen Regulator, mesotroph-eutroph

MAKALE BİLGİSİ

ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş : 17.02.2017

Düzelme : 30.05.2017

Kabul : 01.06.2017

Yayım : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.292663

* SORUMLU YAZAR

m.rusen.ustaoglu@ege.edu.tr

Tel : +90 232 311 2853

How to Cite

Gürleyen N, Ustaoglu MR. 2017. Gönen Çayı (Balıkesir - Türkiye) Durgun Sularının Zooplankton Faunası ve Mevsimsel Değişimleri. LimnoFish. 3(2): 79-89. doi: 10.17216/LimnoFish.292663

Giriş

Limnoloji terminolojisinde baraj gölleri (rezervuarlar) bir nehrin aktığı vadiler üzerine insan eliyle bir set yapılandırılarak elde edilen durgun su yapıları veya yapay göller olarak tanımlanmışlardır. Barajlar, akarsuların hidrolojik rejimleri üzerinde insanlığın gelişirdiği en önemli etkilerden biridir (Perez et al. 1999).

Genellikle kararsız ortamlar olarak da tanımlanan baraj gölleri, doğal göl sistemleri ile benzer özellikler taşısalar da mevsimsel veya periyodik gerçekleşen dolumlar, insan kaynaklı boşaltımlar ve bunlara bağlı yüzey seviyesindeki iniş çıkışlar nedeniyle, fizikokimyasal ve biyolojik karakterleri kendine özgü olan siccus ekosistemlerdir (Geraldes ve Boavida 1999).

Rotifera, Cladocera ve Copepoda siccus ortamda besin zincirinin temel halkalarından olan zooplanktonun en büyük gruplarındandır. Tür çeşitlilikleri ve birim hacimdeki bollukları rezervuar ve göletlerin biyolojik özellikleri hakkında bilgi edinmemizi sağlamaktadır. Zooplanktonik organizmalar tatlusu kaynaklarında bulunan balıkların temel besin kaynağını oluşturmaktır ve pelajik beslenen birçok balık türü ile demersal beslenenlerin genç dönemlerinin ana gıdalarını oluşturmaktadırlar.

Ayrıca zooplankton türleri su kalitesinin, gölün trofik durumunun ve su kirliliğinin belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Zooplanktonik organizmaların önem kazanmasıyla dünyada olduğu gibi ülkemizde de zooplanktonun önemli bir bölümünü oluşturan Rotifera, Cladocera ve Copepoda ile ilgili araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Türkiye baraj gölleri ve göletlerinde günümüze kadar zooplanktonu (rotifer, kladoser, kopepod) konu alan çeşitli çalışmalar yapılmıştır [Çubuk Baraj Gölü (Geldiay 1949), Süleoğlu Baraj Gölü ve Korucuköy, Budakdoğanca, Eskikadın göletleri (Güler ve Kırgız 1989), Kabaklı Göleti (Diyarbakır) (Bekleyen ve Bilgin 1994; Bekleyen 1997), Cip Baraj Gölü (Elazığ) (Akıl ve Şen 1995), Kunduzlar ve Çatören Baraj Gölleri (Kirka-Eskişehir) (Altındağ ve Özkurt 1998), Bozova 1 (Büyükgöl) ve Bozova 2 (Küçükgöl) göletleri (Şevik ve Kılıç 1998), Seyhan Baraj Gölü (Bozkurt 1997; Bozkurt ve Göksu 2000), Demirköprü Baraj Gölü (Ustaoglu vd. 2001), Devegeçidi Baraj Gölü (Bekleyen 2001; Bekleyen 2006), Kesikköprü Baraj Gölü (Yigit 2002), Cip Baraj Gölü (Saler ve Şen 2002a), Tadım Göleti (Saler ve Şen 2002b), Göksu Baraj Gölü (Bekleyen 2003), Yarseli Baraj Gölü (Hatay) (Bozkurt vd. 2004), Birgi Göletleri (Balık vd. 2004), Sarımsaklı Baraj Gölü (Ölmez Aydın ve Altındağ 2004), Keban Baraj Gölü (Çemişgezek Bölgesi) (Saler 2004), Yağızlar Göleti (Adana), Karamanlı Göleti (Hatay), Kozan Baraj

Gölü (Adana), Ceyhan Göleti 1 ve Ceyhan Göleti 2 (Adana) (Bozkurt 2004), Hirfanlı Baraj Gölü (Kırşehir) (Yigit ve Altındağ 2005), Keban Baraj Gölü (Pertek Bölgesi) (Tellioğlu ve Yılmaztürk 2005; Tellioğlu ve Akman 2007), Topboğazı Göleti (Hatay) (Bozkurt ve Dural 2005), Hirfanlı Baraj Gölü (Baykal vd. 2006), Çatalan Baraj Gölü (Aladağ vd. 2006), Gelingüllü Baraj Gölü (Kaya ve Altındağ 2007), İkizcetepeler Baraj Gölü (Alper vd. 2007), Sarısu-Mamuca Göleti (Demir vd. 2007), Sarıyar Baraj Gölü (Atıcı vd. 2008), Kapulukaya Baraj Gölü (İnce vd. 2007), Birecik Baraj Gölü (Bozkurt ve Sagat 2008), Aliç Göleti (Güler ve Erdoğan 2008), Çamlığöze Baraj Gölü (Dirican ve Musul 2008, 2009), Kepekaş Baraj Gölü (Saler 2009), Tahtalı Baraj Gölü (Özdemir Mis vd. 2009), Kayseri ilinin bazı sulak alanlarının (Şeker Göleti, Reşadiye Göleti, Zincidere Göleti, Mimar Sinan Parkı Havuzu, Hisarcık Çayı ve Kumaklı Parkı Havuzu) (Kaya vd. 2009), Aslantaş Baraj Gölü (Bozkurt ve Göksu 2010), Asartepe Baraj Gölü (Buyurgan vd. 2010), Karakaya Baraj Gölü (Saler vd. 2010), Buldan Baraj Gölü (Ustaoglu vd. 2010), Zernek Baraj Gölü (Yıldız 2012), Hasan Uğurlu ve Suat Uğurlu Baraj Gölleri (Bozkurt ve Akin 2012), Kalecik Baraj Gölü (Bulut ve Saler 2013), Enne ve Kayabogaç Baraj Gölleri (Apaydın Yağcı vd. 2013), Hancağız Baraj Gölü (Saler ve Aliş 2014), Uzunçayır Baraj Gölü (Saler vd. 2014), Beyhan Baraj Gölü (Bulut ve Saler 2014), Kemer Baraj Gölü (Tuna ve Ustaoglu 2016)].

Bu çalışmanın amacı, Gönen Çayı durgun sularının (Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü ve Gönen Regülatörü) zooplankton faunasının tespiti ve mevsimsel değişiminin belirlenmesi ile ülkemizin biyolojik zenginliğine katkı sağlamaktır.

Materiyal ve Metot

Eylül 2010 - Haziran 2011 tarihleri arasında Gönen Çayı havzasında yer alan Gönen Baraj Gölü, Gönen Regülatörü, Kayatepe Göleti ve Sameteli Göleti'nden mevsimsel olarak zooplankton örneklemesi ve fiziko-kimyasal özelliklerin belirlenmesi için su örnekleri yüzey suyundan alınmıştır (Şekil 1-5).

Su örneklemeleri 5 L hacimli Schindler su alma kabi ile yapılmış olup bu örnek alma işlemi sırasında suyun fiziko-kimyasal özelliklerinden sıcaklık, ışık geçirgenliği, pH, çözünmüş oksijen, çözünmüş oksijen doygunluğu, tuzluluk ve elektrik iletkenliği in situ ölçülmüştür. Derinlik ölçümleri Humminbird One Hundred marka ekosounder ile ışık geçirgenliği ölçümleri ise 30 cm çapında siyah-beyaz standart Secchi disk ile ölçülmüştür. Su sıcaklığı, elektrik iletkenliği (25°C spesifik iletkenlik) ve tuzluluk için YSI30 model SCT metre, pH ölçümleri için WTW

pH 330 model pH metre ve çözünmüş oksijen için Oxi 330 model oksijenmetre kullanılmıştır.

Zooplankton örnekleri 55 μm göz açıklığında Hydrobios plankton kepçesi kullanılarak vertikal ve horizontal çekimlerle zooplankton örnekleri toplanmıştır. Yatay çekimlerle elde edilen zooplankton örneklerinde nitel, dikey çekimlerle elde edilen örneklerde ise hem nitel hem de nicel analizler yapılmıştır. Toplanan örnekler %4'lük formalin solusyonunda saklanmıştır.

Stereo mikroskop altında sistematik gruplara göre sınıflandırılan bu materyallerin cins, tür ve alttür tayinleri ışık mikroskobunda, Rotifera için Ruttner-Kolisko (1974), Koste (1978), Korovchinsky (1992), Segers (1995), Nogrady et al. (1995), Nogrady ve Segers (2002); Cladocera için Flössner (1972), Smirnov (1996), Negrea (1983), Benzie (2005); Copepoda için Dussart (1967), Kiefer (1978), Rylov (1963), Einsle (1996)'den yararlanılarak yapılmıştır.

Trofik durumun belirlenmesinde indikatör olarak rotifer türleri kullanılmakta olup, bu indeks ($QB/T = Brachionus$ tür sayısı / $Trichocerca$ tür sayısı) formülü ile bildirilmiştir. $Q = 1,0 < \text{oligotrof}$, $Q = 1,0-2,0 \text{ mesotrof}$, $Q = 2,0 > \text{oüetrof}$ olarak değerlendirilmektedir (Sládeček 1983).

Bulgular

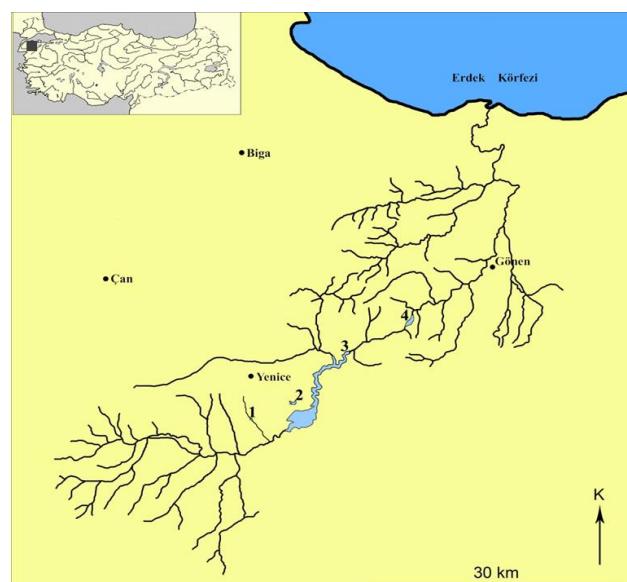
Çalışma yapılan istasyonların bazı fiziko-kimyasal değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü ve Gönen Regülatörü'nde yapılan zooplankton örneklemeleri sonucunda Rotifera grubundan 25 tür, Cladocera grubundan 14 tür ve Copepoda grubundan 9 tür olmak üzere toplam 48 tür tespit edilmiştir. Kalitatif açıdan en zengin lokalite Gönen Regülatörü olup (41 takson) bunu 25 takson ile Gönen Baraj Gölü izlemektedir. Kayatepe Göleti'nde 22, Sameteli Göleti'nde ise 18 takson saptanmıştır (Tablo 2).

Gönen Çayı durgun sularında Rotifera'dan *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis* ve *Polyarthra vulgaris* türleri tüm mevsimlerde zooplanktonda tespit edilmiştir. Bunun yanında *Asplanchnopuss multiceps*, *Hexarthra mira* ve *Trichocerca collaris* türleri sadece yaz mevsiminde; *Brachionus diversicornis*, *B. falcatus*, *H. intermedia*, *Lecane bulla*, *Polyarthra dolichoptera* ve *T. cylindrica* türleri sadece sonbahar mevsiminde; *Notholca squamula* türü sadece ilkbahar mevsiminde, *Platyias quadricornis* türü ise sadece kış mevsiminde zooplanktonda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Cladocera'dan *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula* ve *Daphnia cucullata* türleri tüm mevsimlerde tespit edilmiştir. Bunun yanında *Alona guttata*, *Diaphanosoma brachyurum*

ve *Moina micrura* türleri sadece sonbahar mevsiminde; *Alonella exigua* ve *Diaphanosoma mongolianum* türleri sadece kış mevsiminde; *C. pulchella* ve *Daphnia sp.* türleri sadece ilkbahar mevsiminde; *D. hyalina* türü sadece yaz mevsiminde zooplanktonda tespit edilmiştir (Tablo 2).



Şekil 1. Örnekleme istasyonları (1.Kayatepe Göleti, 2.Sameteli Göleti, 3.Gönen Baraj Gölü, 4.Gönen Regülatörü).

Copepoda'dan *Acanthocyclops robustus* türü ilkbahar mevsimi hariç tüm mevsimlerde, *Arctodiaptomus pectinicornis* türü ise sonbahar mevsimi hariç tüm mevsimlerde zooplanktonda tespit edilmiştir. *Acanthocyclops sp.*, *Eucyclops serrulatus* ve *E. speratus* türleri sadece yaz mevsiminde zooplanktonda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Gönen Çayı durgun sularında Rotifera'dan *A. priodonta*, *P. vulgaris* ve *S. pectinata* türleri tüm istasyonlarda zooplanktonda tespit edilmiştir. Bunun yanında *A. multiceps* türüne sadece Gönen Baraj Gölü'nde; *Lecane bulla* türüne sadece Sameteli Göleti'nde; *T. similis* türüne sadece Kayatepe Göleti'nde; *L. lunaris*, *N. squamula*, *P. quadricornis* ve *Trichocerca collaris* türlerine sadece Gönen Regülatörü'nde zooplanktonda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Cladocera'dan *B. longirostris*, *C. quadrangula* ve *D. cucullata* türleri tüm istasyonlarda zooplanktonda tespit edilmiştir. *A. guttata* ve *C. pulchella* türleri sadece Gönen Regülatörü'nde; *Daphnia sp.* türü sadece Kayatepe Göleti'nde zooplanktonda tespit edilmiştir.

Copepoda'dan *A. robustus* türü tüm istasyonlarda zooplanktonda tespit edilmiştir. Bunun yanında *E. serrulatus*, *E. speratus* ve *N. hibernica* türleri sadece Gönen Regülatörü'nde zooplanktonda tespit edilmiştir.



Şekil 2. Kayatepe Göleti.



Şekil 3. Sameteli Göleti.



Şekil 4. Gönen Baraj Gölü.



Şekil 5. Gönen Regülatörü.

Tablo 1. Çalışılan lokalitelerin yüzey suyunda fiziko-kimyasal parametrelerin mevsimsel değerleri [S: Sonbahar (Eylül 2010), K: Kış (Aralık 2010), İ: İlkbahar (Mart 2011), Y: Yaz (Haziran 2011)].

GÖLLER	PARAMETRELER	S	K	İ	Y
KAYATEPE GÖLETİ	Maksimum Derinlik (m)	17,8	16,0	28,7	28,7
	İşik Geçirgenliği (cm)	210	190	140	200
	Sıcaklık (°C)	24,2	13,0	8,8	25,9
	pH	7,67	8,00	8,20	8,15
	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	4,4	5,0	11,1	7,7
	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)	52	50	98	96
	Tuzluluk (% S)	0,1	0,1	0,1	0,1
SAMETELİ GÖLETİ	İletkenlik ($\mu\text{S}_{25^\circ\text{C}}$)	264	247	212	252
	Maksimum Derinlik (m)	7,6	7,2	10,6	10,6
	İşik Geçirgenliği (cm)	110	120	60	430
	Sıcaklık (°C)	26,1	13,0	9,5	24,7
	pH	8,00	7,95	8,85	8,18
	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	4,2	6,2	22,1	7,7
	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)	52	60	193	94
GÖNEN BARAJ GÖLÜ	Tuzluluk (% S)	0,2	0,2	0,2	0,2
	İletkenlik ($\mu\text{S}_{25^\circ\text{C}}$)	470	490	476	452
	Maksimum Derinlik (m)	40,2	35,0	50,5	50,5
	İşik Geçirgenliği (cm)	220	30	150	330
	Sıcaklık (°C)	26,5	13,7	9,8	23,5
	pH	7,98	7,87	8,40	8,35
	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	4,9	6,3	10,7	7,8
GÖNEN REGÜLATÖRÜ	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)	62	61	100	94
	Tuzluluk (% S)	0,2	0,1	0,1	0,1
	İletkenlik ($\mu\text{S}_{25^\circ\text{C}}$)	314	227	267	306
	Maksimum Derinlik (m)	8,0	7,0	6,6	8,5
	İşik Geçirgenliği (cm)	110	30	130	130
	Sıcaklık (°C)	23,1	13,0	12,7	18,1
	pH	7,84	8,11	8,26	8,60
GÖNEN REGÜLATÖRÜ	Çözünmüş Oksijen (mg/l)	5,2	7,7	10,6	11,0
	Ç.Oksijen Doygunluğu (%)	60	77	104	119
	Tuzluluk (% S)	0,2	0,1	0,1	0,1
	İletkenlik ($\mu\text{S}_{25^\circ\text{C}}$)	317	233	279	299

Tablo 2. Gönen Çayı durgun sularında saptanın zooplankton taksonlarının mevsimlere ve istasyonlara göre dağılımı (S: Sonbahar, K: Kış, İ: İlkbahar, Y: Yaz; KG: Kayatepe Göleti, SG: Sameteli Göleti, GBG: Gönen Baraj Gölü, GR: Gönen Regülatörü)

TÜRLER	MEVSİMLER					İSTASYONLAR		
	S	K	İ	Y	KG	SG	GBG	GR
ROTIFERA								
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850								
<i>Asplanchnopus multiceps</i> (Schrank, 1793)					+		+	
<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1766	+	+			+	+	+	+
<i>Brachionus diversicornis</i> (Daday, 1883)	+						+	+
<i>Brachionus falcatus</i> Zacharias, 1898	+						+	+
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1838)		+	+			+		+
<i>Conochilus dossuarius</i> Hudson, 1885	+				+	+		+
<i>Euchlanis deflaxa</i> (Gosse, 1851)		+	+			+		+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	+		+	+			+	+
<i>Hexarthra intermedia</i> (Wiszniewski, 1929)	+					+		+
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson, 1871)					+	+	+	
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+		+	+	+
<i>Keratella tecta</i> (Lauterborn, 1900)	+	+			+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)		+	+	+			+	+
<i>Lecane bulla</i> (Gosse, 1886)	+						+	
<i>Lecane lunaris</i> (Ehrenberg, 1832)		+	+					+
<i>Notholca squamula</i> (Müller, 1786)					+			+
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg, 1832)			+					+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+					+	+	+
<i>Polyarthra vulgaris</i> Carlin, 1943	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832		+	+	+	+	+	+	+
<i>Trichocerca capucina</i> (Wierzejski & Zacharias, 1893)	+						+	+
<i>Trichocerca collaris</i> (Rousselet, 1896)						+		+
<i>Trichocerca cylindrica</i> (Imhof, 1891)	+						+	+
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	+				+		
CLADOCERA								
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+							+
<i>Alonella exigua</i> (Lilljeborg, 1853)		+				+		+
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Müller, 1785)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars, 1862			+					+
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Müller, 1785)	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Coronatella rectangula</i> (Sars, 1862)	+		+			+		+
<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Daphnia hyalina</i> Leydig, 1860					+	+	+	
<i>Daphnia obtusa</i> Kurz, 1874	+	+					+	+
<i>Daphnia</i> sp.					+	+		
<i>Diaphanasoma brachyurum</i> (Liévin, 1848)	+					+	+	+
<i>Diaphanasoma mongolianum</i> Ueno, 1938			+				+	+
<i>Moina micrura</i> Kurz, 1874	+					+	+	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F.Müller, 1776)	+	+		+	+			+
COPEPODA								
<i>Acanthocyclops robustus</i> (G.O.Sars, 1863)	+	+			+	+	+	+
<i>Acanthocyclops</i> sp.					+	+		+
<i>Arctodiaptomus pectinicornis</i> (Wierzejski, 1887)	+	+	+			+		+
<i>Cyclops</i> sp.	+						+	+
<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	+	+			+	+	+	
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)					+			+
<i>Eucyclops speratus</i> (Lilljeborg, 1901)					+			+
<i>Nitocra hibernica</i> (Brady, 1880)	+				+			+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	+				+	+	+	+

Zooplankton örneklerinin kantitatif incelenmesi sonucunda; Kayatepe Göleti (%65,37) ile Gönen Regülatöründe (%72,05) Rotifera grubu baskın iken Sameteli Göleti (%55,15) ile Gönen Baraj Gölünde (%69,60) ise Copepoda grubu baskındır (Tablo 3).

Sameteli Göleti ortalama 278948 birey/m³ ile en zengin istasyon olup *Polyarthra spp.* % 13,85; *B. longirostris* %13,76 ve nauplius % 33,88 ile baskın taksonlardır (Tablo 4). Kayatepe

Göleti ortalama 107712 birey/m³ ile ikinci sırada olup *A. priodonta* (%44,84), *B. longirostris* (%15,59) ve *nauplius* (% 13,39) dominant olmuştur (Tablo 5). Gönen Baraj Gölünde (101871 birey/m³) baskın türler *K. tecta* (%6,21), *Daphnia spp.* (%5,17) ve *nauplius* (%57,77), Gönen Regülatöründe ise (101894 birey/m³) *A. priodonta* (%24,95), *B. longirostris* (%6,06) dominansı göstermektedir (Tablo 6,7).

Tablo 3. Göllerde Rotifera, Cladocera ve Copepoda gruplarının bollukları (Birey/m³) ve yüzde dağılımları.

GRUPLAR	KAYATEPE GÖLETİ		SAMETELİ GÖLETİ		GÖNEN BARAJ GÖLÜ		GÖNEN REGÜLATÖRÜ	
	Birey/m ³	%	Birey/m ³	%	Birey/m ³	%	Birey/m ³	%
Rotifera	70412	65,37	62660	22,46	21375	20,99	73411	72,05
Cladocera	18488	17,16	62438	22,39	9599	9,42	7266	7,13
Copepoda	18812	17,47	153850	55,15	70897	69,60	21217	20,28
Toplam	107712	100,00	278948	100,00	101871	100,00	101894	100,00

Tablo 4. Sameteli Göletinde saptanmış taksonların bollukları (Birey/m³) ve yüzde dağılımları.

TÜRLER	S/2010	K/2010	İ/2011	Y/2011	Ort.	%
<i>Asplanchna priodonta</i>	6743	2209	5453	510	3729	1,34
<i>Hexarthra mira</i>	65116			1479	16649	5,97
<i>Polyarthra spp.</i>	75839	66111	10834	1734	38630	13,85
Diğer	10166	3536	146	764	3653	1,31
Rotifera	157864	71856	16433	4487	62660	22,46
<i>Bosmina longirostris</i>	1327	127911	15993	8266	38374	13,76
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	38583	7184		204	11493	4,12
<i>Daphnia spp.</i>	1768	7406	2136	37095	12101	4,34
Diğer	1877				469	0,17
Cladocera	43555	142501	18129	45565	62438	22,39
Cyclopoida	88555	27528	10686	1581	32088	11,50
<i>Arctodiaptomus pectinicornis</i>		109	73	9847	2507	0,90
Nauplius	94303	131891	131855	20001	94513	33,88
Kopepodit	70532	11608	6116	10715	24743	8,87
Copepoda	253390	171136	148730	42144	153850	55,15
Toplam	454809	385493	183292	92196	278948	100

Tablo 5. Kayatepe Göletinde saptanmış taksonların bollukları (Birey/m³) ve yüzde dağılımları.

TÜRLER	S/2010	K/2010	İ/2011	Y/2011	Ort.	%
<i>Asplanchna priodonta</i>	146021	133	35767	11276	48299	44,84
<i>Conochilus dossuarius</i>	4511			490	1250	1,16
<i>Hexarthra spp.</i>	23835			2365	6550	6,08
<i>Keratella cochlearis</i>	4909	53			1241	1,15
<i>Polyarthra spp.</i>	4643	372	19582	20707	11326	10,52
Diğer	6323	200		461	1746	1,62
Rotifera	190242	758	55349	35299	70412	65,37
<i>Bosmina longirostris</i>	5218	106	637	61228	16797	15,59
<i>Daphnia spp.</i>		1937	106	2826	1217	1,13
Diğer	619	1274			473	0,44
Cladocera	5837	3317	743	64054	18488	17,16
Cyclopoida	442	3105	2414	1413	1844	1,71
Nauplius	220	6077	21704	29677	14420	13,39
Kopepodit	309	2933	2918	4037	2549	2,37
Copepoda	971	12115	27036	35127	18812	17,47
Toplam	197050	16190	83128	134480	107712	100

Tablo 6. Gönen Baraj Gölünde saptanan taksonların bollukları (Birey/m^3) ve yüzde dağılımları.

TÜRLER	S/2010	K/2010	İ/2011	Y/2011	Ort.	%
<i>Asplanchna priodonta</i>	2354	90	3814	265	1631	1,60
<i>Keratella cochlearis</i>	8789	259		1127	2544	2,50
<i>Keratella tecta</i>	4742	100	896	19568	6327	6,21
<i>Keratella quadrata</i>			265	13333	3400	3,34
<i>Polyarthra vulgaris</i>	8523	2966	1724	1791	3751	3,68
<i>Trichocerca</i> spp.	9353			299	2413	2,37
Diger	3681	169	894	498	1311	1,29
Rotifera	37442	3584	7593	36881	21375	20,99
<i>Ceriodaphnia quadrangula</i>	5737	90		5274	2775	2,72
<i>Daphnia</i> spp.	6500	3652	2056	8856	5266	5,17
Diger	1758	925	1160	2388	1558	1,53
Cladocera	13995	4667	3216	16518	9599	9,42
Cyclopoida	13134	1344	862	3349	4672	4,59
<i>Arctodiaptomus pectinicornis</i>	33				8	0,01
Nauplius	142683	5215	34194	53298	58848	57,77
Kopepodit	23383	1980	1824	2289	7369	7,23
Copepoda	179233	8539	36880	58936	70897	69,60
Toplam	230670	16790	47689	112335	101871	100

Tablo 7. Gönen Regülatöründe saptanan taksonların bollukları (Birey/m^3) ve yüzde dağılımları.

TÜRLER	S/2010	K/2010	İ/2011	Y/2011	Ort.	%
<i>Asplanchna priodonta</i>	7580		938	93158	25419	24,95
<i>Brachionus calyciflorus</i>	14809			22464	9318	9,15
<i>Keratella cochlearis</i>	31804	750			8139	7,99
<i>Keratella tecta</i>	20947	584	296	9313	7785	7,64
<i>Polyarthra vulgaris</i>	19873	6748	3052	9575	9812	9,63
<i>Synchaeta pectinata</i>	45368	498	296		11541	11,33
Diger	1982	93	44	3471	1398	1,37
Rotifera	142363	8673	4626	137981	73411	72,05
<i>Bosmina longirostris</i>	2811	836	40	20992	6170	6,06
Diger	3527	551	194	114	1097	1,08
Cladocera	6338	1387	234	21106	7266	7,13
Cyclopoida	2535		22	320	719	0,71
<i>Arctodiaptomus pectinicornis</i>	44				11	0,01
<i>Nitocra hibernica</i>	22				6	0,01
Nauplius	70806	1898	1906	2408	19255	18,90
Kopepodit	2990	1579	106	232	1227	1,20
Copepoda	76397	3477	2034	2960	21217	20,82
Toplam	225098	13537	6894	162047	101894	100

Tartışma ve Sonuç

Mevsimsel olarak bir yıl boyunca yürüttüğümüz çalışma sonucunda Gönen Çayı üzerinde yer alan Kayatepe Göleti, Sameteli Göleti, Gönen Baraj Gölü ve Regülatörünün zooplankton tür kompozisyonu belirlenmiş ve suların bazı fiziko-kimyasal parametreleri ölçülmüştür.

Gönen Çayı durgun sularında bulunan zooplanktonik organizma grupları Rotifera, Cladocera ve Copepoda olarak belirlenmiştir. Gönen Çayı durgun sularında rotiferlerden 9 familyada 25 tür, kladoserlerden 5 familyada 14 tür, kopepodlardan 3 familyada 9 tür olmak üzere toplam 48 tür tespit edilmiş olup ilk kez bu çalışmada bildirilmektedir.

Gönen Çayı durgun sularında saptanan Rotifera türlerinden *A. priodonta*, *B. calyciflorus*, *B. diversicornis*, *B. falcatus*, *C. gibba*, *C. doissuarius*, *F. longiseta*, *H. intermedia*, *H. mira*, *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. tecta*, *L. bulla*, *L. lunaris*, *N. squamula*, *P. quadricornis*, *P. dolichoptera*, *P. vulgaris*, *S. pectinata*, *T. capucina*, *T. cylindrica* ve *T. similis* türlerine diğer baraj gölü ve göletlerde yapılan çalışmalarla da rastlanılmıştır (Geldiay 1949; Bekleyen ve Bilgin 1994; Altındağ ve Özkurt 1998; Bozkurt ve Göksu 2000; Bekleyen 2001; Saler ve Şen 2002a, 2002b; Yiğit 2002; Bekleyen 2003; Bozkurt 2004; Bozkurt vd. 2004; Ölmez Aydın ve Altındağ 2004; Saler 2004; Bozkurt ve 2005; Yiğit ve Altındağ 2005; Baykal vd. 2006;

Demir vd. 2007; Kaya ve Altındağ 2007; Tellioğlu ve Akman 2007; İnce vd. 2007; Bozkurt ve Sagat 2008; Güher ve Erdoğan 2008; Dirican ve Musul 2009; Kaya vd. 2009; Özdemir Mis vd. 2009; Saler 2009; Bozkurt ve Göksu 2010; Buyurgan vd. 2010; Saler vd. 2010; Ustaoğlu vd. 2010; Yıldız 2012; Bozkurt ve Akin 2012; Bulut ve Saler 2013; Apaydin Yağcı vd. 2013; Saler ve Aliş 2014; Saler vd. 2014; Bulut ve Saler 2014; Tuna ve Ustaoğlu 2016).

Cladocera türlerinden *A. guttata*, *B. longirostris*, *C. pulchella*, *C. quadrangula*, *C. rectangula*, *D. cucullata*, *D. brachyurum*, *D. mongolianum*, *M. micrura* ve *S. vetulus* türlerine diğer baraj gölü ve göletlerde yapılan çalışmalarında da rastlanılmıştır (Güher ve Kırgız 1989; Akıl ve Şen 1995; Bekleyen 1997; Altındağ ve Özkurt 1998; Şevik ve Kılıç 1998; Ustaoğlu vd. 2001; Bekleyen 2003; Bozkurt 2004; Bozkurt vd. 2004; Bozkurt ve Dural 2005; Tellioğlu ve Yılmaztürk 2005; Yiğit ve Altındağ 2005; Baykal vd. 2006; Bekleyen 2006; Aladağ vd. 2006; Alper vd. 2007; Demir vd. 2007; Kaya ve Altındağ 2007; İnce vd. 2007; Bozkurt ve Sagat 2008; Dirican ve Musul 2008; Güher ve Erdoğan 2008; Özdemir Mis vd. 2009; Buyurgan vd. 2010; Ustaoğlu vd. 2010; Bozkurt ve Akin 2012; Bulut ve Saler 2013; Apaydin Yağcı vd. 2013; Saler ve Aliş 2014; Saler vd. 2014; Bulut ve Saler 2014; Tuna ve Ustaoğlu 2016).

Copepoda türlerinden *A. robustus*, *C. vicinus*, *E. serrulatus*, *N. hibernica* ve *T. crassus* türlerine diğer baraj gölü ve göletlerde yapılan çalışmalarında da rastlanılmıştır (Güher ve Kırgız 1989; Akıl ve Şen 1995; Bekleyen 1997; Altındağ ve Özkurt 1998; Ustaoğlu vd. 2001; Bekleyen 2003; Bozkurt 2004; Bozkurt vd. 2004; Bozkurt ve Dural 2005; Tellioğlu ve Yılmaztürk 2005; Bekleyen 2006; Aladağ vd. 2006; Alper vd. 2007; Demir vd. 2007; Kaya ve Altındağ 2007; Güher ve Erdoğan 2008; Bozkurt ve Sagat 2008; Özdemir Mis vd. 2009; Ustaoğlu vd. 2010; Yıldız 2012; Bozkurt ve Akin 2012; Bulut ve Saler 2013; Apaydin Yağcı vd. 2013; Saler ve Aliş 2014; Saler vd. 2014; Bulut ve Saler 2014).

Kayatepe Göleti’nde belirlenen *Brachionus* tür sayısı 1, *Trichocerca* tür sayısı 1 olduğu için Q değeri 1 olarak bulunmuştur. Bu durumda rotifer indeksine göre zooplankton açısından mesotrof özellikleştir. Sameteli Göleti’nde belirlenen *Brachionus* tür sayısı 1, *Trichocerca* tür sayısı 0 olduğu için Q değeri hesaplanamamıştır. Gönen Baraj Gölü’nde belirlenen *Brachionus* tür sayısı 3, *Trichocerca* tür sayısı 2 olduğu için Q değeri 1,5 olarak bulunmuştur. Bu durumda rotifer indeksine göre zooplankton açısından mesotrof özellikleştir. Gönen Regülatör’nde belirlenen *Brachionus* tür sayısı 3, *Trichocerca* tür sayısı 3 olduğu için Q değeri 1 olarak bulunmuştur. Bu durumda rotifer indeksine göre zooplankton açısından mesotrof özellikleştir.

Gönen Çayı durgun sularında saptanan zooplanktonik organizmalardan *A. priodonta*, *B. calyciflorus*, *B. diversicornis*, *B. falcatus*, *C. gibba*, *F. longiseta*, *H. mira*, *K. cochlearis*, *K. tecta*, *K. quadrata*, *P. quadricornis*, *P. vulgaris*, *T. cylindrica*, *B. longirostris*, *C. quadrangula*, *C. vicinus* ve *T. crassus* ötrof karakterli suların türlerini oluşturmaktadır (Gündüz 1984; Saksena 1987; Ustaoğlu 1993; Makarewicz 1993; Özdemir Mis ve Ustaoğlu 2009; Gutiérrez-Aquirre ve Suárez-Morales 2000; Smakulska ve Górnjak 2004; Sendacz et al. 2006; Paturej 2006).

Sonuç olarak, Gönen Çayı durgun sularının zooplanktonu hem kalitatif hem de kantitatif olarak incelenmiş olup saptanan taksonlar içsularımızda yaygın olarak bulunmaktadır (Ustaoğlu 2004; Ustaoğlu vd. 2012; Ustaoğlu 2015). Kayatepe Göleti ve Gönen Regülatöründe rotiferler, Sameteli Göleti ve Gönen Baraj Gölü’nde kopepodlar baskın durumdadır. İncelemeler sonucunda Gönen Çayı durgun sularının mesotrofik-ötrofik bir karakter gösterdiği ve ötrofikasyona açık olduğu saptanmıştır.

Teşekkür

Nilay GÜRLEYEN'in Yüksek Lisans Tezi'nin bir bölümü olan bu araştırmayı 2010/SÜF/002 nolu proje ile destekleyen Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederiz. Zooplankton türlerinin tayinlerinde yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Cem AYGEN ve Dr. Didem ÖZDEMİR MİS'e teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Akıl A, Şen D. 1995. Cip Baraj Gölü'nün (Elazığ, Türkiye) Copepoda ve Cladocera (Crustaceae) türleri üzerine taksonomik bir çalışma. Ege J Fish Aqua Sci. 12(3-4):195-202.
- Aladağ AT, Erdem C, Karaytuğ S. 2006. Cladocera ve Copepoda (Crustacea) fauna of Çatalan Dam Lake (Adana, Turkey). Ege J Fish Aqua Sci. 23(3-4):427-428.
- Alper A, Çelebi E, Çam H, Karaytuğ S. 2007. Cladocera and Copepoda (Crustacea) Fauna of İkizcetepeler Dam Lake (Balıkesir, Turkey). Turk J Fish Aquat Sc. 7(1):71-73.
- Altındağ A, Özkurt Ş. 1998. A study on the zooplanktonic fauna of the Dam Lakes Kunduzlar and Çatören (Kirka-Eskişehir). Turk J Zool. 22(4):323-332.
- Apaydin Yağcı M, Yeğen V, Yağcı A, Uysal R. 2013. İç Anadolu Bölgesindeki bazı baraj göllerinde (Kütahya-Eskişehir/Türkiye) zooplankton türleri üzerine bir ön araştırma. Ege J Fish Aqua Sci. 30(1):37-40.
doi.org/10.12714/egefias.2013.30.1.07
- Atıcı T, Ahiska S, Altındağ A, Aydın D. 2008. Ecological effects of some heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) pollution of phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Sarıyar Dam Reservoir in Turkey. Afr J Biotechnol. 7 (12):1972-1977.

- Balık S, Ustaoğlu MR, Taşdemir A, Özdemir Mis D, Aygen C, Özbek M, Topkara ET. 2004. Birgi Göletleri (Urla, İzmir) ve Sazlıgöl (Karaburun, İzmir)'ün Sucul Faunası Hakkında Bir Ön Araştırma. Ege J Fish Aqua Sci. 21 (1-2): 29-30.
- Baykal T, Salman S, Açıkgöz İ. 2006. The relationship between seasonal variation in phytoplankton and zooplankton density in Hirfanlı Dam Lake (Kirşehir, Turkey). Turk J Biol. 30 (4): 217-226.
- Bekleyen A. 2006. Devegeçidi Baraj Gölü'nün (Diyarbakır) Cladocera ve Copepoda (Crustacea) faunası. Ege J Fish Aqua Sci. 23 (3-4): 413-415.
- Bekleyen A, Bilgin FH. 1994. Dicle Üniversitesi Kampüsü Kabaklı Göletinin Rotifera Faunasının Taksonomik Açıdan İncelenmesi. XII. Ulusal Biyoloji Kongresi, Cilt: IV: 213-219.
- Bekleyen A. 1997. Kabaklı Göletinin (Diyarbakır) Cladocera ve Copepoda (Crustacea) Faunası ve Bazı Ekolojik Özellikleri Üzerine Bir Çalışma. XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, İstanbul, 80-87.
- Bekleyen A. 2001. A taxonomical study on the Rotifera fauna of Devegeçidi Dam Lake (Diyarbakır-Turkey). Turk J Zool. 25 (3): 251-255.
- Bekleyen A. 2003. A taxonomical study on the Zooplankton of Göksu Dam Lake (Diyarbakır-Turkey). Turk J Zool. 27 (2): 95-100.
- Benzie JAH. 2005. Cladocera The Genus: Daphniidae (Including Daphniopsis) (Anamopoda: Daphniidae). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the World, Coordinating Editor: H. J. F. Dumont, Vol. 21 SPB Backhuys Publishers, 376 p.
- Bozkurt A, Akın Ş. 2012. Zooplankton fauna of Yeşilırmak (between Tokat and Blacksea), Hasan Uğurlu and Suat Uğurlu Dam Lakes. Turk J Fish Aquat Sc. 12 (4): 777-786.
[doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_06](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_4_06)
- Bozkurt A, Dural M, Yılmaz AB. 2004. Yarseli Baraj Gölünün (Hatay/Türkiye) bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve zooplankton (Rotifer, Cladocer ve Copepod) faunası. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 2 (3): 307-317.
- Bozkurt A, Dural M. 2005. Topboğazı Göleti (Hatay) zooplanktonunun vertikal göçü. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 3 (4):104-109.
- Bozkurt A, Göksu MZL. 2000. Seyhan Baraj Gölü (Adana) Rotifera faunası. Ege J Fish Aqua Sci. 17(3-4): 17-25.
- Bozkurt A, Göksu MZL. 2010. Composition and Vertical Distribution of Rotifera in Aslantaş Dam Lake (Osmaniye-Turkey). J FisheriesSciences.com. 4 (1):38-49.
- Bozkurt A, Sagat Y, 2008. Birecik Baraj Gölü zooplanktonunun vertikal dağılımı. J FisheriesSciences.com. 2(3): 332-342.
- Bozkurt A. 1997. Seyhan Baraj Gölü (Adana) zooplanktonu. [Yüksek Lisans Tezi] Çukurova Üniversitesi. 58 s.
- Bozkurt A. 2004. Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki bazı baraj ve göletlerin zooplankton faunası üzerine ilk gözlemler. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 2(3):71-76.
- Bulut H, Saler S. 2013. Kalecik Baraj Gölü (Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. Fırat Univ. Fen Bilimleri Dergisi. 25(2):99-103.
- Bulut H, Saler S. 2014. Zooplankton of Beyhan Dam Lake (Elazığ, Turkey). Turk J Sci Tech. 9(1):23-28.
- Buyurgan Ö, Altındağ A, Kaya M. 2010. Zooplankton Community Structure of Asartepe Dam Lake (Ankara, Turkey). Turk J Fish Aquat Sc. 10(1):135-138.
[doi: 10.4194/trjfas.2010.0119](https://doi.org/10.4194/trjfas.2010.0119)
- Demir N, Kırkağaç MU, Topcu A, Zencir Ö, Pulatsu S, Karasu Benli Ç. 2007. Sarısu-Mamuca Göleti (Eskişehir) Su Kalitesi ve Besin Düzeyi. Tarım Bilimleri Dergisi 13(4):385-390.
- Dirican S, Musul H. 2008: Çamlıgöze Baraj Gölü (Sivas) Bazı Fiziko-kimyasal Özellikleri ve Cladocera Türleri Üzerine Bir Ön Çalışma. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 12(4):19-24.
[doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_06](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_4_06)
- Dirican S, Musul H. 2009. Çamlıgöze Baraj Gölü (Sivas-Türkiye) Rotifera türleri hakkında bir ön çalışma. Yüzüncüyl Üniverisitesi Tarım Bilimleri Dergisi. 19(1):57-59.
[doi: 10.4194/1303-2712-v12_4_06](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v12_4_06)
- Dussart B. 1967. Les Copepodes des eaux Continentales d'Europe Occidentale. Tome I, Calanoides et Harpacticoides. N. Boubee et cie, Paris, 500 p.
- Einsle U. 1996. Copepoda: Cyclopoida, Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. No. 10, SBP Academic Publishing bv, 82 p.
- Flössner D. 1972. Krebstiere, Crustacea. Kiemen und Blattfüßer, Branchiopoda, Fischlause, Branchiura., Tierwelt Deutschlands, 60. teil, veb Gustav Fischer Verlag, Jena, 501 p.
- Geldiay R. 1949. Çubuk barajı ve Emir Gölünün Makro ve Mikro Faunasının Mukayeseli İncelenmesi. Ankara Univ. Fen Fak. Mecmuası 2:106 p.
- Geraldes AM, Boavida MJ. 1999. Limnological comparison of a new reservoir with one almost 40 years old which had been totally emptied and refilled, Lakes & Reservoirs: Research and Management, 4(1-2):15-22.
- Gutiérrez-Aquirre M, Suárez-Morales E. 2000. The Eurasian *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) (Copepoda, Cyclopoida) Found in Southeastern Mexico. Crustaceana 73(6): 705-713.
- Güher H, Erdoğan S. 2008. Aliç Göleti Perifitik Zooplankton (Cladocera, Copepoda, Rotifera) Türleri Üzerine Bir Araştırma. J FisheriesSciences.com 2(3): 516-523.
[doi: 10.3153/jfascom.mug.200749](https://doi.org/10.3153/jfascom.mug.200749)
- Güher H, Kırgız T. 1989. Süloğlu Baraj Gölü ve Korucuköy, Budakdoğanca, Eskikadın Göletlerinin Cladocera ve Copepoda (Crustacea) türleri. Anadolu Üniversitesi Fen-Edebiyat Dergisi. 2 (1): 25-43.
- Gündüz E. 1984. Karamuk ve Hoyran Gölleri'nde Zooplankton Türlerinin Tespiti ve Kirlenmenin Zooplankton Üzerindeki Etkisi [Doktora Tezi]. Hacettepe Üniversitesi. 83s.
- İnce Ö, Aluç Y, Başaran G, Tüzün İ. 2007. Kapulukaya Baraj Gölünde litoral ve pelajik bölgelere ve mevsime

- bağlı zooplankton dağılışlarının karşılaştırılması. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 5-8: 297-305.
- Kaya M, Altındağ A. 2007. Zooplankton fauna and seasonal changes of Gelingüllü Dam Lake (Yozgat, Turkey). Turk J Zool. 31 (4): 347-351.
- Kaya M, Duman F, Altındağ A. 2009. Kayseri İli Bazı Sulak Alanlarından (Şeker Göleti, Reşadiye Göleti, Zincirdere Göleti, Mımarsinan Parkı Havuzu, Hisarcık Çayı, Kumah Parkı Havuzu) Kaydedilen Rotifer Türleri. SDÜ Fen Dergisi (E-Dergi) 4(1): 54-58.
- Kiefer F. 1978. Das Zooplankton der Binnengewässer 2. Teil. Freilebende Copepoda. Die Binnengewässer Band XXVI E. Schweizerbant'sche Verlagbuchhandlung, Stuttgart. 315 p.
- Korovchinsky NM. 1992. Sididae and Holopedidae (Crustacea: Daphniiformes). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the World, SPB Academic Publishing, 82 p.
- Koste W. 1978. Rotatoria. Überordnung Monogononta. I. Textband, 650 p., II. Tafelband, 234 p., Gebrüderssontrager, Berlin.
- Makarewicz JC. 1993. A Lakewide Comparison of Zooplankton Biomass And Its Species Composition in Lake Erie. J Great Lakes Res. 19 (2): 275-290.
- Negrea ST. 1983. Fauna Republicii Socialiste Romania Vol 4, 12. Crustacea Cladocera. Academia Republicii Socialiste Romania, Bucuresti. 399 p.
- Nogrady T, Pourriot RA, Segers H. 1995. Rotifera, (3), The Notommatidae and The Scaridiidae, 248p.
- Nogrady T, Segers H. 2002. Rotifera, (6), Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia, Backhuys Publishers, Leiden. Netherlands, 264 p.
- Ölmez Aydin D, Altındağ A. 2004. Sarımsaklı Baraj Gölünün (Kayseri-Türkiye) Rotifera faunası üzerine taksonomik bir çalışma. Türk Sucul Yaşam Dergisi. 2(3): 27-34.
- Özdemir Mis D, Aygen C, Ustaoğlu MR, Balık S. 2009. Tahtalı Baraj Gölü (İzmir)'nın zooplankton kompozisyonu. Ege J Fish Aqua Sci. 26(2): 129-134.
- Özdemir Mis D, Ustaoğlu MR. 2009. Gölcük Gölü (Ödemiş-İzmir)'nın Zooplanktonu Üzerine Araştırmalar. Ege J Fish Aqua Sci. 26(1): 19-27.
- Paturej E. 2006. Assessment of The Trophic State of The Coastal Lake Gardno Based on Community Structure and Zooplankton-Related Indices. EJPAU.
- Perez MC, Bonilla S, Martinez G. 1999. Phytoplankton community of a polymictic reservoir, La Plata River Basin, Uruguay, Rev. Brasil. Biol., 59(4): 535-541.
- Ruttner-Kolisko A. 1974. Plankton Rotifers, Biology and Taxonomy. Die Binnengewässer, Volume XXVI/I, Suplement, 144 p.
- Rylov VM. 1963. Fauna of U.S.S.R. Crustacea Vol. III, No: 3, Freshwater Cyclopoida, I.P.S.T. Jerusalem, 314 p.
- Saksena DN. 1987. Rotifers As Indicators of Water Quality. Acta Hydroch Hydrol. 15(5):481-485.
- Saler S, Aliş N. 2014. Zooplankton of Hancız Dam Lake (Gaziantep-Turkey). J Survey in Fisheries Sci. 1(1):36-45.
[doi:10.18331/SFS2014.1.1.4](https://doi.org/10.18331/SFS2014.1.1.4)
- Saler S, Haykır H, Baysal N. 2014. Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake. J FisheriesSciences.com. 8(1):1-7.
[doi: 10.3153/jfscom.2014001](https://doi.org/10.3153/jfscom.2014001)
- Saler S, İpek N, Eroğlu M. 2010. Karakaya Baraj Gölü Battalgazi Bölgesi (Malatya) Rotifer Türleri. e-Journal of New World Sciences Academy, Ecological Life Sciences 5(3): 216-221.
- Saler S, Şen D. 2002a. Seasonal Variation of Rotifera Fauna of Cip Dam Lake (Elazığ-Turkey). Pakistan J Biol Sci. 5(11): 1274-1276.
- Saler S, Şen D. 2002b. Tadım Göleti (Elazığ-Türkiye) Rotiferlerinin (Rotatoria, Aschelminthes) Mevsimsel Değişimleri. F.U. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14(1):235-240.
- Saler S. 2004. Observation on the seasonal variation of Rotifera fauna of Keban Dam Lake (Çemişgezek Region). F.U. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 16 (4): 695-701.
- Saler S. 2009. Rotifers of Kepektaş Dam Lake (Elazığ-Turkey). Iran J Sci Technol A, 33(A1):121-126.
- Segers H. 1995. Rotifera. Vol.2. The Lecaniidae (Monogononta). Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World. Coordinating Editor: H:J:F: Dumont, SPB Academic Publishing bv. 226 p.
- Sendacz S, Caleffi S, Santos-Soares J. 2006. Zooplankton Biomass of Reservoir in Different Trophic Conditions in The State of São Paulo, Brazil, Braz. J. Biol., 66 (1B): 337-350.
- Sládeček V. 1983. Rotifers as Indicators of Water Quality, Hydrobiologia, 100(1):169-172.
[doi:10.1007/BF00027429](https://doi.org/10.1007/BF00027429)
- Smakulska J, Górnjak A. 2004. Morphological Variation in *Daphnia cucullata* Sars with Progressive Eutrophication of a Polymictic Lowland Reservoir, Hydrobiologia, 526(1): 119-127.
[doi:10.1023/B:HYDR.0000041609.76694.fd](https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000041609.76694.fd)
- Smirnov NN. 1996. The Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. SPB Academic Publishing 197 p.
- Şevik R, Kılıç ÖS. 1998. Bozova 1 (Büyükgöl) ve Bozova 2 (Küçükgöl) Göletlerindeki Hayvansal Organizmaların Tespiti. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürünleri Sempozyumu; Erzurum, Türkiye
- Tellioğlu A, Akman F. 2007. A Taxonomical Study of the Rotifera Fauna in Pertek Region of Keban Dam Lake. Ege J Fish Aqua Sci. 24 (1-2): 135-136.
- Tellioğlu A, Yılmaztürk Y, 2005. Keban Baraj Gölü, Pertek Bölgesi'nin kladoser ve kopepod faunası üzerine taksonomik bir çalışma. Ege J Fish Aqua Sci. 22 (3-4): 431-433.
- Tuna A, Ustaoğlu MR. 2016. Kemer Baraj Gölü (Aydın-Türkiye) zooplankton faunası. LimnoFish. 2(2):95-106.
[doi: 10.17216/LimnoFish-5000183782](https://doi.org/10.17216/LimnoFish-5000183782)
- Ustaoğlu MR, Altındağ A, Kaya M, Akbulut N, Bozkurt A, Özdemir Mis D, Atasagun S, Erdoğan S, Bekleyen

- A, Saler S, Okgerman HC. 2012. A Checklist of Turkish Rotifers. *Turk J Zool.* 36 (5): 607-622.
[doi:10.3906/zoo-1110-1](https://doi.org/10.3906/zoo-1110-1)
- Ustaoğlu MR, Balık S, Aygen C, Özdemir Mis D. 2001. Demirköprü Baraj Gölü (Manisa)'nın Cladocera ve Copepoda (Crustacea) faunası. VI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu; Hatay, Türkiye
- Ustaoğlu MR, Balık S, Gezerler Şipal U, Özdemir Mis D, Aygen C. 2010. Buldan Baraj Gölü (Denizli) planktonu ve mevsimsel değişimi. *Ege J Fish Aqua Sci.* 27(3): 113-120.
- Ustaoğlu MR. 2004. A Check-list for Zooplankton of Turkish Inland Waters. *Ege J Fish Aqua Sci.* 21(3-4): 191-199.
- Ustaoğlu MR. 2015. An Updated Zooplankton Biodiversity of Turkish Inland Waters. *LimnoFish.* 1(3):151-159.
[doi: 10.17216/LimnoFish-5000151941](https://doi.org/10.17216/LimnoFish-5000151941)
- Yıldız Ş. 2012. Zernek-Baraj Gölü (Van / Türkiye) zooplankton faunası. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi.* 5 (1): 57-59.
- Yiğit S, Altındağ A. 2005. A taxonomical study on the zooplankton fauna of Hirfanlı Dam Lake (Kırşehir, Turkey). *G.U. Journal of Science.* 18 (4): 563-567.
- Yiğit S. 2002. Seasonal fluctuation in the Rotifer Fauna of Kesikköprü Dam Lake (Ankara, Turkey). *Turk J Zool.* 26: 341-348.



Comparative Analysis of Otolith Features of Tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from Different Lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Turkey)

Semra SAYGIN^{1*}, Melek ÖZPİÇAK¹, Mahmut ELP², Nazmi POLAT¹, Ataman Altuğ ATICI³, Neşe AKÇANAL ÖDÜN⁴

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

²Faculty of Aquaculture, Aquaculture Department, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey

³Faculty of Aquaculture, Aquaculture Department, Yüzüncü Yıl University, Van, Turkey

⁴Aydın Directorate of Provincial Food Agriculture and Livestock, Aydin, Turkey

ABSTRACT

In the present study, a comparison of the otolith morphology of *Alburnus tarichi*, collected from different localities throughout Van Basin was carried on. A total of 351 specimens of *A. tarichi* collected by trammel nets from four different localities (Van, Erçek, Nazik, Aygır) during the period April-May 2015 were examined. Fork length and body weight of the specimens ranged between 9.9-24.6 cm and 8.4-176.5 g, respectively. Lagena otoliths were removed discriminating as left and right. Otolith length (*OL*), otolith breadth (*OB*) and otolith weight (*OW*) were collected. Comparisons of right-left otolith measurements were tested by paired t test. Comparisons of otolith breadth, length and weight of *A. tarichi* among all localities were tested by ANOVA. There were no significant difference in terms of otolith length and weight between right and left otoliths but there were statistically significant difference in terms of otolith breadth between the specimens collected in Lake Van and Lake Erçek. There were no differences between right and left otolith measurements in Lake Nazik and Lake Aygır. Comparing all localities together, otolith length, breadth and weight were different from each other for four localities. The power model was applied to estimate the relationships between the otolith measurements and fish length.

Keywords: *Alburnus tarichi*, Lake Van, Lake Erçek, Lake Nazik, Lake Aygır

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 03.05.2017

Revised : 06.07.2017

Accepted : 23.07.2017

Published : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.310312

* CORRESPONDING AUTHOR

semra.saygin@omu.edu.tr

Tel : +90 362 312 19 19

Van Gölü Havzası'nda Farklı Göllerden (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Türkiye) Örneklemlen İnci Kefali (*Alburnus tarichi* Güldenstädt, 1814))'nın Otolit Özelliklerinin Karşılaştırmalı Analizi

Öz: Bu çalışmada, Van Gölü Havzası'nda farklı lokalitelere örneklenen *Alburnus tarichi*'nın otolit morfolojisi karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Nisan-Mayıs 2015'te dört farklı habitattan (Van, Erçek, Nazik, Aygır) 351 *A. tarichi* bireyi fanyalı ağlar aracılığıyla örneklenmiş incelenmiştir. Örneklerinin çatal boyları ve ağırlıkları sırası ile 9,9-24,6 cm, 8,4-176,5 g arasındadır. Lagena otolitler sağ ve sol ayırmı yapılarak çıkarılmıştır. Otolit boyu (*OL*), otolit eni (*OB*) ölçülmüş, otolitler tartılmıştır (*OW*). Sağ-sol otolit ölçümlerinin karşılaştırılması bağımlı örneklem t testi ile test edilmiştir. *A. tarichi*'nın tüm lokalitelere arasındaki otolit eni, otolit boyu ve ağırlığı karşılaştırmaları ANOVA ile test edilmiştir. Van Gölü ve Erçek Gölü örneklerinde sağ ve sol otolitler arasında otolit boyu ve otolit ağırlığı bakımından fark yok iken otolit eni bakımından önemli farklılık tespit edilmiştir. Nazik Gölü ve Aygır Gölü örneklerinde sağ ve sol otolit ölçümleri arasında herhangi bir farklılık yoktur. Tüm lokalitelere bir arada değerlendirildiğinde otolit boyu, otolit eni ve otolit ağırlığı dört habitatta birbirinden farklıdır. Otolit ölçümleri ve balık boyu arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılmasında eğrisel model kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: *Alburnus tarichi*, Van Gölü, Erçek Gölü, Nazik Gölü, Aygır Gölü

How to Cite

Saygin S, Özpiçak M, Elp M, Polat N, Atıcı AA, Akçanal Ödün N. 2017. Comparative Analysis of Otolith Features of Tarek (*Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814)) from Different Lakes across Van Basin (Van, Erçek, Nazik, Aygır) (Turkey). 3(2):91-99. doi: 10.17216/LimnoFish.310312

Introduction

Otolith morphology varies markedly between species, however separate stocks of the same species, often identical physically, can sometimes be discriminated through subtle differences in otolith morphometrics (Mapp et al. 2017). Otoliths, often used in studies comparing intraspecific and interspecific variations, are under the control of environmental, physiological and genetic factors (Javor et al. 2011). Otolith morphometry and biometrics can be a useful tool for identification of population characteristics, aging and feeding studies as well as stock assessments (Harvey et al. 2000; Jawad et al. 2011; Hüsse et al. 2016; Bostancı et al. 2017). The stock concept is one of the most fundamental in fishery management. The morphological characteristics of fish otoliths have been taken into account in recent years in stock separation studies (Tuset et al. 2003; Zengin et al. 2015; Renán et al. 2016; Bostancı et al. 2017; Kumar et al. 2017; Mapp et al. 2017). The difference in otolith measurement values among the populations will contribute to the stock sorting studies to be performed thereafter. In this study, it is proposed that stock separation can be performed by using otolith properties.

Morphometric measurements and otolith morphometry may differ between populations of the same species living in different habitats (Reichenbacher et al. 2009; Zengin et al. 2015). Bostancı et al. (2015) investigated otolith shape and morphometry of *Alburnus tarichi* in Lake Van. However, to the authors' knowledge, no previous studies on otolith morphometry of lake Ercek, Nazik or Aygır have been carried on. Also, when the relationship between otolith length and fish length in a species is determined, the total, fork or standard length of a fish from its otolith length can be estimated, or vice versa (Battaglia et al. 2010; Yilmaz et al. 2014; Mahenna et al. 2016; Bostancı et al. 2017) and the otolith morphology is an additional characteristic among these species-specific criteria (Hossu et al. 1999). The relationship between the fish size and otolith dimensions is of great importance (Jawad et al. 2011; Zan et al. 2015; Zengin et al. 2017) in studying prey-predator relationships population management studies, and archaeological research (Harvey et al. 2000; Tuset et al. 2008). This study aims to compare the otolith features of *A. tarichi* inhabiting Lake Van, Ercek, Nazik and Aygır. *A. tarichi* lives only in Van basin. Tarek, which is economically important, has an important place in Turkey inland fish production with an average production of 10,000 tons (TUIK 2014). It migrates to reproduce to different freshwater overcoming natural obstacles. This migration is

followed by traditional festivals and it is also an important species in terms of tourism. *A. tarichi* is an endemic species, it is economically important and its conservation status is NT (Near Threatened) according to IUCN. So, in order to ensure the continuity of the species, stock separation studies are important to keep in place as well as the biological properties. The results of this study will present important data on stock separation and future fisheries management of the *A. tarichi* inhabiting four different habitats. Additionally, this paper provides the first information on the otolith morphometry inhabiting Lake Ercek, Aygır, Nazik.

Materials and Methods

Study material

A. tarichi (Figure 1) is endemic to Van Basin in Turkey (Elp et al. 2014). It is an economically important species migrating for spawning to river inlets and returning to the lake after the spawning season (Elp and Çetinkaya 2000). Its IUCN Red List Status is NT (Near Threatened) (Freyhof 2014).

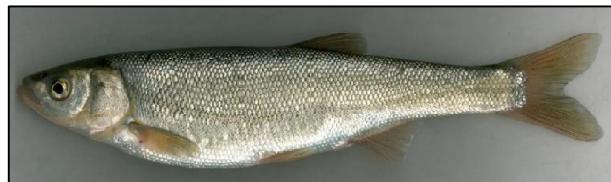


Figure 1. *Alburnus tarichi* (Güldenstädt, 1814) from Lake Van.

Study area

Different researches refer that *A. tarichi* is distributed in Lake Van, Ercek, Nazik, Aygır and Koçköprü Dam Lake (Kuru 1975; Kocabas 1999; Çetinkaya 2000; Geldiay and Balık 2007; Elp et al. 2014). Samples were obtained from Lake Van, Ercek, Nazik, Aygır. Lake Van, the largest lake in Turkey, covers 3574 km² in surface area with a mean depth of 171 m (450 m maximum, altitude 1646 m) (Kempe et al. 1978). Due to the highly salty-alkaline waters of the lake, it is commonly known as a 'soda lake' and thus cannot be used for drinking water (salinity 0.224% (Çiftçi et al. 2008), pH 6.3-7.7 (Göller ve Sulak Alanlar Eylem Planı 2017)). The proportions of chemical compounds in the water are; 42% NaCl, 34% NaCO₃, 16% Na₂SO₄, 3% KS0₄ and 2.5 % MgC0₃. Because of this feature, the lake has a great reserve as a source of soda production (Çiftçi et al. 2008). Lake Van is the largest source of water that *A. tarichi* lives in (Elp et al. 2014). In Van Lake, *A. tarichi* is the only fish species that is able to live. Lake Ercek is the second largest lake in Van Basin. Lake Ercek, like Lake Van, has salty-alkaline waters. This lake is volcanic lava hard lake. It is not a deep lake, with a maximum depth of 30 m. Naturally no

other fish species live in the lake (Çetinkaya 1993). *A. tarichi* was transferred to this lake in 1984 from Lake Van. Lake Nazik is the largest freshwater lake in the basin. Lake Nazik and Lake Aygır contain freshwater in contrast to Lake Van and Lake Erçek. Lake Nazik comes after Lake Erçek in terms of size. Lake Erçek is tectonic origin (Çetinkaya 1993). *Capoeta kosswigi*, *Carassius gibelio*, *Cyprinus carpio* besides *A. tarichi* live in this lake. Lake Aygır is a typical maar lake formed by volcanic eruption. Maar lakes are caused by a phreatomagmatic eruption, an explosion caused by groundwater coming into contact with hot lava or magma (Doğu and Deniz 2015). *C. kosswigi*, *C. carpio* and *A. tarichi* live in this lake. Study areas are shown in Figure 2.



Figure 2. Study area (Lake Van, Lake Erçek, Lake Nazik, Lake Aygır).

Sample collection

Specimens of Lake Van (100 individuals), Erçek (86 individuals), Nazik (80 individuals) and Aygır (85 individuals) were sampled in April-May 2015. Fishermen trammel nets (18-22 cm in long, mesh with 20 mm) were used for sampling. All samples were obtained from fishermen. Fork length and body weight of each individual were measured in situ to the nearest ± 0.1 cm and weighted to the nearest ± 0.1 g. Stations of locations for each lake are summarized Table 1.

Otolith measurement and image analysis

Lagenar otoliths (Figure 3) were removed as left and right discrimination for each fish sample. Lagenar (*asteriscus*) otoliths were photographed on distal side using Leica DFC295. Otolith breadth (*OB*) and length (*OL*) (± 0.001 mm) were determined by Leica Application Suit Ver. 3.8 Imaging Software. Otolith length (*OL*) is the horizontal distance between the anterior and the posterior tips of the otolith (Harvey et al. 2000). Otolith breadth (*OB*) is the vertical distance from the dorsal to the ventral

otolith edge (Battaglia et al. 2010). Otolith weight (*OW*) was detected using Precisa precision scales (± 0.0001 g). Left and right otolith measurements (*OL*, *OB* and *OW*) were tested by normality test. If the data were normally distributed, the comparisons of right-left otoliths measurements were tested by paired t test (parametric). If any of the comparative data were not normally distributed, the comparisons of right-left otoliths measurements were tested by Wilcoxon test (non-parametric paired t test). Comparisons of otolith breadth, length and weight of *A. tarichi* between localities were tested by ANOVA. Tukey Test was used for pairwise comparisons (Zar 1999). All analysis were made using SPSS 20.0 Packet Programme and MINITAB 15.0 version.

Table 1. Stations of study area

	Number of individuals	Stations	Coordinates
100	Lake Van 1. Station	38°34'09.77"N 43°12'22.22"E	
		38°33'07.46"N 43°14'55.96"E	
		38°32'10.09"N 43°17'12.64"E	
86	Lake Erçek 1. Station	38°37'26.10"N 43°34'53.00"E	
		38°41'54.96"N 43°35'57.47"E	
80	Lake Nazik 1. Station	38°51'10.89"N 42°15'06.38"E	
		38°51'03.15"N 42°19'11.60"E	
		38°53'16.00"N 42°18'53.89"E	
85	Lake Aygır 1. Station	38°50'21.96"N 42°49'00.95"E	
		38°49'57.75"N 42°49'16.44"E	
		38°50'08.80"N 42°49'41.49"E	

The power model was applied to estimate the relationships between the otolith measurements (*OB*, *OL*, *OW*) and fork length (*FL*).

$$y = a \cdot x^b$$

y is otolith measurement and *x* is fork length. The parameters *a* and *b* were estimated through the linear regression analysis based on logarithms,

$$\log Y = \log a + b \log X \text{ (Zar 1999).}$$

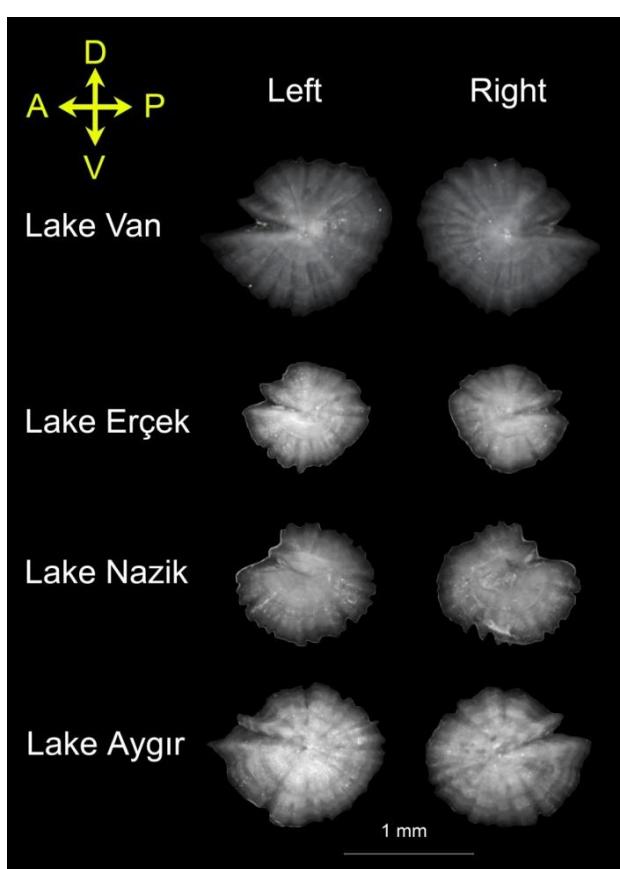


Figure 3. Lagenar otoliths of *A. tarichi*.

Results

The main descriptive statistics for fork length, body weight, otolith length, breadth and weight for each lake were summarized in Table 2.

When right and left otolith were compared, there was no significant difference in terms of otolith length and weight ($P>0.05$), but there was a statistically significant difference in terms of otolith breadth ($P<0.01$) in Lake Van. Similarly, difference of right and left otoliths in Lake Erçek was not statistically significant in terms of otolith length and weight ($P>0.05$), but there was a statistically significant difference in terms of otolith breadth ($P<0.01$). There were no differences between right and left ($P>0.05$) otolith measurements in Lake Nazik (otolith breadth, length, weight). Right and left otolith measurements of individuals inhabiting Lake Aygır were statistically similar to each other ($P>0.05$). Comparisons between right and left otoliths for *A. tarichi* are given in Table 3.

When all localities (Lake Van, Erçek, Nazik, Aygır) were evaluated together, otolith breadth, length and weight were different from each other for four localities (ANOVA, $P<0.001$). All localities were compared using pairwise comparison and we found that they were significantly different from each other in terms of otolith measurements among localities (Tukey, $P<0.001$).

Table 2. Descriptive statistics of *A. tarichi*

Habitat	Parameter	Mean	S.d.	Min.	Max.	S.e.
Lake Van	Fork Length	17.7	1.279	14.4	21.2	0.127
	Body Weight	74.86	12.88	53.40	116.70	1.280
	Otolith Length	2.812	0.1783	2.331	3.291	0.0126
	Otolith Breadth	2.554	0.1589	2.223	3.032	0.0112
	Otolith Weight	0.0032	0.0001	0.0019	0.0050	0.0001
Lake Erçek	Fork Length	21.1	1.333	18.6	24.6	0.144
	Body Weight	115.29	19.32	81.10	116.70	2.080
	Otolith Length	2.969	0.2305	2.409	3.584	0.0172
	Otolith Breadth	2.655	0.2257	2.075	3.274	0.0172
	Otolith Weight	0.0035	0.0007	0.0022	0.0063	0.0001
Lake Nazik	Fork Length	14.8	2.112	9.9	20.0	0.236
	Body Weight	34.89	16.38	8.40	89.30	1.640
	Otolith Length	1.822	0.241	1.2	2.637	0.0190
	Otolith Breadth	1.611	0.198	1.120	2.234	0.0156
	Otolith Weight	0.0022	0.0007	0.0008	0.0051	0.0000
Lake Aygır	Fork Length	16.3	1.437	13.0	18.9	0.156
	Body Weight	48.75	12.76	21.90	68.40	1.280
	Otolith Length	2.023	0.175	1.499	2.424	0.0134
	Otolith Breadth	1.802	0.150	1.372	2.097	0.0114
	Otolith Weight	0.0029	0.0006	0.0014	0.0049	0.0000

Table 3. Comparison between right and left otoliths for *A. tarichi*

Locality	Variable	Statistical test	Significance
Lake Van	Right-left otolith length	Paired t test (parametric)	P>0.05
	Right-left otolith breadth	Paired t test (parametric)	P<0.01
	Right-left otolith weight	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
Lake Erçek	Right-left otolith length	Paired t test (parametric)	P>0.05
	Right-left otolith breadth	Paired t test (parametric)	P<0.01
	Right-left otolith weight	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
Lake Nazik	Right-left otolith length	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
	Right-left otolith breadth	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
	Right-left otolith weight	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
Lake Aygır	Right-left otolith length	Wilcoxon test (non-parametric)	P>0.05
	Right-left otolith breadth	Paired t test (parametric)	P>0.05
	Right-left otolith weight	Paired t test (parametric)	P>0.05

According to the regression coefficients between the relationship of fish length and otolith measurements, otolith length was found to be the best indicator for estimating the length of fish in Lake Erçek and Lake Aygır. Otolith breadth was found to be the best indicator for estimating the length of fish in Lake Van and Lake Nazik (Figure 4).

Discussion

Otoliths are considered a profound taxonomic tool in fish species identification due to their inter-specific variability (Battaglia et al. 2010). Otolith measurements such as the length and width are also important to estimate the size and mass of the fish being preyed upon, as often in studies on feeding ecology the only item remaining in the stomach of a predator is the otolith (Jawad et al. 2011).

In this study, when right and left otolith were compared, there was no significant difference in terms of otolith length and weight, but there was a statistically significant difference in terms of otolith breadth in Lake Van. Bostancı et al. (2015) used otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcooides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. One of these inland waters is Lake Van. Otolith shape and morphometry of *A. tarichi* inhabiting Lake Van was investigated and they have found that left and right asteriscus otolith pairs were not statistically different (P>0.05) in terms of otolith weight and otolith length but were statistically different (P<0.01) in terms of otolith width (Bostancı et al. 2015). These results are similar to the current study. There are also different studies which show no difference between right and left otoliths (Jawad et al. 2011; Zengin et al. 2015; Zengin et al. 2017).

Fish size-otolith size relationships will be useful for researchers examining food habits of piscivores

and size of fish in archaeological samples (Harvey et al. 2000). In this study, when the relationships between fish length and otolith measurements were evaluated, otolith length was found to be the best indicator for estimating the length of fish in Lake Erçek and Lake Aygır. Otolith breadth was found to be the best indicator for estimating the length of fish in Lake Van and Lake Nazik. Tarkan et al. (2007) investigated the biometric relationships between fish length and some bones (pharyngeal, opercula, cleitral) for *A. tarichi* inhabiting Lake Van. The results suggested that the biometric relationships between fish length and these bones were well suited for use in prey-predator studies of the *A. tarichi* (Tarkan et al. 2007). Bostancı et al. (2011) studied the relationships of otolith dimensions-fork length *A. tarichi* in Lake Van and reported that regression coefficients were 0.77, 0.74, 0.85 for *OL-FL*, *OB-FL*, *OW-FL*, respectively. Basusta et al. (2013) investigated otolith biometry-total length relationships in the population of Hazar Bleak, *Alburnus heckeli* (Battalgil, 1943) inhabiting Lake Hazar, Elazig, Turkey. They found a strong relationship between the otolith lengths and total length obtained ($R^2 = 0.9014$).

The otolith length (Waessle et al. 2003; Zengin et al. 2015), otolith breadth (Kumar et al. 2017) and otolith weight (Bostancı et al. 2011; Zengin et al. 2017) can be calculated as the best indicator for predicting fish size. Otolith biometry-fish length relationships have been determined for some freshwater and marine fishes (Harvey et al. 2000; Battaglia et al. 2010; İlkyaz et al. 2008; Mata et al. 2008; Mamry et al. 2010; Jawad et al. 2011; Basusta et al. 2013; Felix et al. 2013). However, the right and left otoliths may not provide the same results of prey fish length estimates (Harvey et al. 2000; Waessle et al. 2003; Kumar et al. 2012).

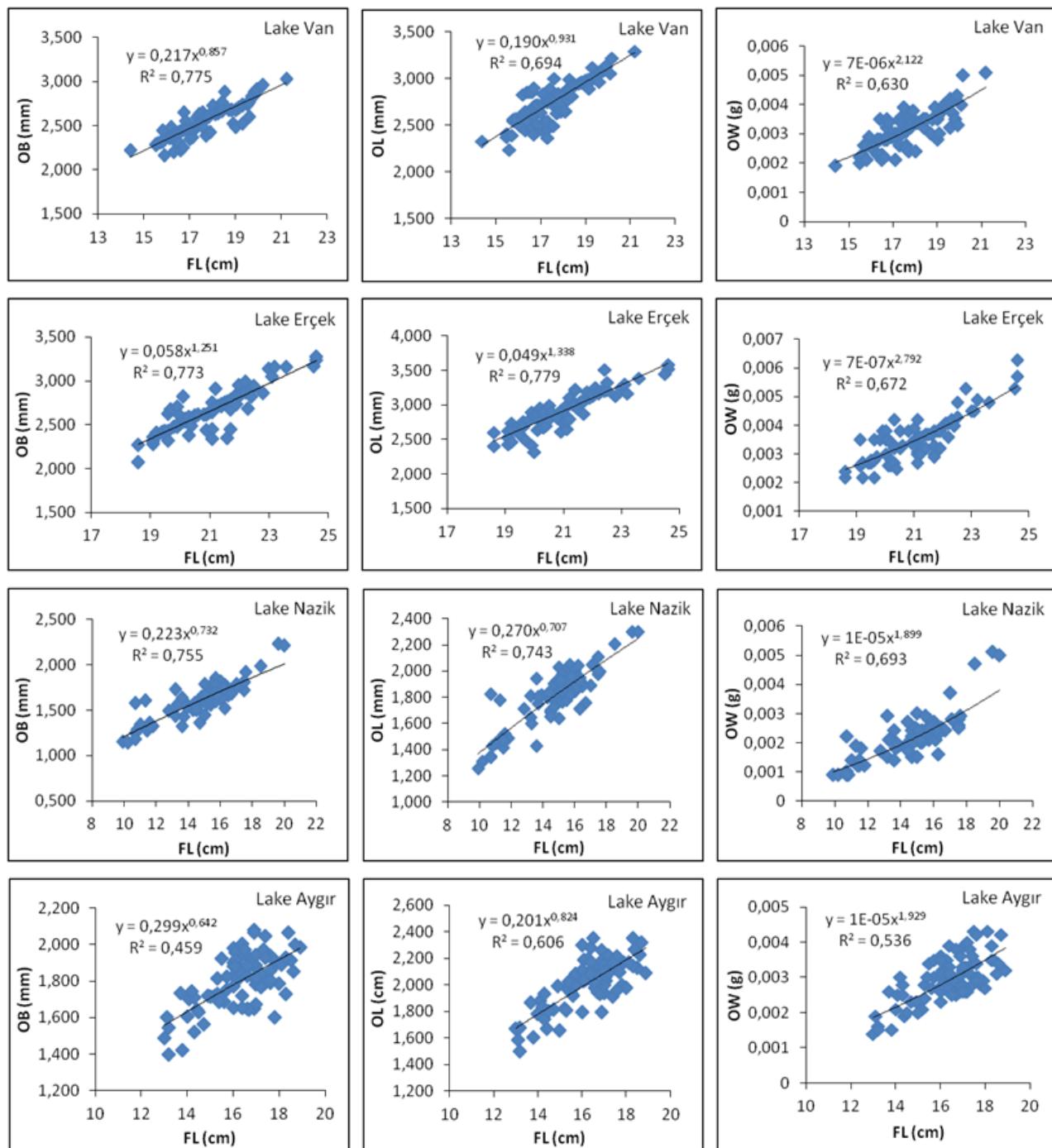


Figure 4. Fork length-otolith dimensions relationships for *A. tarichi* inhabiting Van Basin

The morphological and meristic characteristics of fish and their hard body parts have been shown as useful in stock identification studies (Kumar et al. 2017; Bostancı et al. 2017; Mapp et al. 2017). Otoliths are useful because their growth is related to increase in fish size and generally follow an allometric increase in dimensions (Chilton and Beamish 1982). Therefore, differences in the development patterns of otoliths have been associated with variations in growth rate and have been used for separation of stocks (Messieh 1972; Janusz 1990). The growth of individuals belonging to the same species may show some variations for

different areas and stocks (Campana and Casselman 1993; Reichenbacher et al. 2009) or between sexes (Echeverria 1987). Furthermore, otoliths are exposed to chemical and mechanical abrasion in the digestive tract of predators (Jobling and Breiby 1986; Granadeiro and Silva 2000) and their size may be underestimated. The current study is important for detection of otolith features of tarek inhabiting different localities. Otolith breadth, length and weight between localities were significantly different; this result is thought to occur due to the physicochemical properties of the habitats. While Lake Van and Lake Erçek have salty water feature,

Aygor and Nazik Lake have freshwater features. *A. tarichi* populations of Lake Erçek and Lake Van originated from Van Lake. It was transferred to Lake Erçek in 1984 from Lake Van. The difference in the otolith characteristics is thought to occur due to the fact that habitats have different characteristics. The habitat characteristics of the other populations (Lake Nazik and Lake Aygor) are different from each other (Elp et al. 2016) and have not interfered with each other for hundreds of years. This difference may be reflected in genetic traits and is thought to reflect the trace stock properties. When localities are compared with each other, there were significant differences among localities in terms of otolith measurements. The fact that otolith measurements of tarek show differences between populations will contribute to stock discrimination to be carried out thereafter. It is recommended that stock discrimination of tarek may be carried out using otolith features.

This study will be a preliminary work to be carried out thereafter in terms of investigation of otolith characteristics of *A. tarichi* which is an endemic species to Turkey inhabiting different localities of Van Basin and which is assessed as Near Threatened according to IUCN. These results are important in order to ensure the continuity of tarek which is important both in terms of tourism and economy. Also, there is no study on otolith morphometry of tarek living in Lake Erçek, Lake Nazik and Lake Aygor. This is the first information on otolith features of *A. tarichi* inhabiting Lake Erçek, Lake Nazik and Lake Aygor. There are no studies on the otolith characteristics of other species living in the Van Basin. Fish and fisheries are an integral part of most societies and make important contributions to economic and social health. Fishing of *A. tarichi* constitute about one fourth of the Turkish inland water fishery. The results of this study will contribute to future managements of *A. tarichi*.

References

- Basusta A, Bal H, Aslan E. 2013. Otolith biometry - total length relationships in the population of Hazar Bleak, *Auburnus heckeli* (Battalgil, 1943) inhabiting Lake Hazar, Elazig, Turkey. Pak J Zool. 45(4):1180-1182.
- Battaglia P, Malara D, Romeo T, Andaloro F. 2010. Relationship 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](https://doi.org/10.3989/scimar.2010.74n3605)
- 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(6): 1346-1349.
[doi: 10.1111/j.1439-0426.2010.01468.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2010.01468.x)
- Bostancı D, Polat N, Kurucu G, Yedier S, Kontaş S, Darçin M. 2015. Using otolith shape and morphometry to identify four *Alburnus* species (*A. chalcoides*, *A. escherichii*, *A. mossulensis* and *A. tarichi*) in Turkish inland waters. J Appl Ichthyol. 31(6):1013-1022.
[doi: 10.1111/jai.12860](https://doi.org/10.1111/jai.12860)
- Bostancı D, Yedier S, Kontaş 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. EgeJFAS. 34(1): 11-16.
[doi:10.12714/egejfas.2017.34.1.02](https://doi.org/10.12714/egejfas.2017.34.1.02)
- Campana SE, Casselman JM. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. Can J Fish Aquat Sci. 50(5): 1062-1083.
[doi: 10.1139/f93-123](https://doi.org/10.1139/f93-123)
- Chilton DE, Beamish RJ. 1982. Age determination methods for fishes studied by the Groundfish Program at the Pacific Biological Station. Can Spec Pub Fish Aquat Sci. 60, 102p.
- Çetinkaya O. 1993. Van Gölü Havzası Su Kaynakları ve Balıkçılık Potansiyeli Paper presented at: I. Su Ürünleri Sempozyumu, Turkey. [in Turkish].
- Çetinkaya O. 2000. Doğu Anadolu su kaynaklarının doğal ve balıkçılık tarihi üzerinde incelemeler. Paper presented at: IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, Turkey. [in Turkish].
- Çiftçi Y, Işık MA, Alkevli T, Yeşilova Ç. 2008. Van Gölü Havzasının çevre jeolojisi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi 32(2): 45-77. [in Turkish].
- Doğu AF, Deniz O. 2015. Morphologic features and tourism facilities of Aygor Lake. The Journal of International Social Research. 8(41):692-702.
- Echeverria TW. 1987. Relationship of otolith length to total length in rockfishes from northern and central California. Fish Bull. 85(2): 383-387.
- Elp M, Çetinkaya O. 2000. Research on reproduction biology of (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811). Paper presented at: IV. Doğu Anadolu Su Ürünleri Sempozyumu, Erzurum, Turkey. [in Turkish].
- Elp M, Şen F, Atıcı AA. 2014. İnci kefalinin (*Alburnus tarichi* (Guldenstaedtii, 1814)) Van Gölü Havzası su kaynaklarındaki yayılım bölgeleri, YYÜ, Tar Bil Derg. 24(3):228-232.
- Elp M, Atıcı AA, Şen F, Duyar HA. 2016. Van Gölü Havzası balıkları ve yayılım bölgeleri. YYÜ Tar Bil Derg. 26(4): 563-568.
- Felix VR, Martinez-Perez JA, Molina JR, Zuniga REQ, Lopez JF. 2013. Morphology and morphometric relationships of the sagitta of *Diapterus auratus* (Perciformes: Gerreidae) from Veracruz, Mexico. Rev Biol Trop. 61(1): 139-147.
[doi: 10.15517/rbt.v61i1.10938](https://doi.org/10.15517/rbt.v61i1.10938)
- Freyhof J. 2014. *Alburnus tarichi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014.
- Geldiay R, Balık S. 2007. Türkiye tatlısu balıkları. Bornova: Ege Üniversitesi Basımevi. 644p. [in Turkish].
- Gölle ve Sulak Alanlar Eylem Planı, 2017. [cited 2017 June 16]. Available from http://suyonetimi.ormansu.gov.tr/Libraries/su/GÖLLE_VE_SULAK_ALANLAR_EYLEM_PLANI.sflb.ashx.

- Granadeiro JP, Silva MA. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies. *Cybium*. 24(4): 383-393.
- 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. Tech. Rep. NMFS 150.
- Hossucu B, Kaya M, Taşkavak E. 1999. An investigation of growth parameters and otolith-total length relationship of *Solea solea* (L., 1758) (Pisces: Soleidae) in İzmir Bay. *Israel J Zool.* 45(2): 277-287.
- Hüssy K, Mosegaard H, Moesgaard AC, Nielsen EE, Hemmer-Hansen J, Eero M. 2016. Evaluation of otolith shape as a tool for stock discrimination in marine fishes using Baltic Sea cod as a case study. *Fish Res.* 174: 210-218.
[doi: 10.1016/j.fishres.2015.10.010](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.010)
- İlkyaz AT, Metin G, Soykan O, Kinacigil HT. 2008. Length-weight relationship of 62 fish species from the central Aegean Sea, Turkey. *J Appl Ichthyol.* 24(6):699-702.
[doi: 10.1111/j.1439-0426.2008.01167.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01167.x)
- Janusz J. 1990. Differences in the growth of otoliths of walleye pollock *Theragra chalcogramma* from the Bering Sea and the Gulf of Alaska. *Bull Sea Fish Inst* 5-6, 13-18.
- Javor B, Lo N, Vetter R. 2011. Otolith morphometrics and population structure of Pacific sardine (*Sardinops sagax*) along the west coast of North America. *Fish Bull.* 109(4):402-415.
- Jawad LA, Al-Mamry JM, Al-Mamari HM, Al-Yarubi MM, Al-Busaidi HK. 2011. Relationships between fish length and otolith length, width and weight of *Rhynchorhamphus georgi* (Valenciennes, 1846) (Family: Hemiramphidae) collected from Oman Sea. *Rom J Biol.* 56:189-200.
- Jobling M, Breiby A. 1986. The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71(3-4): 265-274.
[doi: 10.1080/00364827.1986.10419696](https://doi.org/10.1080/00364827.1986.10419696)
- Kempe S, Khoo F, Gürleyik Y. 1978. Hydrography of Lake Van and its drainage area. In: Degens ET, Kurtman F, editors. *The geology of Lake Van*. Ankara: MTA Press, No:169, p. 30-44.
- Kocabas M. 1999. Nazik Gölü (Ahlat Bitlis) İnci kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) populasyonunun yapısı, büyümeye, üreme ve beslenme özellikleri üzerine araştırmalar [Master's Thesis]. Yüzüncü Yıl University, 53p. [in Turkish].
- Kumar, K.; Chakraborty, S. K.; Jaiswar, A. K., 2012. Comparative otolith morphology of sciaenids occurring along the north-west coast of India. *Indian J. Fish.* 59(4), 19-27.
- Kumar KVA, Deepa KP, Hashim M, Vasu C, Sudhakar M. 2017. Relationships between fish size and otolith size of four bathydemersal fish species from the south eastern Arabian Sea, India. *J Appl Ichthyol.* 33(1):102-107.
[doi: 10.1111/jai.13250](https://doi.org/10.1111/jai.13250)
- Kuru M. 1975. Dicle-Fırat, Kura-Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzaları tatlı sularında yaşayan balıkların (Pisces) sistematik ve zoocoğrafik yönünden incelenmeleri. [Doçentlik tezi], Atatürk University 180 p. [in Turkish].
- Mehanna SF, Jawad LA, Ahmed YA, Abu El-Regal MA, Dawood D. 2016. Relationships between fish size and otolith measurements for *Chlorurus sordidus* (Forsskål, 1775) and *Hippocampus harid* (Forsskål, 1775) from the Red Sea coast of Egypt. *J Appl Ichthyol.*, 33(2):356-358.
[doi: 10.1111/jai.12995](https://doi.org/10.1111/jai.12995)
- Mamry JA, Jawad L, Busaidi HA, Habsi SA, Rasbi SA. 2010. Relationships between fish size and otolith size and weight in the bathypelagic species, *Beryx splendens* Lowe, 1834 collected from the Arabian Sea coasts of Oman. *Quad Mus St Nat Livorno.* 23: 79-84.
[doi: 10.4457/musmed.2010.23.79](https://doi.org/10.4457/musmed.2010.23.79)
- 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](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2017.01.017)
- Mata AJ, Morales J, Márquez L. 2008. Weight-length relationships for 26 demersal fish species of the Spanish South-Atlantic coastal waters. *J Appl Ichthyol.* 24(3): 330-333.
[doi: 10.1111/j.1439-0426.2008.01058.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01058.x)
- Messieh SN. 1972. Use of otoliths in identifying herring stocks in the Southern Gulf of St. Lawrence and adjacent waters. *J Fish Res Board Can.* 29(8): 1113-1118.
[doi: 10.1139/f72-166](https://doi.org/10.1139/f72-166)
- Reichenbacher B, Kamrani E, Esmaeili HR, Teimori A. 2009. The endangered cyprinodont *Aphanius ginaonis* (Holly, 1929) from southern Iran is a valid species: evidence from otolith morphology. *Environ Biol of Fish.* 86(4): 504-521.
[doi: 10.1007/s10641-009-9549-5](https://doi.org/10.1007/s10641-009-9549-5)
- Renán X, Montero-Muñoz J, Garza-Pérez JR, Brulé T. 2017. Age and Stock Analysis Using Otolith Shape in Gags from the Southern Gulf of Mexico. *T Am Fish Soc.* 145(6): 1252-1265.
[doi: 10.1080/0028487.2016.1217928](https://doi.org/10.1080/0028487.2016.1217928)
- Tarkan AS, Gaygusuz ÇG, Gaygusuz Ö, Acıpinar H. 2007. Use of bone and otolith measures for size-estimation of fish in predator-prey studies. *Folia Zool.* 56(3): 328-336.
- TUIK. 2014. [cited 2014 December 12]. Available from, http://www.tuik.gov.tr/PreTabelo.do?alt_id=1005.
- Tuset VM, Lombarte A, Assis CA. 2008. Otolith atlas for the western Mediterranean north and central eastern Atlantic. *Scientia Marina.* 72(S1): 7-198.
[doi: 10.3989/scimar.2008.72s17](https://doi.org/10.3989/scimar.2008.72s17)
- Tuset VM, Lozano IJ, Gonza'lez JA, Pertusa JF, Garcí'a-Díaz MM. 2003. Shape indices to identify regional differences in otolith morphology of comber, *Serranus cabrilla* (L., 1758). *J Appl Ichthyol.* 19(2); 88-93.
[doi: 10.1046/j.1439-0426.2003.00344.x](https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.2003.00344.x)
- Waessle JA, Lasta CA, Favero M. 2003. Otolith morphology and body size relationships for juvenile Sciaenidae in the Río de la Plata estuary (35-36°). *Sci Mar.* 67(2): 233-240.
- Yilmaz S, Yazicioglu O, Saygin (Ayaydin) S, Polat N. 2014. Relationships of otolith dimensions with

- body length of European perch, *Perca fluviatilis* L., 1758 from Lake Ladik, Turkey. Pak J Zool. 46(5): 1231-1238.
- 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 Appl Ichthyol. 31(2015):544-548.
[doi: 10.1111/jai.12751](https://doi.org/10.1111/jai.12751)
- Zar JH. 1999. Biostatistical analysis. New Jersey, Prentice-Hall.
- 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 Malays. 44(5): 657-662.
[doi: 10.17576/jsm-2015-4405-03](https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4405-03)
- Zengin M, Saygin S, Polat N. 2017. Relationships between otolith size and total length of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766) in Black Sea (Turkey). North-West J Zool. 13(1):169-171.



Actual Status of Eber Lake in Terms of Fish Community Structure

Fatih MANGIT*^{ID}, Mustafa KORKMAZ^{ID}, Uğur SÜ^{ID}, Sedat Vahdet YERLİ^{ID}

Hacettepe University, Science Faculty, Department of Biology, SAL, Ankara, Turkey

ABSTRACT

Lake Eber is a small, shallow tectonic lake, located in the central part of Anatolia. Lake is under effect of pollution and exotic fish species. In order to define environmental degradation within the lake and its effects on fish assembly in a historical perspective field study was conducted. Water sampling was conducted seasonally between December, 2012 and September, 2013. Physico-chemical parameters as dissolved oxygen, pH, total phosphorus and total Kjeldahl nitrogen was assessed. Trophic state index was calculated from phosphorus concentrations and trophic state of the lake was assessed. Fishing was carried out in April, 2013, on randomly selected eight stations with benthic multimesh nets (30 m long, 1.5 m depth, 12 different mesh size from 5x5 mm to 55x55 mm) and fyke net. Fish assembly, catch data (catch per unit effort), length-weight relationships of the species with enough sample size is reported.

Keywords: Fish fauna, length-weight relationship, eutrophication, Afyonkarahisar

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received : 11.07.2017
 Revised : 10.08.2017
 Accepted : 14.08.2017
 Published : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.327824

* CORRESPONDING AUTHOR

fatihmangit@gmail.com
 Tel : +90 312 297 67 85

Eber Gölü'nün Balık Komunite Yapısı Açısından Güncel Durumu

Öz: Eber Gölü, İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan küçük ve sıçır bir tektonik göldür. Göl kirlenme ve egzotik balık türlerinin baskısı altındadır. Tarihsel çerçevede, göldeki çevresel bozunmayı tanımlamak ve bunun balık toplulukları üzerindeki baskısını tanımlamak amacıyla alan çalışmaları gerçekleştirılmıştır. Su örneklemesi Aralık, 2012 ile Eylül, 2013 tarihleri arasında gerçekleştirılmıştır. Çözünmüş oksijen, pH, toplam fosfor ve toplam Kjeldahl azotu gibi fiziko-kıymasal özellikler belirlenmiştir. Fosfor konsantrasyonları üzerinden trofik statü indeksi hesaplanmış ve trofik statü değerlendirilmiştir. Balık avcılığı, sekiz farklı istasyonda, bentik çok gözlü ağlar (30 m uzunluğunda, 1,5 m eninde, 5x5 ila 55x55 mm göz açıklığında) ve pinter ile Nisan, 2013 tarihinde gerçekleştirılmıştır. Balık toplulukları, av verisi (birim av çaba), yeterli sayıda örnek bulunan türlerin boy-ağırlık ilişkileri rapor edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Balık faunası, boy-ağırlık ilişkisi, ötrifikasiyon, Afyonkarahisar

How to Cite

Mangit F, Korkmaz M, Sü U, Yerli SV. 2017. Actual Status of Eber Lake in Terms of Fish Community Structure. 3(2):101-106.
 doi: 10.17216/LimnoFish.327824

Introduction

Lake Eber is a small, shallow tectonic lake, located in the central part of Anatolia, it is surrounded by Emir Mountains from the south and Sultan Mountains from the north (Atalay 1977; Köle et al. 2016). Eber is the biggest lake in the Akarçay River Basin after drying of Akshehir Lake. Basin which the lake resides is a closed basin, made up mainly by Akarçay River which is also the main influent into the lake. Changes in climatic conditions which are effecting the water regime, and anthropological activities are the main threats for the basin and lake itself.

Eutrophication is the process of nutrient accumulation causing water body to become more productive (Moss 1988). This process promotes algal blooms causing high variations in dissolved oxygen content of water and can cause release of bloom related algal toxins. From fisheries perspective, all this can lead to fish deaths and in the long term changes in fish fauna. In addition to this environmental degradation, presence of exotic species can speed up this process. Introduction of fish species can alter ecosystem and effect biodiversity by means of predation, competition, hybridization and habitat alteration (Cowx 1998).

Lake Eber is under effect of these anthropogenic pressures. This study aims to define environmental degradation within the lake and its effects on fish assembly in a historical perspective.

Materials and Methods

Water sampling was conducted seasonally between December, 2012 and September, 2013 whereas fish sampling was conducted in April, 2013. Physico-chemical parameters such as dissolved oxygen (DO; mg/l) and pH were recorded in situ with YSI 5739 and YSI 33 SCT meter respectively. Chemical parameters such as total phosphorus (TP; mg/l), total Kjeldahl nitrogen (TKN; mg/l) was analyzed in an accredited laboratory conditions (OSİB SYGM 2013).

In order to determine trophic status of the lake Trophic State Index (TSI) developed by Carlson (1977) is used. Trophic state according to total phosphorus (TSI_{TP}) is calculated using the formula below.

$$TSI_{TP} = 10(6 - \left(\frac{\ln\left(\frac{48}{TP}\right)}{\ln(2)} \right))$$

Fishing was carried out on 8 stations with benthic multimesh nets (30 m long, 1.5 m depth, 12 different mesh size from 5x5 mm to 55x55 mm) and fyke net following TS EN 14757 sampling standart. Due to low water depth, no significant stratification was observed in the lake and benthic positioning of the multimesh gillnets sufficiently sampled the water column. Species identification were done according to Battalgil 1944, Bogutskaya 1997, Geldiay & Balık 2007; Kuru et al. 2014. Total length (TL), Fork length (FL) and Standart length (SL) were measured to nearest millimeter with ruler (TL>15 cm) and digital caliper (TL<15 cm). Weighing was conducted with analog and digital scales. Sampled fish were kept in ice until all measurements were finished.

Catch per unit effort (CPUE) was reported as number of specimens and grams of fish catch per multimesh net. Length weight relationships were calculated using the Ricker (1975) (LWR) model ($W = aTL^b$); in which W is total weight (g), TL is total length (cm), a and b are the equation parameters calculated by the least squares method using the logarithmic form of the equation. Significance of the regression was reported by the correlation coefficient of the regression (R^2), and significant differences from isometric growth ($H_0: b = 3$) were assessed (p). LWR and frequence analyses were conducted with FSA package (Ogle 2014) developed for R 3.4.0 (R Core Team 2014).

Results

Properties of water body

Physico-chemical properties of the water is summarised in Table 1 with the results of similar analysis reported in Günay et al. (1985) and Kazancı et al. (1999) for comparison. Phosphorus concentration from Akşehir Lake is added from Numann (1958) since at this date lakes connect at certain dates throughout the year. Phosphorus levels for Eber Lake can be lower than this value (0.02 mg/L) since Akşehir Lake is the last residence for water in the basin.

Water pH seems to show variances throughout the year and there seems to be a shift to the basic side when compared to previous readings. High values of total phosphorus and nitrogen compounds seem to indicate eutrophic conditions. Nitrogen compounds seem to increase significantly over the years. Trophic state index scores for total phosphorus (TSI_{TP}) was high and indicating hypereutrophic tendency after 1980's. Rather than showing a recovery or stabilization, these values showed a significant increase after these dates.

Table 1. Some physico-chemical parameters for Lake Eber with TSI values calculated for TP

	DO *	pH	TP *	TKN *	Reference	TSI (TP)
1954	-	-	0.02**	-	Numann (1958)	47.37
12.1982	-	-	0.13	1.80		74.37
03.1983	-	-	0.07	2.23		65.44
04.1983	-	-	0.02	0.98	Günay et al (1985)	47.37
06.1983	-	-	0.15	2.18		76.44
08.1983	-	-	0.10	3.58		70.59
10.1983	-	-	0.10	1.48		70.59
06.1996	6.70	7.06	-	-	Kazancı et al (1999)	-
05.1998	5.60	7.10	-	-		-
11.2012	9.62	8.63	0.46	5.48		92.61
03.2013	14.11	9.25	0.34	2.01	This study	88.10
06.2013	14.00	8.94	0.34	4.67		88.10
09.2013	9.63	9.40	0.34	12.18		88.39

* mg/l, ** Values from Akşehir Lake

Fish assembly and LWR

A total of 3280 specimens of seven fish species were sampled from the lake. These species are *Alburnus nasreddini* Battalgil, 1943; *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; *Carassius gibelio* (Bloch, 1782); *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758); *Seminemacheilus lendlii* (Hanko, 1925); *Cobitis simplicispina* Hanko, 1925 and *Knipowitschia caucasica* (Berg, 1916). Sampled fish specimens, their total weight, catch per unit effort (CPUE) and

Length-weight relationships (LWRs) of the species with enough sample size is given in Table 2.

Model fit is successive for *A. nasreddini*, *C. gibelio* and *C. simplicispina*. However, coefficient for determination (R^2) value for *S. lendlii* is 0.71 indicating a failure in model fit possibly due to variative weights at same length rather than sample

size. All b values for the species (except *S. lendlii*) with enough number of specimens for the model are over three indicating a positive allometry. Length-weight relationship plots, residuals of the regression model and frequency analysis of *A. nasreddini*, *C. gibelio*, *C. simplicispina* and *S. lendlii* are illustrated between Figures 1-4.

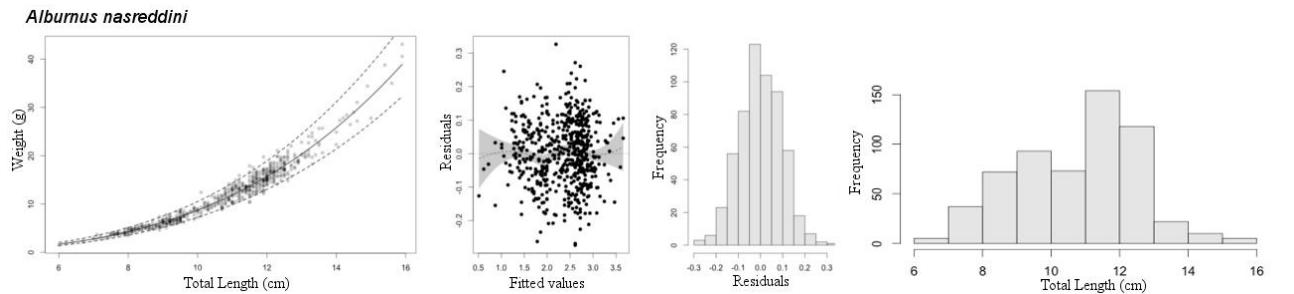


Figure 1. *A. nasreddini* length weight relationship plot, regression model fit plots and length frequency

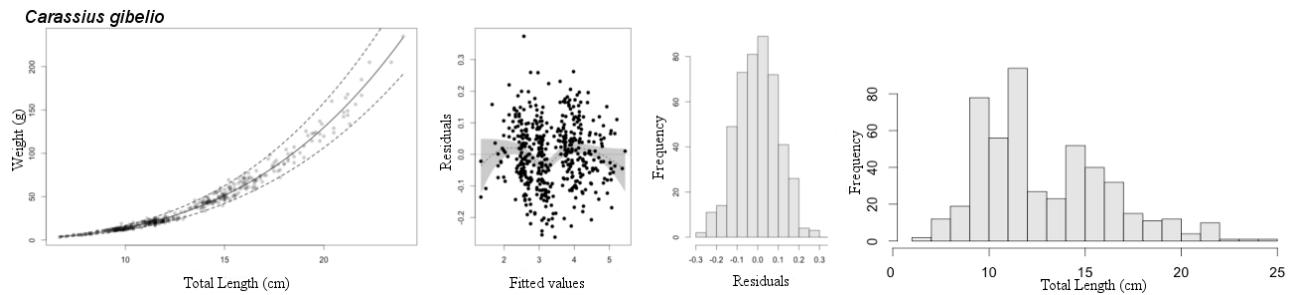


Figure 2. *C. gibelio* length weight relationship plot, regression model fit plots and length frequency

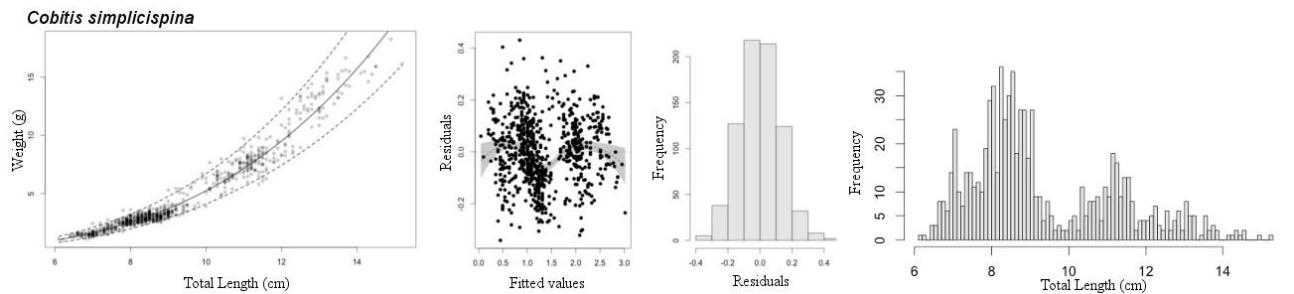


Figure 3. *C. simplicispina* length weight relationship plot, regression model fit plots and length frequency

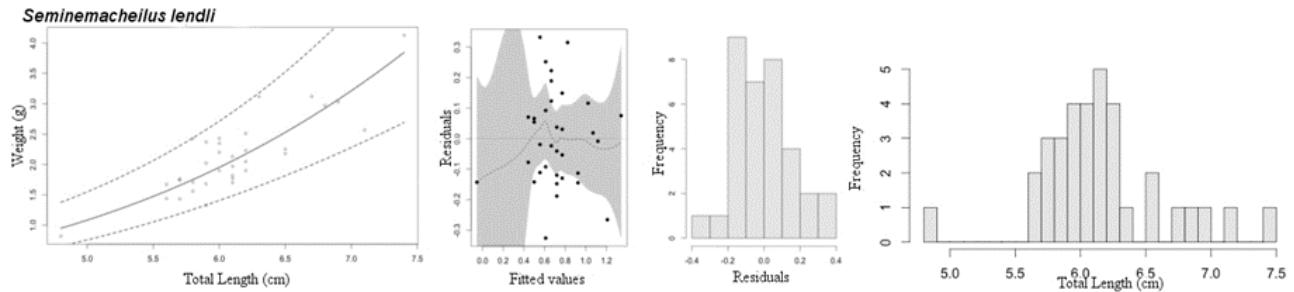


Figure 4. *S. lendlii* length weight relationship plot, regression model fit plots and length frequency

Table 2. Fish abundance and length weight relationship values

Species	Total n	CPUE*			LWR n	TL (cm)	W (g)	Regression Parameters					
		Weight (g)	(n)	(g)				Min.	Max.	Min	Max	a	
<i>A. nasreddini</i>	1115	7709.97	139.38	12437.25	577	6	15.9	1.47	43.05	0.0051	3.23±0.02	0.97	0.001
<i>C. gibelio</i>	1149	32774.8	143.63	36716.29	466	6.7	24.0	3.33	235.00	0.0083	3.22±0.02	0.99	0.001
<i>S. lendlii</i>	74	138.35	9.25	149.82	34	4.8	7.4	0.82	4.13	0.0059	3.23±0.35	0.71	0.514
<i>C. simplicispina</i>	925	4250.11	115.63	4306.15	768	6.1	15.2	1.08	18.26	0.0029	3.26±0.02	0.96	0.001
<i>T. tinca</i>	4	29.2	0.38	29.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>K. caucasica</i>	3	1.93	0.38	1.93	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. carpio</i>	10												

*Catch per unit effort: Catch per multimesh net (30 m)

Discussion

Elements which can be helpful to determine water quality is showing that lake is hypertrophic. Most of the parameters reach levels that can be classified as the worst class (class IV) according to criteria for water quality (SKKY 2004). Increased pH is typical for eutrophic lakes as can be seen in Lake Mogan (Mangit and Yerli 2010) and Lake Uluabat (Elmacı et al. 2009), similar shallow lakes with hypertrophy tendency. Oxygen levels in lake seem to be high throughout the year. This over saturation with oxygen is typical in shallow lakes with dense submerged macrophytes as Lake Eber. Phosphorus (TP) and nitrogen compounds (TKN) seem to increase over the years compared to Günay et al. (1985) and Kazancı et al. (1999).

Fish sampling data revealed that *A. nasreddini* and *C. gibelio* is widespread in the lake whereas *S. lendlii*, *C. simplicispina*, *C. carpio*, *T. tinca* and *K. caucasica* are not caught by every gillnet. *C. gibelio* seem to dominate fish populations in the lake by means of individuals and biomass. According to results this invasive fish species constitutes 35% of the fish specimens and 73% of fish biomass. By means of population size it is followed closely by *A. nasreddini* (34%) and *C. simplicispina* (28%) however in terms of biomass it is by far the dominant species. Invasion potential of *C. gibelio* is demonstrated clearly in Lake Eber. *A. nasreddini* constitutes 34% of the specimens sampled. Eber Lake is the type locality of *A. nasreddini* and this species is listed under Critically Endangered status by IUCN (2017) due to pollution and desiccation. However high the CPUE may seem in this study it is clearly under threat of *C. gibelio*.

This recent fauna is a consequence of pollution brought by Akarçay River and fisheries activities. In this study *E. lucius* and *C. carpio* can not be sampled by gillnets however the latter is sampled by fyke nets. Both species are present in the lake

however according to fisherman catch of these species dropped significantly as it can be interpreted from gillnet catch results. In addition to this decrease in economically important species *C. carpio* and *E. lucius*, *T. tinca* is under serious fishing pressure too. Only four specimens were caught in this study.

Fish fauna is compared to the previous studies in order to interpret long term changes in the lake (Table 3). Changes in fish fauna and environmental degradation through the years summarised in Figure 5.

C. carpio and *E. lucius* assumed to have a natural distribution in Turkey however both of them are translocated extensively (İnnal and Erk'akan 2006, İnnal 2012, Tarkan et al. 2015). But due to having a report in the beginning of 1900's, these species are listed under native status. *A. nasreddini* has not been reported by Deveciyan (1915), but due to similar lateral line scale count it can be mistaken as *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758). In addition to this possible confliction, Deveciyan (1915) reported 3 more species namely, *C. carpio*, *E. lucius* and *Squalius recurvirostris* Özuluğ & Freyhof, 2011 (given as *Leuciscus cephalus*). Other species were probably distributed in the lake however main focus at these years were fisheries rather than biological diversity. Therefore we colored these boxes as gray to indicate this probability. Following Deveciyan (1915), no reports had been found until Kosswig (1952). In this study by Kosswig, fauna for Eber Lake with Akşehir Lake combined since at that time connection between these lakes was not disrupted. And to our knowledge this was the first and last detailed report about the lake. There seems to be drastic changes in the fish fauna over the years. *C. gibelio* seem to enter this lake after 2000's and possibly with the help of environmental degradation it became the dominant species. Species with possible low tolerance to eutrophication such as

Gobio intermedius Battalgil, 1944 and *S. recurvirostris* are replaced by tolerant *C. gibelio*, *K. caucasica* and *T. tinca*.

In order to restore the lake, pollution need to be controlled. However even if influent is controlled there won't be an immediate shift to eutrophic state. Water quality of the lake need to be monitored closely and possibly some other measures can be taken to control eutrophication. Also fisheries activities need to be monitored carefully and measures to remove *C. gibelio* from the lake need to be considered.

Table 3. Fish fauna comparison for Lake Eber

	Deveciyan 1915	Kosswig 1952	Kazancı et al. 1999	This study
Native Species				
<i>Alburnus nasreddini</i> ⁽¹⁾	Battalgil, 1943		+	+
<i>Cobitis simplicispina</i> ⁽²⁾	Hankó, 1925		+	+
<i>Gobio intermedius</i> ⁽³⁾	Battalgil, 1944		+	
<i>Rutilus rutilus</i> ⁽⁴⁾	(Linnaeus, 1758)	+		
<i>Seminemacheilus lendlii</i>	(Hankó, 1925)		+	+
<i>Squalius recurvirostris</i> ⁽⁵⁾	Özulug & Freyhof, 2011	+		
<i>Cyprinus carpio</i>	Linnaeus, 1758			
<i>Esox lucius</i>	Linnaeus, 1758			
Exotic Species				
<i>Carassius gibelio</i>	(Bloch, 1782)			+
<i>Ctenopharyngodon idella</i> ⁽⁶⁾	(Valenciennes, 1844)			
<i>Knipowitschia caucasica</i>	(Berg, 1916)			+
<i>Tinca tinca</i>	(Linnaeus, 1758)			+

1) It has been reported as *Alburnus orontis*, *Alburnus alburnus* and *Alburnus nasreddini*. 2) It has been reported as *Cobitis taenia*. 3) It has been reported as *Gobio gobio* and *Gobio gobio intermedius*. 4) It has been reported as *Leuciscus rutilus*. 5) It has been reported as *Leuciscus cephalus* and *Leuciscus lepidus*. 6) It was released for macrophyte control, sampled in 2008 (DKMPGM 2008), but no reports since.

Acknowledgements

This study was conducted with ALKA, HT-TTM, HU SAL in a project supported by Republic of Turkey, Ministry of Forestry and Water Affairs General Directorate of Water Management. Part of this study was presented in *Ecology Symposium, 7-9 May 2015, Sinop-Turkey* as poster presentation.

References

- Atalay İ. 1977. Sultandağları ile Akşehir ve Eber göl hizalarının strüktüral, jeomorfolojik ve toprak erozyonu etüdü, Erzurum: Atatürk Üniversitesi. 260 p. [in Turkish]
- Battalgil F. 1944. Nouveaux poissons des eaux douces de la Turquie. Revue de la Faculté des Sciences de l'Université d'Istanbul, Série B, Sciences Naturelles, 9(2): 126–133.
- Bogutskaya NG. 1997. Contribution to the knowledge of leuciscine fishes of Asia Minor. Part. 2. An annotated check-list of leuciscine fishes (Leuciscinae, Cyprinidae) of Turkey with descriptions of a new species and two new subspecies. Mitt. Hamb. Zool. Mus. Inst., 94: 161-186.
- Carlson RE. 1977. A trophic state index for lakes. Limnol Oceanogr. 22(2): 361-369.
- doi:10.4319/lo.1977.22.2.0361
- Cowx IG. 1998. Stocking and introduction of fish. Fishing News Books 504 p.
- Deveciyan K. 1915. Türkiye'de balık ve balıkçılık 'Pêche et pêches en Turquie'. İstanbul: Aras Yayıncılık 574 p. [in Turkish]
- DKMPGM (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü). 2008. Akşehir Eber gölleri sulak alan yönetim planı (2008-2012), 223 p. [in Turkish]

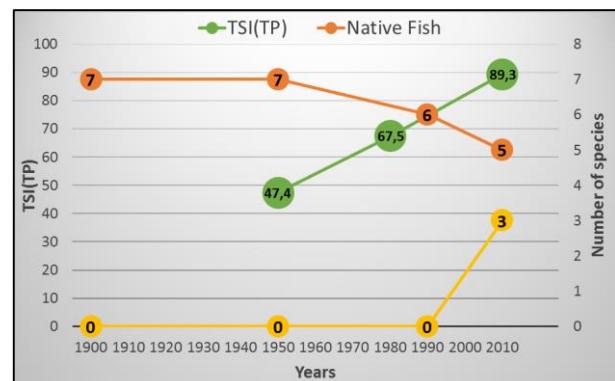


Figure 5. Environmental degradation and fish fauna in Lake Eber

- Elmacı A, Ozengin N, Teksoy A, Topac FO, Baskaya H. 2009. Evaluation of trophic state of lake Uluabat, Turkey. J Env Biol. 30(5): 757-760.
- Geldiay R, Balık S. 2007. Türkiye tatlısu balıkları. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi 638 p. [in Turkish]
- Günay Y, Durusu A, Tabuman FC. 1985. Isparta ve yöresindeki göllerde su kalitesi evsel ve endüstriyel atıklarla ilgili parametreler. Ankara: TÜBİTAK. Project No: ÇAG-47 [in Turkish]
- İnnal D. 2012. Alien fish species in reservoir systems in Turkey: a review. Manag Biol Invasion. 3(2): 115-119.
[doi:10.3391/mbi.2012.3.2.06](https://doi.org/10.3391/mbi.2012.3.2.06)
- İnnal D, Erk'akan F. 2006. Effects of exotic and translocated fish species in the inland waters of Turkey. Rev Fish Biol Fish. 16(1): 39-50.
[doi:10.1007/s11160-006-9005-y](https://doi.org/10.1007/s11160-006-9005-y)
- IUCN 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-1; [Cited 2017 July 03]. Available from <http://www.iucnredlist.org>.
- Kazancı N, Girgin S, Dügel M, Oğuzkurt D, Mutlu B, Dere Ş, Barlas M, Özçelik M. 1999. Köyceğiz, Beyşehir, Eğirdir, Akşehir, Eber, Çorak, Kovada, Yarışlı, Bafa, Salda, Karataş, Çavuşçu gölleri, Küçük ve Büyük Menderes Deltası, Güllük Sazlığı ve Karamuk Bataklığı'nın limnolojisi, çevre kalitesi ve biyolojik çeşitliliği, Türkiye İç Suları Araştırmaları Dizisi IV, Ankara: 371 p. [in Turkish]
- Kosswig C. 1952. Zoogeographie der türkischen Süßwasserfische. Hidrobiologie İstanbul Ser. B. 1(2): 85-101.
- Köle MM, Ataoğlu M, Erkal T. 2016. Eber ve Akşehir gölleri'nde 1990-2016 yılları arasında gerçekleşen alansal değişimler. Paper presented at: TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu; Ankara, Turkey. [in Turkish]
- Kuru M, Yerli SV, Mangit F, Ünlü E, Alp A. 2014. Fish biodiversity in inland waters of Turkey. Journal of Academic Documents for Fisheries and Aquaculture, 1(3): 93-120.
- Mangit F, Yerli SV. 2010. An approach for trophic gradient in Lake Mogan (Turkey): A shallow eutrophic lake. Hacettepe J Biol & Chem. 38(1): 41-45.
- Numann W. 1958. Anadolu'nun muhtelif göllerinde limnolojik ve balıkçılık ilmi bakımından araştırmalar ve bu göllerde yaşayan sazanlar hakkında özel bir Etüt. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları Monografi 7, 114 p. [in Turkish]
- Moss B. 1988. Ecology of fresh waters: Man and Medium, 2nd edition. Oxford: Blackwell Scientific Publications 417 p.
- Ogle DH. 2014. FSA: Fisheries Stock Analysis. R package version 0.4.31.
- R Core Team. 2014. R: A language and environment for statistical computing, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, <http://www.R-project.org>.
- Ricker WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull Fish Res Bd Can. 191: 1-382.
- SKKY. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, No: 25687.
- OSİB SYGM (Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü). 2013. Havza izleme ve referans noktalarının belirlenmesi projesi Akarçay Nehri Havzası, ALKA, HT-TTM, HU SAL [In Turkish]
- Tarkan AS, Marr SM, Ekmekçi FG. 2015. Non-native and translocated freshwater fish. FISHMED. 3: 28.
- TS EN 14757. 2015. Water quality. Fish sampling with multi-mesh gillnets.



Descriptive osteology of *Paracobitis persa* Freyhof, Esmaeli, Sayyadzadeh & Geiger, 2014, an endemic species from Kor River basin of Iran

Nasrin NIKMEHR^{ID}, Soheil EAGDERI*^{ID}, Pariya JALILI^{ID}

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ABSTRACT

This study was carried out to provide a detailed osteological structure of the newly described crested loach, *Paracobitis persa*. For this purpose, ten specimens were collected from the Malsosjan spring, in the Kor River basin and fixed in 5% buffered formalin. After clearing and staining, their skeletal structure was examined. The results were compared to the other members of the family Nemacheilidae particularly *P. hyrcanica* and *P. iranica*. Based on the results, *P. persa* can be distinguished from other members of this family by a combination of characters, including having lacking sesamoid ossifications, having six hypurals, a triangular-shaped lateral ethmoid with pointed ends, alveolar bony capsule, no contact between retroarticular and dental, lack of the pre-ethmoid-I and basibrancial-4.

Keywords: Skeleton, loach, Endorheic Kor basin, Iran

How to Cite

Nikmehr N, Eagderi S, Jalili P. 2017. Descriptive osteology of *Paracobitis persa* Freyhof, Esmaeli, Sayyadzadeh & Geiger, 2014, an endemic species from Kor River basin of Iran LimnoFish. 3(2):107-112. doi: 10.17216/LimnoFish.334633

Introduction

Members of the genus *Paracobitis* Bleeker, 1863 are comparatively large-sized loaches with a long dorsal dermal crest, inhabiting freshwaters of western Asia (Banarescu and Nalbant 1964; Bănărescu and Nalbant 1995; Nalbant and Bianco 1998; Nguyen 2005; Prokofiev 2009; Min et al. 2010; Jouladeh-Roudbar et al. 2015; Azimi et al. 2015a, 2015b, 2015c). There are twelve valid species of the genus *Paracobitis* in the world, which eleven of them are reported from Iran (Kottelat 2012; Coad 2016; Mousavi-Sabet et al. 2014; Freyhof et al. 2014; Jouladeh-Roudbar et al. 2015). According to Freyhof et al. (2014), Mousavi-Sabet et al. (2015), and Jouladeh-Roudbar et al. (2015a, 2015b), the valid *Paracobitis* species in Iran comprise *P. atrakensis* Esmaeli et al. (2014), *P. basharensis* Freyhof et al. (2014), *P. hircanica* Mousavi-Sabet et al. (2015), *P. iranica* Nalbant and Bianco, 1998, *P. longicauda* (Kessler, 1872), *P. malapterura* (Valenciennes, 1846), *P. molavii* Freyhof et al. (2014), *P. persa* Freyhof et al. (2014), *P. rhadinaea* (Regan, 1906) and *P. vignai* Nalbant and Bianco, 1998. However, Freyhof et al. (2014)

believe that *P. iranica* is a synonym of *P. malapterura*.

Paracobitis persa, described from the Kor river drainage of Iran (Maloosjan Spring and from Sivand River), is distinguished by having a prominent, irregularly shaped mid-lateral stripe, a shallow adipose crest, and the tube of the anterior nostril not fully overlapping the posterior nostril when folded back (Freyhof et al. 2014). There is little information is available about biological features of this recently described and threatened species (Esmaeli and Valavi 2016); therefore, the present study was conducted to provide a detailed osteological characteristics of this species. The results of this study can be used as a reference for its comparison with the other members of the genus *Paracobitis*. The results will also provide a basis for further phylogenetic study of Iranian members of the *Paracobitis* group using osteological data.

Materials and Methods

Ten specimens of *P. persa* (Fig. 1) with mean standard length of 62 ± 10.5 mm were collected by electrofishing device from the Malsosjan Spring, in the Kor River basin (Fars Province, Southern Iran).

ARTICLE INFO

SHORT COMMUNICATION

Received : 21.10.2016

Revised : 16.03.2017

Accepted : 20.06.2017

Published : 21.08.2017

DOI: 10.17216/LimnoFish.334633

* CORRESPONDING AUTHOR

soheil.eagderi@ut.ac.ir

Tel : +98 939 695 42 07



The collected specimens were anesthetized in 1% clove solution and then fixed in 5% buffered formaldehyde. For osteological examination, the specimens were cleared and stained with alizarin red S and alcian blue based on Taylor and Van Dyke (1985). The left sides of the skeletal structures photographed using a scanner (Epson V600) equipped with a glycerol bath. The skeletal structure of specimens was observed and studied by a Leica MS5 stereomicroscope. The obtained images were drawn using CorelDrawX6 software. Nomenclature and abbreviation of the skeletal elements were done according to Prokofiev (2009, 2010), Azimi et al. (2015a, 2015b, 2015c) and Nikmehr and Eagderi (2016a, 2016b).



Figure 1. Lateral view of *Paracobitis persa*, Malsosjan Spring, Iran.

Results

The posterior part of the neurocranium is oval in shape and wider. The ethmoid region consists of the lateral ethmoid, supraethmoid-ethmoid, pre-ethmoid-II, kinethmoid and pre-vomer (Figs. 2a, b, c, 4). The supraethmoid-ethmoid is narrow with serrated rim posteriorly. This bone bears a groove on its dorsal face and is ventrally fused to the pre-vomer (Fig. 2a, b). The posterior edge of the lateral ethmoid is concaved. The unpaired cylindrical kinethmoid possesses two mid-lateral processes (Fig. 3a). The pre-ethmoid-II is short and cylindrical in shape; its middle part is slightly curved. This bone is connected to the pre-palatine laterally, to the anterior part of the pre-vomer posteriorly and to the maxilla anteriorly.

The orbital region comprises the frontals, parasphenoid, pterosphenoids, and orbitosphenoids. The frontal is the largest bony element of the skull roof; it is connected to the orbitosphenoid antero-laterally. The parietals, frontals, and supraoccipital enclose the fontanel. The parasphenoid is the longest bone in the ventral face of the neurocranium; its anterior and posterior ends are bifurcated. The pterosphenoid is connected to the frontal dorsally and to the sphenoid postero-laterally; its posterior margin is curved, forming a cavity along with the prootic and parasphenoid (Fig. 2c). The orbitosphenoid is connected to the lateral-ethmoid ventrally, to the parasphenoid laterally, and to the pterosphenoid posteriorly.

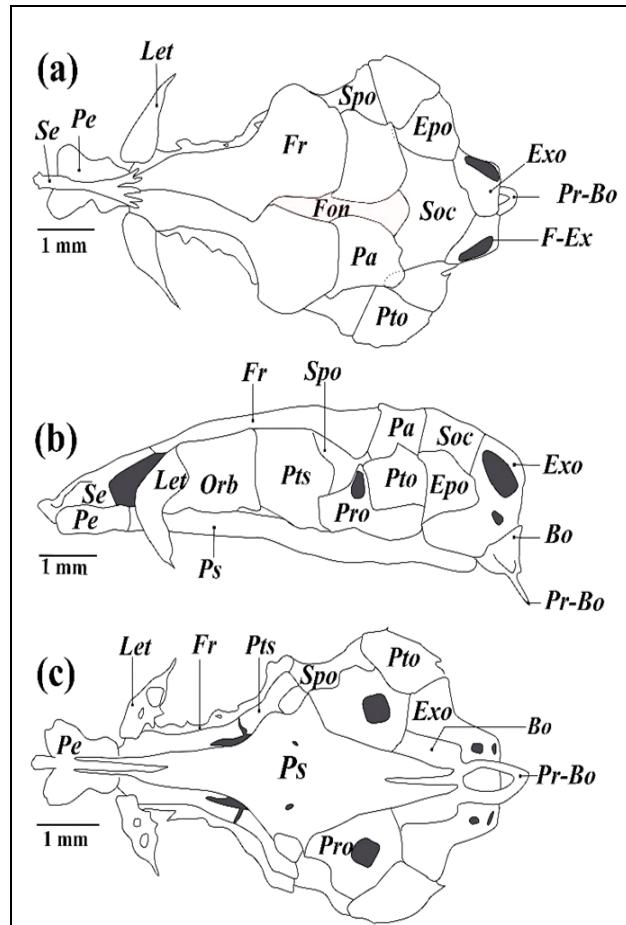


Figure 2. (a) Dorsal (b) lateral, (c) ventral views of the neurocranium in *Paracobitis persa*. Fon: fontanel; F-Ex: foramen exoccipital; Pr-Bo: basioccipital process; Bo: basioccipital; Epo: epiotic; Exo: exoccipital; Fr: frontal; Let: lateral ethmoid; Orb: orbitosphenoid; Pa: parietal; Pe: pre-vomer; Pro: prootic; Ps: parasphenoid; Pto: pterotic; Pts: pterosphenoid; Se: supraethmoid-ethmoid; Soc: supraoccipital; Spo: sphenotic. Ethmoid is narrow with serrated rim posteriorly. This bone bears a groove on its dorsal face and is ventrally fused to the pre-vomer (Fig. 2a, b). The posterior edge of the lateral ethmoid is concaved. The unpaired cylindrical kinethmoid possesses two mid-lateral processes (Fig. 3a). The pre-ethmoid-II is short and cylindrical in shape; its middle part is slightly curved. This bone is connected to the pre-palatine laterally, to the anterior part of the pre-vomer posteriorly and to the maxilla anteriorly.

The otic region includes the parietal, epiotic, sphenotic, pterotic and prootic. The parietal is approximately square-shaped and its posterior margin covers the anterior part of the epiotic (Fig. 2a). The pterotic is quarter-circle in shape connecting to the epiotic and sphenotic dorso-laterally and to the prootic and exoccipital ventro-laterally (Fig. 2a, c). The epiotic is oval-shaped and bears a posterior process (Fig. 2a), situating between the pterotic and supraoccipital. The sphenotic forms the lateral wall of the neurocranium (Fig. 2b) and is connected to the prootic ventrally and to the parietal postero-dorsally. The two prootics are connected to each other ventrally and to the parasphenoid dorsally by a

descending process. The prootic bears two large pores on its anterior part.

The occipital region is composed of the supraoccipital, exoccipitals and basioccipital. The supraoccipital is pentagon in shape in dorsal view and its anterior margin is involved in the formation of the fontanel. In the ventral part of the basioccipital, a pharyngeal process is present (Fig. 2c). The anterior hyomandibular facet is formed by the pterosphenoid, sphenotic and prootic; and the posterior one by the sphenotic and pterotic. The fontanel is covered by connective tissue and extended longitudinally.

The upper jaw is made up of the maxilla and premaxilla. The maxillary possesses a mid-lateral ascending and an anterior descending processes; it has also a distal process on its dorsal border. The premaxilla is a thin L-shaped bone and its vertical portion is narrower; the horizontal part has a process on its middle-anterior margin. The lower jaw is composed of the dentary, articular, retroarticular and coronomeckelian (Fig. 3b). The coronomeckelian is present on the medial face of the lower jaw situated in the dorsal part of the articular. The dentary is the largest element of the lower jaw possessing the narrow ramus dentalis and a wide coronoid process.

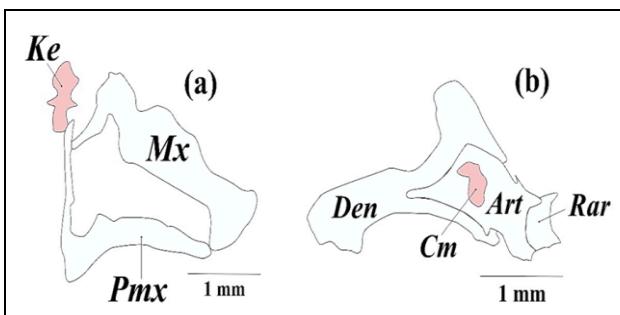


Figure 3. (a) Upper and (b) lower jaw (medial face) of *Paracobitis persa*. Art: articular; Cm: coronomeckelian; Den: dentary; Ke: Kinethmoid; Mx: Maxilla; Pmx: Premaxilla; Rar: retroarticular.

The suspensorium is formed by the hyomandibular, ectopterygoid, endopterygoid, metapterygoid, autopala-

line, symplectic and quadrate (Fig. 4). The hyomandibular is almost triangular in shape and its dorsal part is wider. It bears two dorsal condyles which are articulated to the neurocranium. The ventral part of the hyomandibular is connected to the interhyal. The ectopterygoid, endopterygoid, metapterygoid, symplectic and quadrate form a bony complex connecting to the anterior part of the neurocranium via the auto-palatine. The ventral edge of the ectopterygoid is jagged. The endopterygoid has a mid-dorsal protuberance that is connected to the metapterygoid and ectopterygoid ventrally; this bone articulated to the auto-palatine by an anterior condyle. The metapterygoid is roughly rectangular in

shape; its lateral part is caved and its ventral part has a pointed process. The quadrate bears a pointed and stretched abdominal process bending posteriorly. The symplectic is a triangular bone located between the quadrate and hyomandibular.

The opercular series includes the opercle, preopercle, subopercle, and interopercle (Fig. 4). The opercle is a large and triangular bone, and bears a rod-shaped process antero-dorsally for connection to the levator operculi muscle. The ventral margin of the opercle is connected to the subopercle that is narrow and strip-like. The interopercle is a narrow bone; it is pointed at its two ends. The posterior part of the preopercle bears two processes.

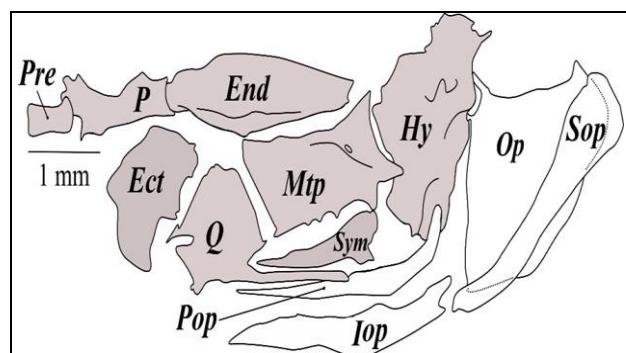


Figure 4. Lateral view of suspensorium and opercle series of *Paracobitis persa*. Ect: ectopterygoid; End: endopterygoid; Hy: hyomandibular; Io: interopercle; Mtp: metapterygoid; Op: opercle; P: auto-palatine; Po: preopercle; Pre: pre-ethmoid-II; Q: quadrate; So: subopercle; Sym: symplectic.

The branchial apparatus includes five pairs of the ceratobranchials, four pairs of the epibranchials, three pairs of the hypobranchials and basibranchials and two paired infrapharyngobranchial (Fig. 5a). The ceratobranchials are the largest element and fifth one is modified as the pharyngeal teeth. The third basibranchial is longer than the two others. The epibranchial-4 has a ventral plate-like protrusion. The second hypobranchial is attached to the first basibranchial anteriorly.

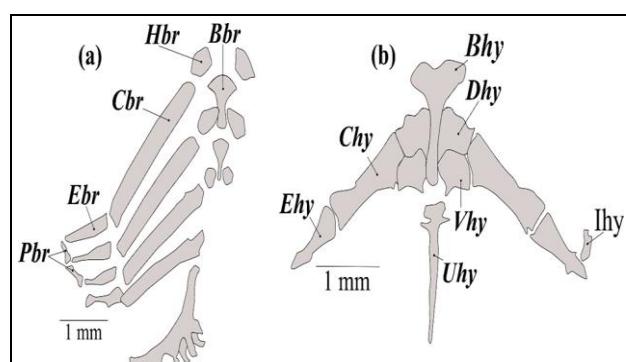


Figure 5. Branchial apparatus (a) and Hyoid arch (b) of *Paracobitis persa*. Bbr: basibranchial; Cbr: ceratobranchial; Ebr: epibranchial; Hbr: hypobranchial; Pbr: infrapharyngobranchial; Bhy: basihyal; Chy: ceratohyale; Dhy and Vhy: dorsal and ventral hypohyal; Epi: epihyal; Ih: interhyal; Uhy: urohyal.

The hyoid arch consists of the epihyals, hypohyals, ceratohyals, urohyal, basihyal and three pairs of the branchiostegal rays. The urohyal is narrow and bears two ventral and dorsal parts; its dorsal part is blade-like and perpendicular and the ventral part is bifurcated. The basihyal is a T-shaped bone with a small anterior fossa (Fig. 5b). The paired ventral and dorsal hypohyal are tightly connected together. The ceratohyal is the largest bone of this arch situating between the hypohyal and epihyal. The first and second branchiostegal are positioned, respectively, in the middle of the ceratohyal and at the junction of the ceratohyal and epihyal. The third one is positioned in the middle of the epihyal.

The pectoral girdle consists of the cleithrum, supracleithrum, coracoid, mesocoracoid, scapula, posttemporal, supratemporal and radials (Fig. 6a). The cleithrum bears two wide descending and ascending portions; its ventral part bears an antero-medial downward process connecting to the anterior part of the coracoids. Also, it has a dorsal process on its ascending part for connecting to the supracleithrum. The supratemporal is a small bone locating on the anterior margin of the posttemporal. The posttemporal is thin and long, and located between the supracleithrum and supratemporal. The anterior part of the coracoid is narrower. The anterior parts of the cleithrum and coracoid are connected; the posterior part of the coracoid bears an ascending process for connecting to the mesocoracoid. The dorsal part of the mesocoracoid is broadened and attached to the medial side of the cleithrum. A semicircular scapula is located between cleithrum and coracoid bones; this bone bears a large foramen.

The pelvic girdle includes the paired pelvic bone, pelvic splint and radials (Fig. 6b). The anterior part is narrower. There is a U-shaped hollow on the anterior margin of the pelvic bone. The two L-shaped pelvic splints are located at the postero-lateral side of the pelvic bone. There are three radial bones positioning along the postero-lateral side of the ventral bone.

The Weberian apparatus is formed by four anterior centra with their ossicles, including the tripus, intercalarium, scaphium and claustrum (Fig. 7a). The claustrum is circular in shape and situated at the dorsal side of the scaphium. The intercalarium is small and positioned between the scaphium and Y-shaped tripus. The first centrum has two lateral processes which are ligamentously connected to the pectoral girdle. The second, third, and fourth centra participate in the formation of bony capsule. The second and third centra are fused together. The parapophysis of the forth centrum is modified and bears processes to forms the posterior part of the bony capsule. In the

lateral part of the bony capsule, two openings are observed that anterior one is larger. The surface of the bony capsule is vascular. The right and left lobes of the bony capsule are symmetrical and divided by the manubrium (Fig. 7a).

The dorsal fin bears 4 unbranched, 7½ branched rays, 8 pterygiophores and one stay bone. The first pterygiophore is bifurcated and the largest elements, situating in the front of the 14th centrum (Fig. 7b). A triangular stay bone supports the last branched ray.

The Anal fin consists of 3 unbranched, 5½ branched rays, 6 pterygiophores and one stay bone (Fig. 7c). The first pterygiophore is bifurcated situating in the front of the 26th vertebra.

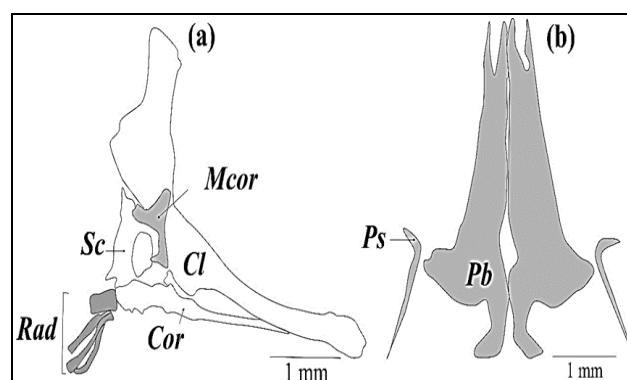


Figure 6. Pectoral girdle (a) and pelvic girdle (b) of *Paracobitis persa*. Cl: cleithrum; Cor: coracoid; Mcor: mesocoracoid; Rad: ossified pectoral radial; Sc: scapula; Ps: pelvic splint; R: radials.

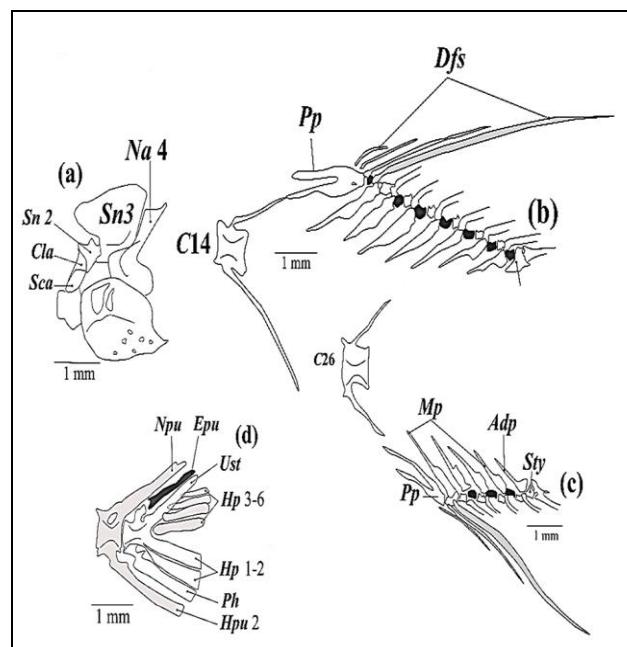


Figure 7. Swim bladder capsule (a), dorsal (b), anal (c) and caudal (d) fin skeleton of *Paracobitis persa*. Adp: anal distal pterygiophore; C 14-26: 14th and 26th centrum; Dfs: dorsal fin spine; Mp: mesial pterygiophore; Ph: parhypopural; Pp: pterygiophore; Sty: stay; Epu: epural; Hp1-5: hypural plates; Npu_2: neural processes of the second preural centrum; Ust: pleurostile; Cla: claustrum; Na4: neural arch 4; Sca: scaphium; Sn 2-3:

The caudal skeleton consists of four centra with the epural, parahypural, pleurostyle, uroneural and six hypurals bones (Fig. 7d). The pleurostyle is fused to the last centrum. The hypural-1 reaches to the ventral edge of the terminal centrum and not connected to the parahypural. The epural is a long, narrow and free bone, connected to the pleurostyle ventrally by connective tissue. The neural process of the 4th centrum become wide and bifurcated.

Discussion

The present study provided a detailed skeletal description of *P. persa*. In this species, similar to *Oxynoemacheilus kiabii* (Mafakheri et al. 2014), *O. bergianus* (Jalili and Eagderi 2014), *Sasanidus kermanshahensis* (Mafakheri et al. 2015), *Paraschistura nielseni* (Azimi et al. 2015a) and *P. cristata* (Azimi et al. 2015b) and *P. hircanica* (Azimi et al. 2014), the junction of the lateral ethmoid is at the anterior margin of the orbitosphenoid; whereas according to Prokofiev (2010), the lateral ethmoid of loaches is stationarily jointed to the supraethmoid-ethmoid.

There is no preethmoid-I in *P. persa*, *O. kiabii* (Mafakheri et al. 2014), *O. bergianus* (Jalili and Eagderi 2014), *S. kermanshahensis* (Mafakheri et al. 2015), *P. nielseni* (Azimi et al. 2015a), *P. cristata* (Azimi et al. 2015b) and *P. hircanica* (Azimi et al. 2014) versus presence of the pre-ethmoid-I in the genera of *Lefua*, *Oreonectes*, *Yunnanilus*, *Eonemachilus*, *Micronoemacheilus*, *Hedinichthys*, *Orthrias*, and *Triplophysa* (Prokofiev 2010). The lateral ethmoid is oriented horizontally and its middle part is wider in *P. persa*, whereas in *P. hircanica*, it is L-shaped having a process oriented anteriorly (Azimi et al. 2014); this process is absent in *P. iranica* (Nikmehr and Eagderi 2016a).

There is no sesamoid ossification in *P. persa*, similar to *P. hircanica*, but in *O. kiabii* (Mafakheri et al. 2014), *O. bergianus* (Jalili and Eagderi 2014), *S. kermanshahensis* (Mafakheri et al. 2015) and *P. cristata* (Azimi et al. 2015b), a sesamoid ossification is present. However, according to the Prokofiev (2009, 2010), the sesamoid ossifications are present in the members of the genus *Paracobitis* as well as *Dzhunia amudarjensis* and *Oxynoemacheilus angoreae*.

The 4th basibranchial is absent in the *P. persa* similar to *P. hircanica* and the other members of the genus *Paracobitis* (Prokofiev 2009). However, in *O. kiabii* (Mafakheri et al. 2014), *O. bergianus* (Jalili and Eagderi 2014), *S. kermanshahensis* (Mafakheri et al. 2015) and *P. nielseni* (Azimi et al. 2015a), it is present.

In *P. iranica*, the frontal is wider (Nikmehr and Eagderi 2016a) than that of *P. hircanica* (Azimi et al.

2014) and *P. persa*. Unlike the members of the genera *Metaschistura*, *Paraschistura*, *Oxynoemacheilus* and *Iskandaria* (Prokofiev 2010), there is a bony bridge between the parietal and pterotic in *P. persa*. In *P. hircanica*, the posterior part of the maxilla is wider (Azimi et al. 2014) than that of *P. persa*.

The number of unbranched and branched rays of the anal fin is 3 and 5½, respectively in *P. persa*, and *P. hyrcanica*; whereas they are 3½ and 5 in *P. iranica* (Azimi et al. 2014), respectively. Furthermore, the number of unbranched and branched rays of the dorsal fin is 3 and 7 in *P. iranica* (Nikmehr and Eagderi 2016a), but they are 4 and 7½ in *P. hyrcanica* and *P. persa*, respectively.

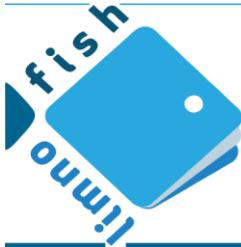
The neural processes of the 3rd centrum has three processes in *P. hircanica* (Azimi et al. 2014), whereas that of *P. iranica* (Nikmehr and Eagderi 2016a) and *P. persa* has no dorsal process. According to Prokofiev (2009), there are 6 hypurals in the genus *Paracobitis* as observed in *P. persa* and *P. iranica* (Nikmehr and Eagderi 2016a), whereas there is five hypurals present in *P. hircanica* (Azimi et al. 2014). However, six hypurals are present in *O. bergianus* (Jalili and Eagderi 2014).

As a result, *P. persa* is distinguished from other members of the family Nemacheilidae, particularly *P. hyrcanica* and *P. iranica* by a combination of characters, including having lacking sesamoid ossifications, having six hypurals, a triangular-shaped lateral ethmoid with pointed ends, alveolar bony capsule, no contact between retroarticular and dental, lack of the pre-ethmoid-I and basibranchial-4.

References

- Azimi H, Mousavi-Sabet H, Eagderi S. 2015a. Osteological characteristics of *Paraschistura nielseni* (Nalbant & Bianco, 1998) (Cypriniformes: Nemacheilidae). Iran J Ichthyol. 2(3):155-164
- Azimi H, Mousavi-Sabet H, Eagderi S, Vatandoust S. 2015b. Osteological characteristics of Turkmenian stone loach, *Paraschistura cristata* (Cypriniformes: Nemacheilidae). Int J Aquat Biol. 3(5):290-300.
- Azimi H, Mousavi-Sabet H, Eagderi S, Vatandoust S. 2014. Osteology of Hyrcanian crested loach, *Paracobitis hircanica* (Pisces, Nemacheilidae). Our Nature. 13(1):8-18.
[doi: 10.3126/on.v13i1.14203](https://doi.org/10.3126/on.v13i1.14203)
- Bănărescu P., Nalbant T. 1964. Süßwasserfische der Türkei. 2. Teil Cobitidae. Mitteilungen aus dem hamburgischen Zoologischen Museum und Institute. 61:159-201.
- Bănărescu P, Nalbant T. 1995. A generical classification of Nemacheilinae with description of two new genera (Teleostei: Cypriniformes:Cobitidae). ravaux du Muséum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa, Bucureşti. 35:429-496.

- Bleeker P. 1863. Sur les genres de la famille des Cobitioïdes. Nederlands Tijdschrift van Dierkunde. 1:361-368.
- Coad BW. 2016. Fresh water fishes of Iran. Available from <http://www.briancoad.com>.
- Esmaeili HR., Sayyadzadeh G, Özlug M, Geiger M, Freyhof J. 2014. Three new species of *Turcinoemacheilus* from Iran and Turkey (Teleostei: Nemacheilidae). Ichthyol Explor Fres. 24(3):257-273.
- Esmaeili HR, Valavi H. 2016. Threatened fishes of the world: *Paracobitis persa* Freyhof, Esmaeili, Sayyadzadeh & Geiger, 2014. (Teleostei: Nemacheilidae). FishTaxa. 1(1):29-34.
- Freyhof J, Esmaeili HR, Sayyadzadeh G, Geiger M. 2014. Review of the crested loaches of the genus *Paracobitis* from Iran and Iraq with the description of four new species (Teleostei: Nemacheilidae). Ichthyol Explor Fres. 25(1):11-38.
- Jalili P, Eagderi S. 2014. Cephalic osteology of Safidrud stone loach *Oxynoemacheilus bergianus*. Iran J Anim Res. 28(1):21-34
- Jouladeh-Roudbar A, Eagderi S, Esmaeili HR. 2015a. Fishes of the Dasht-e Kavir basin of Iran: an updated checklist. Int J Aquat Biol. 3(4):263-273.
- Jouladeh-Roudbar A, Vatandoust S, Eagderi S, Jafari-Kenari S, Mousavi-Sabet H. 2015b. Freshwater fishes of Iran; an updated checklist. AACL Bioflux. 8(6):855-909.
- Kottelat M. 2012. Conspectus cobitidum: an inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). Raffles Bull. Zool. 26(Suppl): 1-199.
- Mafakheri P, Eagderi S, Farahmand H, Mousavi-Sabet H. 2014. Osteological structure of Kiabi loach, *Oxynoemacheilus kiabii* (Actinopterygii: Nemacheilidae). Iran J Ichthyol. 1(3):197-205.
- Mafakheri P, Eagderi S, Farahmand H, Mousavi-Sabet H. 2015. Descriptive osteology of *Oxynoemacheilus kermanshahensis* (Bănărescu and Nalbant, 1966) (Cypriniformes, Nemacheilidae). Croat J Fish. 73(3):115-123.
[doi: 10.14798/73.3.840](https://doi.org/10.14798/73.3.840)
- Min R Chen, XY, Yang JX. 2010. *Paracobitis nanpanjiangensis*, a new loach (Balitoridae: Nemacheilinae) from Yunnan, China. Env Biol Fish. 87(3):199-204.
[doi: 10.1007/s10641-010-9587-z](https://doi.org/10.1007/s10641-010-9587-z)
- Mousavi-Sabet H, Gharaei A, Nasrollahzade A, Habibi A, Eagderi S. 2014. Redescription of *Paracobitis rhadinaea* (Regan, 1906) from Sistan Basin, Iran (Teleostei: Nemacheilidae). Int. J Aquat Biol. 2(5): 286-291.
- Mousavi-Sabet H, Sayyadzadeh G, Esmaeili HR, Eagderi S, Patimar R, Freyhof J. 2015. *Paracobitis hircanica*, a new crested loach from southern Caspian Sea basin (Teleostei: Nemacheilidae). Ichthyol Explor Fres. 25(4):339-.346.
- Nalbant T, Bianco P. 1998. The loaches of Iran and adjacent regions with description of six new species (Cobitoidea). Ital J Zool 65(Suppl):109-123.
[doi: 10.1080/112500098098386803](https://doi.org/10.1080/112500098098386803)
- Nikmehr N, Eagderi S. 2016a. Descriptive osteology of *Paracobitis iranica* Nalbant and Bianco, 1998 (Cypriniformes, Nemacheilidae) from Namak Lake Basin of Iran. Acta Biologica Turcica. 29(2): 47-54.
- Nikmehr N, Eagderi S, Poorbagher H, Farahmand H. 2016b. The complete description of the skeletal structure of Hafez loach, *Turcinoemacheilus hafezi* (Cypriniformes, Nemacheilidae). Int J Aquat Biol. 4(2):117-124.
- Nguyen VH. 2005. Freshwater fishes of Vietnam. v. 2: 760 p.
- Prokofiev AM. 2009. Problems of the classification and phylogeny of Nemacheiline loaches of the group lacking the preethmoid I (Cypriniformes: Balitoridae: Nemacheilinae). J Ichthyol. 49(10):874-898.
[doi: 10.1134/S0032945209100051](https://doi.org/10.1134/S0032945209100051)
- Prokofiev AM. 2010. Morphological classification of loaches (Nemacheilinae). J Ichthyol. 50(10):827-913
[doi: 10.1134/S0032945210100012](https://doi.org/10.1134/S0032945210100012)
- Taylor WR, Van Dyke GC. 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. Cybium. 9(2):107-119.



Length-Weight Relationships for an Endemic Species *Aphanius transgrediens* from Lake Acıgöl (Afyonkarahisar-Turkey)

Hasan M. SARI^{ID}, Irmak KURTUL*^{ID}, Ersin AYDIN, Ali İLHAN^{ID}

Ege University, Faculty of Fisheries, 35100, Bornova, İzmir, TURKEY

ABSTRACT

In this study, it is aimed to investigate length-weight relationships (LWRs) of Acıgöl toothcarp (*Aphanius transgrediens* Ermin, 1946) population from Lake Acıgöl, Afyonkarahisar in Turkey. For this purpose, 144 females and 16 males were examined, totally. The total lengths of female, male and total specimens were measured 2.0-4.7 cm, 2.3-4.0 cm, 2.0-4.7 cm. Also, their weights were found 0.15-1.94 g, 0.32-0.82 g, 0.15-1.94 g, respectively. LWRs parameters have been calculated: intercept (*a*) was found 0.0262, 0.0145, 0.0237; slope (*b*) was found 2.661, 3.056, 2.732 for females, males and for all specimens, respectively. While growth type was determined negative allometric for females and for all specimens, it was detected isometric for males.

Keywords: *Aphanius transgrediens*, killifish, endemic fish, length-weight relationship, Lake Acıgöl

ARTICLE INFO

SHORT COMMUNICATION

Received : 30.01.2017

Revised : 14.04.2017

Accepted : 05.05.2017

Published : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.288824

* CORRESPONDING AUTHOR

irmak.kurtul@ege.edu.tr

Tel : +90 232 311 17 32

Acıgöl (Afyonkarahisar-Türkiye) Endemiği *Aphanius transgrediens*'in Boy-Ağırlık İlişkisi

Öz: Bu çalışmada, Türkiye Acıgöl'de dağılım gösteren Acıgöl dişli sazancık (*Aphanius transgrediens* Ermin, 1946) populasyonunun boy-ağırlık ilişkisinin (BAİ) belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 144 dişi ve 16 erkek birey incelenmiştir. Total boy değerleri dişiler, erkekler ve tüm bireyler için 2,0-4,7 cm, 2,3-3,4 cm ve 2,0-4,7 cm olarak ölçülmüştür. Total ağırlık sırasıyla ile 0,15-1,94 g, 0,32-0,82 g, 0,15-1,94 g olarak bulunmuştur. BAİ parametreleri hesaplanmıştır; kesim noktası “*a*” dişi, erkek ve tüm bireyler için sırasıyla, 0,0262, 0,0145 ve 0,0237; eğim “*b*” değeri ise 2,661, 3,056 ve 2,732 olarak hesaplanmıştır. Büyüme tipi, dişiler ve tüm bireyler için negatif allometrik olarak bulunurken, erkek bireyler için isometrik olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: *Aphanius transgrediens*, dişli sazancık, endemik balık, boy-ağırlık ilişkisi, Acıgöl

How to Cite

Sarı HM, Kurtul I, Aydin E, İlhan A. 2017 Length-Weight Relationships for an Endemic Species *Aphanius transgrediens* from Lake Acıgöl (Afyonkarahisar-Turkey) LimnoFish. 3(2): 113-116. doi: 10.17216/LimnoFish.288824

Introduction

In terms of fisheries management length and weight data of fish are very useful and they are always used in fish population estimate programs (Özaydın and Taşkavak 2006). In addition, LWR is very significant parameter to estimate condition factor of fish populations; to find growth rates; to guess stock biomass from limited sample size; to comparison the populations morphologies and their life cycles in different habitats (Petrakis and Stergiou 1995; Tarkan et al. 2006). LWR analysis reveals the level and direction of relationships between the environmental variables and the species.

Cyprinodontidae very large family is represented in every continent, except Australia, also their

preference is bounded by warm temperate and tropical climates (Sterba 1973). *Aphanius* one of the genus of the family are widely distributed from south Europe, east Mediterranean, to north and east Africa (Hrbek and Meyer 2003). They are euryhaline fishes (Geldiay and Balık 2007) and as it is claimed by Kosswig (1967) that *Aphanius* has distributed Tethys Sea and they are Tethyan relicts.

Aphanius member's lengths are generally changes in 4-8 cm (Wildekamp 1993). Their color widely changes according to females, males and species. They are omnivore fishes, they generally feed on algae, insects, mollusks (Geldiay and Balık 2007) and also they frequently prefer mosquito larvae for nutrition (Yıldırım and Karaçuba 2007).

Because of these nutrition preferences they are used in biological control against to mosquitos, in some countries (WHO 2003). Although the genus members generally don't have an important commercial value, they are very significant for ecosystems because of their role in the food chain and number of endemic species in the genus (Leonardos 1996; Sarı et al. 2007). Genus members' reproduction time start at the beginning of spring to the end of summer (Leonardos and Sinis 1998).

Acıgöl toothcarp, *Aphanius transgrediens* is one of the Turkey's endemic fish which is inhabited in Lake Acıgöl (Freyhof et al. 2014). Since endemic species are substantial for biodiversity, it is necessary to follow up the characteristics of the type of growth of these fishes. In addition to this, conservation status of *A. transgrediens* is Critically Endangered (CR) in the IUCN (1996) Red List of Threatened Species, it has estimated that its population in danger since at the beginning of the 21th century (Yoğurtçuoglu and Ekmekçi 2014a). Nonetheless introduced species such as *Gambusia* sp. in Lake Acıgöl should be regarded as a serious threat to the populations of the species, too (Wildekamp and Valkenburg 1994). For all that, habitat destruction, climate changes and especially industrial pollution threat the future of species. Because of the reasons mentioned it has become more important for studying on *A. transgrediens*.

Several aspects of the genus *Aphanius* were studied by different authors in Turkey. For instance, its biogeography was determined by Hrbek et al. (2002), genetic properties were searched by Bardakçı et al. (2004) and Gaffaroğlu et al. (2014), population dynamics were studied by Güçlü and Küçük (2008), morphometric features were defined by Ergüden (2015), feeding regime were investigated by Yıldırım and Karaçuha (2007) and their parasitic fauna were appointed by Öztürk and Özer (2008). Although it is limited, there are some studies about *A. transgrediens* as their general features, conservation, length-weight relationship (Yoğurtçuoglu and Ekmekçi 2014a, 2014b, 2015).

Material and Methods

Lake Acıgöl is also known as Lake Çardak which is an example of such basins with its tectonic sedimentary development as a prominent shallow-perennial playa-lake or endorheic lake (Helvacı et al. 2012). It is located in Afyonkarahisar and Denizli provinces. Lake Acıgöl is a significant wetland area and also an important location to extracting natural sodium that Turkey's sodium sulfate extracted from it (Gündoğan et al. 1995).

The lake has an area of 50 km² and is 836 meters altitude maximum (Özdemir and Bahadır 2009). Although the lake fed from the groundwater, it is surrounding with the Gemiş springs, also some mountain brooks which are pouring out to the lake their waters, from the south part. The study area has showed with warm temperate in main climates, summer dry in precipitation and has semi-arid climate conditions in the Köppen Climate Classification study (Kottek et al. 2006). The water of lake is reduced in summer and dry in some places, frequently.

The fish fauna of the lake especially prefer to live in south part, because permanent hardness is more appropriate. All samples were collected from this part of Lake Acıgöl by seine net in October 2012. Throughout the study, 160 of *A. transgrediens* specimens were chosen randomly from the samples (other specimens were released).

All of the specimens were measured to nearby 0.05 mm in total length with a vernier caliper and weighed to nearby 0.001 g in total weight with digital scales. These total length measures of all specimens were used to calculate LWR with

$$W = aL^b$$

equation (Ricker 1975).

W is the total weight (g), *L* is the total length (cm), *a* (intercept) and *b* (slope) are regression constants in this equation (Zar 1984). Subsequently, the student t-test was used for determination of growth types. Before determined LWR equality, correlation coefficient significance test was calculated (Zar 1984; Sümbüloğlu and Sümbüloğlu 2005).

Results

In this study, it has been determined that lengths were between 2.0-4.7 cm, 2.3-3.4 cm; weights were between 0.15-1.94 g, 0.32-0.82 g for females and males. The slope of length-weight relationships were determined 2.661, 3.056 and 2.732 for females, males, for all specimens respectively. The values for correlation coefficient (*r*) for all the LWR parameters of females, males and entire specimens and were highly significant (*P*<0.05; Table 1). As a result of correlation coefficient significance tests for female, for male and for all specimens' results were significant. (Correlation coefficient significance tests results for females *t*_{cal}=33.5, *P*<0.05; for males *t*_{cal}=10.422, *P*<0.05; for all specimens *t*_{cal}=46.8, *P*<0.05). Considering the results, growth type were found negative allometric for females, isometric for males and negative allometric for all specimens. Estimated parameters and statistics analysis results for the species are given (Table 1).

Table 1. Total length, total weight and LWR parameters of *A. transgrediens*.

Sex	n	Length Avg±SE	Weight Avg±SE	r	a	b	SE(b)	t _{cal}	Growth type
♀♀	144	2.0-4.7	0.15-1.94	0.939	0.0262	2.661	0.082	-4.127	Allometric (-)
		3.34±0.445	0.68±0.244						
♂♂	16	2.3-3.4	0.32-0.82	0.939	0.0145	3.056	0.301	0.186	Isometric
♀♀ + ♂♂	160	2.0-4.7	0.15-1.94	0.936	0.0237	2.732	0.081	-3.279	Allometric (-)
		3.32±0.034	0.66±0.019						

Discussion

According to Froese and Pauly (2006) LWR parameter suggests (If *b* constant is found 2.5-3.5 and *a* constant is in approach to 0.01, it is an expected result for fusiform fishes) in these studies' results are in normal range. Considering the previous studies, it has been seen that there is only one data on *A. transgrediens* LWR, which was given in 2015. In the study, it has been determined female and male's length ranges were 1.78-5.41 cm, 2.16-4.44 cm; weight ranges were 0.06-2.44 g, 0.11-1.14 g. Also they have been found slope as 3.29 and 3.26 females and males, respectively (Yoğurtçuoğlu and Ekmekçi 2015).

Also some other endemic *Aphanius* species results are given from Turkey. Because of *A. anatolia* (Baltain Creek, Ankara) and *A. saldae* (Salda Lake, Burdur) habitats are closer *A. transgrediens* habitat, to discussing the values of the two species are suitable with them. For *A. anatolia* it has been found female and male length ranges were 2.68-5.57 cm, 2.03-4.58 cm; weight ranges were 0.21-3.30 g, 0.12-1.25 g; slope has been found as 3.23 and 3.39; one of the other species for *A. saldae*, it has been found female and male length ranges were 3.87-6.01 cm, 4.02-5.47 cm; weight ranges were 0.62-2.06 g, 0.61-1.60 g; slope has been found as 2.94 and 2.90 females and males, respectively (Yoğurtçuoğlu and Ekmekçi 2015).

It is seen that LWR parameters of Yoğurtçuoğlu and Ekmekçi (2015) studies' results are higher (except *A. saldae*'s males' slope result) than this studies' results. Consequently, dissimilarities may have caused LWRs values because of the differences on sampling times and locations, sample sizes and fishing gears. All of these other, introduction of exotic species as *Gambusia holbrooki* in 1992 may have a negative impact to *A. transgrediens* populations (Wildekamp et al. 1999). Therefore, in order to protect the existence of freshwater resources of the lake must be precious; also it is necessary to increase and expansion of coverage this kind of studies.

References

- Bardakçı F, Tatar N, Hrbek T. 2004. Genetic relationships between Anatolian species and subspecies of *Aphanius* Nardo, 1827 (Pisces, Cyprinodontiformes) based on RAPD markers. Biologia, Bratislava, 59(5):559-566.
- Ergüden SA. 2015. Some morphometric features of *Aphanius mento* (Heckel, 1843) in Seyhan Dam Lake (Adana). DÜBİTED, 3(1):100-106. [in Turkish]
- Freyhof J, Ekmekçi FG, Ali A, Khamees NR, Özluğ M, Hamidan N, Küçük F, Smith K. 2014. Freshwater Fishes. In: Smith, K.G., Barrios, V., Darwall, W.R.T. and Numa, C, editors. The Status and Distribution of Freshwater Biodiversity in the Eastern Mediterranean. Cambridge, UK, Malaga, Spain and Gland, Switzerland: IUCN. xiv, 132 p.
- Froese R, Pauly D. 2006. Fishbase; [cited 2016 August 10]. Available from www.fishbase.org.
- Gaffaroglu M, Agata MK, Ünal S, Özkan M. 2014. Karyological Analysis of Some Species of *Aphanius* (Osteichthyes: Cyprinodontidae) from Anatolia. Pakistan J Zool. 46(5):1271-1275.
- Geldiay R, Balık S. 2007. Türkiye tatlısu balıkları. Izmir: Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları 519 p. [in Turkish]
- Güçlü SS, Küçük F. 2008. Population age, sex structure, growth and diet of *Aphanius mento* Heckel in Russegger, 1843 (Cyprinodontidae: Teleostei) at Kırkgöz Spring Antalya-Türkiye. Turk J Fish and Aquat Sc. 8(2):269-274.
- Gündoğan İ, Mordoğan H, Helvacı C. 1995. Türkiye'deki acı göllerden sodyum sulfat üretimi. Paper presented at: Endüstriyel Hammaddeleler Sempozyumu; İzmir, Türkiye [in Turkish]
- Helvacı C, Alçıçek MC, Gündoğan İ, Gemici Ü. 2012. Acıgöl sığ-kalıcı, playa-göl havzasının tektono sedimenter çatısı ve ortamsal gelişimi, Gb Anadolu, Türkiye Paper presented at: 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı; Ankara, Türkiye [in Turkish]
- Hrbek T, Küçük F, Frickey T, Stöltzing KN, Wildekamp RH, Meyer A. 2002. Molecular phylogeny and historical biogeography of the *Aphanius* (Pisces, Cyprinodontiformes) species of central Anatolia, Turkey. Mol Phylogenetic Evol. 25(1):125-137.
- Hrbek T, Meyer A. 2003. Closing of the Tethys Sea and the Phylogeny of Euroasian Killifishes (Cyprinodontiformes: Cyprinodontidae), J Evol Biol. 16(1):17-32.

- Kosswig C. 1967. Tethys and its relation to the peri-Mediterranean faunas of freshwater fishes. In: Adams CG, Ager DV editors. Aspects of Tethyan Biogeography. London: Syst Assoc Publication. p. 313-324.
- Kottek M, Grieser J, Bech C, Rudolf B, Rubel F. 2006. World Map of Köppen-Geiger Climate classification updated. Meteorol Z. 15(3):259-263.
- Leonardos I. 1996. Population dynamics of toothcarp (*Aphanius fasciatus* Nardo 1872) in the Mesolongi and Etolikon lagoons. [PhD thesis]. University Thessaloniki. 198p.
- Leonardos I, Sinis A. 1998. Reproductive strategy of *Aphanius fasciatus* Nardo, 1872 (Pisces:Cyprinodontidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). Fish Res. 35(1998):171-181.
- Özaydin O, Taşkavak E. 2006. Length-weight relationships for 47 fishes from Izmir Bay (eastern Aegean Sea, Turkey). Acta Adriat. 47(2):211-216.
- Özdemir MA, Bahadır M. 2009. Acıgöl in Desertification Process (1970-2008). Geography Rewiev, 18:1-20.
- Öztürk T, Özer A. 2008. Parasite fauna of an endemic species *Aphanius danfordii* (Boulenger, 1890) (Osteichthyes: Cyprinodontidae) located in Sarıkum Lagoon (Sinop). J Fish Sci, 2(3):388-402. [in Turkish]
- Petrakis G, Stergiou KI. 1995. Weight-length relationships for 33 fish species in Greek waters. Fish Res. 21(3-4):465-469.
[doi: 10.1016/0165-7836\(94\)00294-7](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)00294-7)
- Ricker, WE. 1975. Handbook of computations of biological statistic of fish populations, Fish Res Board Can, Canada Bull. p 119-300.
- Sarı HM, İlhan A, Yeşilova B. 2007. Some biological features of mediterranean toothcarp [(*Aphanius fasciatus* (Valenciennes, 1821)] caught from Gülbahçe Bay (İzmir Bay). Ege J Fish Aqua Sci. 24 (3-4): 311-314.
- Sterba G. 1973. Sterba's Freshwater Fishes of the World (Volume 2). Neptune City: Tropical Fish Hobbyist Publications, Inc. 496p.
- Sümbüloğlu K, Sümbüloğlu V. 2005. Biyostatistik. Ankara: Hatiboğlu Yayınları. 270 s. [in Turkish].
- Tarkan AS, Gaygusuz Ö, Acıpinar H, Gürsoy C, Özuluğ M. 2006. Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). J Appl Ichthyol. 22(4):271-273.
[doi: 10.1111/j.1439-0426.2006.00711.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00711.x)
- World Health Organization (WHO). 2003. Use of Fish for Mosquito Control. Printed by El-Zahraa for Arab Mass Media WHO-EM/MAL/289/E/G/04.03/1000.
- Wildekamp RH. 1993. A World of Killies. Atlas of the Oviparous Cyprinodontiform Fishes of the World. Volume I. The Genera *Adamas*, *Adinia*, *Aphanius*, *Aphyoplatus* and *Aphyosemion*. Edited by Brian R. Watters. Mishawaka: The American Killifish Association Inc. 311 p.
- Wildekamp RH, Küçük F, Ünlüsayın M, Neer WV. 1999. Species and subspecies of the genus *Aphanius* Nardo 1897 (Pisces: Cyprinodontidae) in Turkey. Turk J Zool. 23(1999):23-44.
- Wildekamp RH, Valkenburg K, 1994. Notizen Über Zahnkarpen-Lebensräume in Anatolien. Die Aquarien und Terrarien Zeitschrift. 47(7):447-453, figures, map.
- Yıldırım Ö, Karaçuba A. 2007. A preliminary study on determination of *Aphanius chantrei*'s feeding behavior on mosquito larvae. Acta Tropica. 102(3):172-175.
[doi: 10.1016/j.actatropica.2007.04.016](https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2007.04.016)
- Yoğurtçuoglu B, Ekmekçi, FG. 2014a. Threatened fishes of the world: *Aphanius transgrediens* Ermin, 1946 (Cyprinodontidae). Croat J Fish. 72:186-187.
[doi: 10.14798/72.4.774](https://doi.org/10.14798/72.4.774)
- Yoğurtçuoglu B, Ekmekçi, FG. 2014b. First attempt at conservation of a critically endangered Cyprinodontid in Turkey. J Environ Sci. 8(24):159-163.
- Yoğurtçuoglu B, Ekmekçi, FG. 2015. Length-weight and length-length relationships of eight endemic *Aphanius* species from Turkey. J Appl Ichthyol. 31(4):811-813.
[doi: 10.1111/jai.12789](https://doi.org/10.1111/jai.12789)
- Zar, JH. 1984. Biostatistical Analysis. New Jersey: Prentice Hall International. p 43-45.



Su Ürünlerinde Marinat Teknolojisi ve Marinasyonun Kalite Özelliklerine Etkisi

Soner ÇETİNKAYA

Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, 32500 Eğirdir, Isparta

Öz

Bu derlemede, ülkemiz su ürünleri işleme sektörü tarafından da uygulanmakta olan marinat üretiminin incelenmesi ve işleme sektörüne yönelik olarak kaliteli ürün üretimine katkı sunulması amaçlanmıştır. Bu kapsamında marinat üretimi sırasında kaliteyi etkileyen faktörler (ön işlemler, salamura, materal, olgunlaştırma, süzme, ambalaj, depolama) ve marine ürünlerin kalitesinde görülen değişimler (nemdeki değişimler, toplam yağ içeriğinde, protein içeriğinde, ham kül miktarında, yağ asitlerinde, pH'da, toplam uçucu bazik azot (TVB-N), trimetilamin-azot (TMA-N) ve tiyobarbitürk asit (TBA) değerindeki değişimler, mikrobiyal değişimler ile duyusal özelliklerdeki değişimler) incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Marinat, marinasyon teknolojisi, marinat kalitesi, olgunlaştırma, sirke ve tuz

MAKALE BİLGİSİ

DERLEME

Geliş : 16.06.2017
Düzelme : 08.08.2017
Kabul : 14.08.2017
Yayım : 21.08.2017



DOI: 10.17216/LimnoFish.321883

* SORUMLU YAZAR

cetinson_70@hotmail.com
Tel : +90 246 313 34 60

The Marinat Technology and Impact of Marination on Quality Properties of Aquatic Products

Abstract: In this review, it is aimed to examine marinade production which is being applied by our country's seafood processing sector and to contribute to the production of quality products for the sector. So, the factors affecting quality during marinade production (pretreatment, brine, material, ripening, draining, packaging, storage), and the changes the quality of marinat products (moisture, total fat content, protein content, crude ash content, fatty acid content, pH, total volatile basic nitrogen (TVB-N) and trimethylamine-nitrogen (TMA-N), thiobarbituric acid (TBA) values, microbial and sensory properties) were examined.

Keywords: Marinade, marine technology, marinate quality, ripening, vinegar and salt

Ahntılıma

Çetinkaya S. 2017. Su Ürünlerinde Marinat Teknolojisi ve Marinasyonun Kalite Özelliklerine Etkisi. LimnoFish. 3(2): 117-128.
doi: 10.17216/LimnoFish.321883

Giriş

Su ürünleri işlemeciliğinin gelişmesinde; dünyadaki iklim koşullarının değişmesi ve buna bağlı olarak avın sürekli olmayışi önemli rol oynamıştır. Dolayısıyla avlanan su ürünlerinin uzun bir süreçte kullanılabilmesi, çeşitli muhafaza yöntemlerinin keşfedilmesine yol açmıştır.

Su ürünleri, özellikle balık ve balıktan elde edilen ürünler günümüz şartlarında gerek sağlık yönünden gerekse lezzetindeki ayrıcalık sebebiyle diğer hayvansal kaynaklı gıdalardan daha önemli bir yere sahiptir. Ancak balık eti, dayanıklılık açısından çabuk bozulan gıdalar arasında yerini almaktadır (Çolakoğlu 2004). Balık son derece hassas bir gıda maddesi olması nedeni ile avlandığı andan itibaren

fiziksel ve çevresel faktörlerden süratle etkilendir. Bu durumda avlanmayı takiben kısa süre içinde tüketilmeli ya da uygun koşullarda muhafaza edilerek tüketiciye en iyi kalitede ulaştırılması sağlanmalıdır (Özden vd. 2001).

Üreticiden tüketiciye uzanan zincirdeavlama, işleme, depolama gibi aşamalarda balığa uygulanan çeşitli işlemlerin nitelikleri ürün kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (Serdaroğlu ve Purma 2006). Tüketicilerin taze soğutularak raf ömrü uzatılmış gıdalara olan talepleri nedeni ile birçok araştırma, taze ürünlerin güvenliğini garantilerken, su ürünlerinde de raf ömrünü uzatmak amacıyla çeşitli muhafaza teknolojilerinin kullanımını gündeme getirmiştir (Sallam 2007).

Gün geçtikçe değişen beslenme alışkanlıklarını, hazırlanması ve tüketimi kolay olan ürünlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Gıda işleme yöntemlerindeki gelişmeler ile yeni ürünlerin elde edilmesinin yanında, elde edilen ürünlerin dayanma süresinin uzatılması ve kalitenin korunması amaçlanmaktadır. Bu sayede belirli dönemlerde bolca temin edilebilen gıda maddelerinin daha az bulundukları ya da hiç bulunmadıkları dönemlerde de kullanılması sağlanmaktadır (Yapar 1998). İnsanlar çalışma koşullarının zorlaması sonucu kullanımını pratik olduğundan işlenmiş ürünler tüketme alışkanlıkları kazanmaya başlamışlardır. İşlenmiş ürünlerle karşı olan bu ilgiden, su ürünlerini de yeterince payını almaktadır (Yanar ve Fenercioğlu 1999).

Su ürünlerinde uygulanan başlıca muhafaza yöntemleri; dumanlama teknolojisi, tuzlama teknolojisi, dondurulmuş ürün teknolojisi, kurutulmuş ürün teknolojisi, konserve ürün teknolojisi, ezme ürün teknolojisi, paketleme teknolojisi, marine ürün teknolojisi ve radyoaktif işinlarla muhafaza teknolojisidir (Varlık vd. 2004). Bunlardan bazıları tüketiciye pişirmeden tüketebileceğii hazır gıdalar sağlamaktadır. Marinat teknolojisinin uygulandığı ürünler bunlara örnek verilebilir.

Marinat, gıda muhafazasında bilinen en eski işlemlerden birisidir. Tarihi M.Ö. 7. yüzyıla kadar dayanmaktadır. Marinasyon işlemi, tuz ve asetik asitten oluşan salamura yardımı ile balığın muhafaza edilmesidir. Çelik (2004) marinatı tuz ve sirke çözeltisiyle hazırlanan bir konserve ürün olarak tanımlamış ve marinasyonda, ürünün pişirilerek, kızartılarak ya da soğuk olarak tüketilebileceğini bildirmiştir. Balıklarda ve diğer su ürünlerinde marinat teknolojisinin uygulandığı çok sayıda çalışma mevcuttur (Aksu vd. 1997; Dokuzlu 1997; Erkan vd. 2000; Varlık vd. 2000; Kolakowski ve Bednarczyk, 2002; 2003; Özden ve Baygar 2003; Çaklı ve Kılınç 2003; Çelik 2004; Çolakoğlu 2004; Gökoğlu vd. 2004; Cadun vd. 2005; Eke 2007; Çetinkaya 2008; İnanlı vd. 2010; Bilgin vd. 2010; Kaya ve Baştürk 2014; Özoğul ve Balıkçı 2013; Serdaroglu vd. 2015; Szymczak 2016).

Marinat teknolojisi

Balıklar kurutma, tuzlama, dumanlama, soğutma ve dondurma, ısı işlemeli uygulama ve ısı işlemsiz uygulama gibi farklı şekillerde işlenebilmektedir. Marinasyon bu yöntemlerden ısı işlemsiz konservasyon bölümüne girmektedir (Olgunoğlu 2007).

Marinatlar balık ve kabukluların asetik asit ve tuz çözeltisinde korunması prensibine dayanarak hazırlanmaktadır. Marinasyon işleminde ürünün raf

ömürü artarak karakteristik tat oluşmaktadır. Marine edilmiş balıklar, Kuzey Avrupa, özellikle İskandinavya ve Almanya'da uzun zamandan beri tercih edilmekte olup geleneksel ürün haline gelmiştir. Farklı ülkelerde değişik şekillerde hazırlanmasına karşın, balık filetolarının tuz ve asetik asitte korunması sağlanmaktadır. Marinasyon işlemi sırasında tuz ve asetik asit balık eti içeresine yayılarak proteinleri denatüre eder ve pH değerini düşürerek lizozomal katepsinlerin aktivitesiyle tipik tat oluşumu sağlanır (Kılınç ve Çaklı 2004a).

Anonim (1988)'e göre salamura suyunda balık etleri, protein denaturasyonundan dolayı parlak kırmızı rengini yitirir ve marinatın mat, tipik beyaz gri rengi oluşur (Dokuzlu 1997). Meyer (1965)'e göre ise marinatın koku ve et yapısı karakteristikdir. Bu işlem aynı zamanda çiğ ürünün olgunlaşmasına yardımcı olur ve belli bir koruma sağlar. Konserve edici etki sirke ve tuzun bir kombinasyonu ise de esas koruyucu faktör asittir. Bu nedenle balığın tüm kısımlarının mümkün olduğunda çabuk ve homojen bir şekilde sirke ile temas etmesi gereklidir (Varlık vd. 1993).

Marinasyon İşlemi Etkileyen Faktörler

Su ürünleri açısından marinat; sirke ve tuz ile muamele edilip olgunlaştırılarak yenilebilir şekilde getirilmiş ürünler olarak tanımlanmıştır (Varlık vd. 1993). Marinasyon işlemi, ürünü pişirerek, kızartarak ya da soğuk olarak uygulanabilir. İşleme yöntemindeki prensip, ürünün sirke ve tuz ile olgunlaştırılarak yenilebilir hale getirilmesidir (Çelik 2004). Bir başka tanımla "marine edilmiş balık" terimi, organik asit ya da sirke ve tuz içeren bir solüsyona daldırılarak yarı korunmuş balık ürünlerini tanımlamada da kullanılır (Kılınç ve Çaklı 2005a). Bu ürünlerde marinat denir (Erkan vd. 2000). Marinasyonda kullanılan çözeltiler çok çeşitli olabilir. En çok kullanılanı suda çözülmüş tuz, asetik asit (sirke) ve baharat karışımıdır (Dokuzlu 1997). Marinasyon işlemini, dolayısıyla da elde edilecek ürünün kalitesini tuz, asetik asit, baharat, kullanılan materyal, ön işlemler gibi birçok faktör etkiler.

Ön işlemler

Marinatın kalitesinde materyale uygulanan ön işlemlerin büyük bir önemi vardır. Bu ön işlemler ön yıkama, tuz giderme, ayıklama sonrası yıkama, kanın giderilmesi, ön tuzlama ve süzme olarak tanımlanmaktadır. Hazırlık aşamasında dondurulmuş ürünlerde çözündürme, tuzlanmış ürünlerde tuz giderme işlemi vb. uygulanır (Varlık vd. 1993).

Salamura

Ludorf ve Meyer (1973)'e göre tuz ve sirke miktarı mevsime ve ürünün öngörülen depolama süresine göre ayarlanır. Kış mevsiminde %1,5 sirke ve %3 tuz içeren solüsyon, yaz mevsiminde %1,5-2 sirke, %4-5 tuz içeren solüsyon kullanılır. Enzimler olgunlaşmış ürünü de etkisini gösterir. Buna bağlı olarak depolama süresinin uzaması ile ürünün ağırlığında istenmeyen kayıplar meydana gelebilir (Varlık vd. 1993).

Tuzlu ürün üreten bazı fabrika sahipleri tarafından da hızlı et tuzlama işlemi sırasında asetik asidin eklenmesi tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte literatürde tuzlu suya asetik asit eklenmesinin, tuzlanmış balık etinin duyusal ve fiziksel özellikleri üzerine etkisi hakkında yeterli bilgi yoktur (Kolakowski ve Bednarczyk 2002).

Marinasyon sırasında sirke/tuz oranı iyi ayarlanmadığında elde edilen ürün ya çok yumuşak ya da çok sert olur (Dokuzlu 1997). Marinasyon etin yumusatılması yanında tadın, tekstürün ve etin yapısal özelliklerini değiştirmek amacıyla de uygulanmaktadır. Böylece diğer işlenmiş balık çeşitlerine de alternatif oluşturmaktadır (Poligne ve Colligan 2000).

Marinatın daha çok dayanması amacıyla salamuradaki asitlik oranının yükseltilmesi düşünülürse de bu durum ürünün lezzetini bozacağından pek uygun değildir. Olası bir bozulmayı önlemek için konserve edici maddelerin miktarını artırmak ta lezzet nedeni ile mümkün olmadığından marinatlar sınırlı dayanıklı ürünlerdir (Varlık vd. 1993).

Material

Marinat yapımında ringa, çaca, sardalya, hamsi, morina gibi balıklar kullanılmaktadır (Erkan vd. 2000). Bu amaçla taze, dondurulmuş ya da tuzlanmış balık ve balık kısımları kullanılabilir (Varlık vd. 1993). Ayrıca marine balık ürünleri haşlama ve kızartma gibi değişik pişirme işleminden geçirilmiş balık etlerinin baharat, salça ve değişik sosların ilavesi ile de yapılabilmektedir (Yapar 1998).

İyi kalitede marinat elde etmek için kullanılan balığın taze ve kalitesinin belirli düzeyde olması gereklidir. Ayrica marinat yapımında kullanılan ilave maddelerin kalitesi de önemlidir. Örneğin marinatın lezzeti ve dayanıklılığında kullanılan suyun büyük önemi vardır. Kullanılacak suyun standartlara uygun temiz içme suyu kalitesinde olması gerekmektedir. Marinat yapımında kullanılan asetik asit berrak renkte olmalı, boğucu koku içermemelidir. Tuz, temiz ve %98-100 saflikta olmalı, Ca, Mg oranı oldukça düşük olmalıdır. Baharat ise arzu edilen miktarda kullanılmalı ve mikrobiyal yükünün düşük olmasına dikkat

edilmelidir (Varlık vd. 2000; Özden vd. 2001; Özden ve Varlık 2004).

Olgunlaştırma

Marinasyon işlemi genellikle 4°C'de 1-2 hafta içerisinde tamamlanmaktadır. Olgunlaşma işlemi tamamlanan balık filetoları daha sonra cam ya da plastik kaplar içerisinde şeker ve baharatların da ilavesi ile paketlendikten sonra tüketime sunulmaktadır. Ayrıca ısıl işlem (pişirme ya da kızartma) uygulandıktan sonra paketlenen marinatlar da vardır. Marine edilmiş ürünler steril olmadığından hijyenik koşullar altında hazırlanması önemlidir. Bütün kapların, çalışma yüzeylerinin, aletlerin ve katkı maddelerinin temiz olması gerekmektedir (Kılınç ve Çaklı 2004a). Birçok marinatın asit bileşenleri içermesi nedeniyle marinasyon cam, seramik ya da çelik konteynerlerde yapılmalı, asla alüminyum kaplar kullanılmamalıdır (Özden 2005).

Marinat için hazırlanan salamura genelde %4-5 sirke ve %7-10 tuz içerir. Asit ve tuz içerisindeki balığın fiziksel özelliklerini birkaç gün içerisinde değiştir. Bu sırada kas dokusu yumuşar, deri ve kılçık kolayca çıkar. Sirke asidi yapısal proteinlerin ve kas zarlarının parçalanmasını sağlar. Asit ve tuzun ortak etkisi ile ilk günlerde yumuşayan kas dokusu, olgunlaşma ile birlikte sıklaşır, işlem sonunda hammadde ağırlığının %15-20'sini kaybeder (Erdem vd. 2005).

Olgunlaştırma çözeltisinin bileşimi yani sirke ve tuz miktarı ve balık miktarının çözelti miktarına oranı önemlidir (Varlık vd. 1993). Meyer (1965) kaliteli marine ürünlerde, olgunlaşma süresinin sonunda salamuradaki asit miktarının %2,5 balık dokusunda ise %2-3 arasında olması gerektiğini, ayrıca tuzun koruyucu etkisi yanında, tuz oranının fazla olmasının ürünün tadını bozduğunu bildirmiştir (Erdem vd. 2005). Ovayolu (1997)'na göre marine ürünlerde olgunlaşma süresi, balık/cözelti oranı, sirke/tuz ilişkisi ve ortam sıcaklığı ile ilgilidir. Örneğin ringa balığı %4 sirke ve %10 tuz içeren çözeltide, 15°C sıcaklıkta 4-5 günde olgunlaşmaktadır (Erdem vd. 2005). Buna karşın marinatlarda sıcaklık azaldıkça olgunlaşma süresi artmaktadır. Buzdolabı koşullarında olgunlaşma süresinin 20-25 gün olduğu bildirilmiştir (Erdem vd. 2005).

Süzme

Olgunlaştırma işlemi sonrası ürünün ambalaj içerisinde herhangi bir şekilde kötü bir görünüm göstermemesi gerekmektedir. Ayrıca depolama aşamasında ürünün bozulmasına sebep olacak su çıkışlarının olmaması için suyun süzülerek uzaklaştırılması gereklidir (Özden ve Varlık 2004).

Ambalaj

Ürünün ambalajı kendine has, dış ortamla ilişkisini kesebilecek, sızıntılarla ve nakliye sırasında oluşabilecek çatlama ve patlamalara dayanabilecek yapıda olmalıdır. Aynı zamanda ürün ambalajının gıdaıyla tehlikeli etkileşimlere (geçişim) sebep olacak materyalden yapılmamış olması gereklidir. Aynı zamanda ambalaj içerisinde kullanılacak olan salamura, yağı, sos ve diğer malzemeler ürün kalite özelliklerine uyacak esasta olmalı, ürünün temel aromasını baskı altına alacak kötü tat ve renk oluşumlarına yol açmamalıdır (Özden ve Varlık 2004).

Depolama

Marine edilerek işlenmiş su ürünlerinin uygun depolanma sıcaklıklarları $4/8^{\circ}\text{C}$ (± 2) arasında olup direkt ışık temasından korunması gereklidir. Özellikle bu tip ürünlerin yağ oksidasyonuna karşı hassasiyetlerinin olduğu göz ardı edilmemelidir (Özden ve Varlık 2004). Bu tip ürünlerde sirke ve tuzun etkisi balıkta bulunan bakteri ve enzim faaliyetlerini durdurarak, ürünün daha uzun raf ömrüne sahip olmasını sağlamaktadır (Özden ve Baygar 2003). Ludorf ve Meyer (1972)'e göre ise mikroorganizmaların gelişmelerinin önlenmesi için olgunlaştırma işlemi sonunda sirke konsantrasyonunun %2,5, tuz konsantrasyonun ise %6,5 olması gereklidir. Olgunlaştırma çözeltisi balık etine mümkün olduğunda çabuk etki etmelidir. Aksi takdirde etin kırmızılaşması şeklinde görülen, arzu edilmeyen bozulma olayları başlar (Varlık vd. 1993). Meyer (1965)'e göre raf ömrü depolama sıcaklığına ve marine edilmiş balıkla ilişkili bakterilere de bağlıdır. Benzoik asit, sorbik asit ve nisin gibi koruyucuların kullanılması raf ömrünü uzatabilir (Kılınç ve Çaklı 2005b). Borgstrom (1965) ve İnal (1992)'a göre marinatların raf ömrünün belirlenmesinde en önemli faktör depolama ısisidir. Bu nedenle piyasaya kutular içinde sunulan marinatların etiketlerinde "soğukta saklanmalıdır ve çabuk tüketilmelidir" ibarelerinin eklenmesi yararlı olacaktır (Dokuzlu 1997).

Marinat Çeşitleri

Marinatlar üretim teknigine göre soğuk, pişirilmiş ve kızartılmış marinatlar olarak gruplandırılabilir.

1. Soğuk marinatlar: taze materyal asetik asit ve tuz çözeltisinde olgunlaştırılmaktadır. Isı uygulama işlemi yoktur.

2. Pişirilmiş marinatlar: Balıklar 85°C 'deki asetik asit ve tuz çözeltisinde bekletilmektedir. Bu işlemle çoğu bakteri öldürülür ve enzimler inaktive olur.

3. Kızartılmış marinatlar: Asetik asit ve tuz çözeltisinde paketlenmeden önce kızartılan materyalde çoğu bakteri ölür ve enzimler denatüre olur (Kılınç ve Çaklı 2004a).

Marine Edilmiş Farklı Ürünler

Dünya genelinde birçok ülkede yapılış tekniği ve kullanılan malzemelerde küçük farklılıklar gösteren ve değişik isimlerle adlandırılan marine ürünler elde edilmektedir. Bu ürünler; kızartılarak marine edilmiş uskumru ya da sardalya, marine edilmiş midyeler, ceviche, escabeche, paksiw (Kılınç ve Çaklı 2004a), dumanlanmış marinat, bitkisel ve baharat aromalı marinat, marinat salatası, paneli marinat, zeytinli marinat, acı biber soslu marinat, pişmiş marinat, kızartılmış marinattır (Özden ve Varlık 2004).

Marine Ürünlerin Kalitesinde Görülen Değişimler

Su ürünlerine uygulanan diğer işleme tekniklerinde olduğu gibi marine ürünlerin besin bileşeninde ve kalite parametrelerinde depolama süresince değişiklikler olduğu bilinmektedir. Bu değişiklikler uygulanan teknolojiye ve kullanılan hammaddelere bağlı olabileceği gibi canlı türüne göre de farklılık göstermektedir.

Nemdeki Değişimler

Ham materyale göre marinatın nem değerindeki hafif bir azalmanın tuzun su tutma kabiliyetine bağlanabileceği bildirilmektedir (Çelik 2004). Asetik asit ete difüzyon ile geçer. Asetik asit balık etine geçerken balık suyu da salamuraya geçerek asetik asit konsantrasyonunu düşürür. Hammaddedeki su içeriği çok önemlidir. Suyun yüksek düzeyde olması salamuranın asetik asit ve tuz derişimini seyreltir. Materyalin su içeriğine göre balık/salamura oranı ve salamuranın asetik asit/tuz içeriği ayarlanmalıdır. Sirke miktarı için de aynı ayarlama geçerlidir. Su miktarı yüksek materyal, temizlenmemiş ve suyu iyi drene edilmemiş materyal için daha konsantre salamura gerektirmektedir. Aynı durum temizlenmiş ve suyu iyi giderilmemiş materyal için de geçerlidir (Özden ve Varlık 2004)

Dondurulduktan sonra -27°C 'de depollanmış marine edilmiş karidesler marine edilmemiş karideslerden daha yüksek nem içeriğine sahiptir.

Dondurulmuş depolama ve pişirmeden sonra, marine edilmiş karideslerin hala marine edilmemişlerden daha yüksek nem içeriğine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber marine edilmiş ve marine edilmemiş karideslerin nem içeriği donmuş depolamadan sonra bu çalışmada önemli oranda değişimmemiştir. Marine edildikten sonra daha düşük pişirme kaybı olmuş, pişmiş örnekler daha fazla neme sahip olmuş pişirilmiş karideslerin

santrifüj edilmiş sulu dokularından daha yüksek bulunmuştur. Bunun anlamı marine edilmiş karideslerin daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu olarak açıklanmıştır (Huang vd. 1996). Love ve Abel (1966) işlenmiş balık filetoları üzerinde STPP (Sodyum tripolifosfat) ile proteinlerin etkileşerek bir yüzey filmi üretiklerini belirtmişlerdir. Onların teorisine göre, bu film sıvı geçişini engelleyecek ve sadece çözülme kayıplarını azaltmayacak aynı zamanda donmuş depolama esnasında nem kaybını da en aza indirecektir (Huang vd. 1996). Paneli alabalık marinatlarının modifiye atmosferle paketlemesinde de depolamaya bağlı olarak nem kayipları gözlenmiştir (Erkan vd. 2000).

Toplam Yağ İçeriğindeki Değişimler

Balıklarda yağ oranı türlere göre büyük değişim gösterdiği gibi, aynı türün kendi içinde yaşlarına, cinsiyete ve mevsimlere göre de önemli farklılıklar gösterir. Yavru ve genç balıklarda yağ oranı düşük olup, balığın yaşı ilerledikçe yağ oranında bir artış gözlenir (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Taze örnekten elde edilen değerlere göre marinasyon işlemine tabi tutulmuş örneklerden elde edilen yağ içeriği arasındaki değişimlere bakıldığı zaman Çaklı ve Kılınç (2003) tarafından sardalya balıklarından elde edilen yağ değerleri, Eke (2007)'nin palamut, hamsi ve zargana balıklarından elde ettiği yağ değerleri, Cadun vd. (2005) tarafından karideslerden elde edilen yağ değerleri, Kılınç ve Çaklı (2004b)'nın dondurulmuş çözürülmüş sardalya filetolarının marinasyonundan elde ettikleri yağ değerleri, Özden (2005)'in hamsi ve alabalıklar için bildirdiği yağ değerleri ile Sallam vd. (2007)'nin pasifik zarganasından elde etikleri ham yağ değerleri arasındaki değişim, taze örneğe göre marine edilen ürünlerin toplam yağ değerlerinde artış olduğunu göstermektedir.

Protein İçeriğindeki Değişimler

Balık etlerinde protein oranı genel olarak %14-20 arasında değişir. Bu değer balığın türüne, yaşına, cinsiyetine, beslenme ortamına, üreme ve göç mevsimine göre değişiklikler gösterebilir. Beyaz etli ve yavru balıklarda, kırmızı etli ve yaşlı balıklara oranla protein miktarı biraz düşüktür. Anadrom, katadrom ve üreme göçü yapan balıklarda göç öncesi protein oranı yüksek iken göç sonrası vücuttaki yağla birlikte bir kısım protein de yıkıma uğradığından protein oranı düşer. Ancak bu değişim yağlarda olduğu gibi çok fazla olmaz. Ortalama %1-3 civarındadır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Ludorf ve Meyer (1973)'e göre balığın yüksek protein içeriği işlenmesinde çok yönlü olanaklar sağlar. Protein istenen formda değişikliğe uğratılabilir ya da yıkımlanabilir. Böylece aromatik

yıkımlanma ürünleri oluşur. Balık etinin yeme olgunluğuna getirilmesi hem sıcak işlemle (pişirme, kızartma, sıcak dumanlama vb.) hem de soğuk işlemle (tuzlama, sirke-tuz salamurasında tutma) yapılabilir. Arzu edilmeyen protein yıkımlaması, bozulmanın göstergesidir. Bu tip yıkımlamada bakteriyel-enzimatik olaylar rol oynar (Özden ve Varlık 2004).

Marine akivadeslerde ve marine gümüş balığı protein değerinde düşüş saptamıştır (Çelik 2004, Çetinkaya 2008). Çetinkaya (2008) salamuradaki asetik asit oranı ile protein değerinin ters orantılı değiştğini bildirmiştir. Benzer düşüş Eke (2007) tarafından palamut, hamsi ve zargana balıkları marinatları için de bildirilmiştir. Bununla birlikte marinasyonda olgunlaştırma işlemi ile balıkta minimum düzeyde protein kaybının sağlanabileceği de vurgulanmıştır (Olgunoğlu 2007). Buna karşın ham protein değerlerinde, salamura ya da marinasyon işlemi sonrasında farklı oranlarda artış olduğu da görülmüştür (Cadun vd. 2005; Çaklı ve Kılınç 2003; Kılınç ve Çaklı 2004b; Kılınç ve Çaklı 2005a; Kılınç ve Çaklı 2005b; Özden 2005; Sallam vd. 2007).

Ham Kül Miktarındaki Değişimler

Su ürünleri etlerinde inorganik madde %1-2 civarındadır. Bu değer deri ve ince kemik parçalarının (kılçık) et içerisinde bulunması halinde biraz yükselebilir. İnorganik madde balıkların yaşı ilerledikçe bir miktar artar. Balıkların etlerinde bulunan inorganik madde içerisinde beslenmede önemi büyük olan mineral maddeler de mevcuttur (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999). Dean (1990)'a göre insan vücutu ağırlığının yaklaşık %4'ünü oluşturan mineraller, büyümeye ve sağlık için gerekli olan maddelerdir. Kalsiyum, fosfor, sodyum, potasyum, magnezyum, iyot, demir, bakır, flor, kobalt ve çinko su ürünlerinin içerdiği önemli minerallerdir. Su ürünlerinin bazı türleri her 100 g'da 15 mg'dan 200 mg'a kadar değişen kalsiyum, 100-400 mg arasında fosfor miktarı ile mükemmel bir kalsiyum, fosfor kaynağıdır. 100 g kasta ortalama 60 mg sodyum miktarı ile balık, sodyum diyeti gereken insanlara tavsiye edilebilmektedir. Kalp atışlarının düzenlenmesi, sinir transmisyonu, kas kasılması, karbonhidrat ve protein metabolizmasında katalizör rolü oynayan potasyum, 100 g balık etinde 250-500 mg arasında değişmektedir. Yine balık eti, enzim sisteminde katalizör rolü olan magnezyum bakımından iyi bir kaynaktır (Turan vd. 2006).

Olgunlaştırma salamurasında tutulan balık örneklerinin % ham kül değerlerinde artış olmaktadır. Bu durum balık etinde bulunan su ile salamurada bulunan tuzun yer değiştirmesinden ve tuzun fırında yanmamasından kaynaklanmaktadır. Buna karşın salamuradaki asit oranındaki artışa bağlı

olarak balık kasında bulunan bir kısım mineral maddenin çözünerek salamuraya geçmiş olmasından kaynaklı % ham kül değerlerinde düşüş gözlenmektedir (Çetinkaya 2008). Genel olarak marinasyonla taze örneğe göre kül değerlerinde artış görülmüştür (Çaklı ve Kılınç 2003; Kılınç ve Çaklı 2004b; Kılınç ve Çaklı 2005a; Kılınç ve Çaklı 2005b; Özden 2005; Sallam vd. 2007; Eke 2007).

Yağ Asitlerindeki Değişimler

Balık yağları ortalama %20 doymuş, %80 doymamış yağ asitleri içerir. Balık yağlarında 16, 18, 20, 22 karbonlu (C) 1, 2, 3, 4, 5, 6 çift bağ içeren yağ asitleri bulunur. Ayrıca serbest yağ asitlerine de rastlanır. Balık yağında antioksidan özelliği gösteren tokoferoller oldukça az bulunur. Bu nedenle yağların oksitlenmesi çok hızlı olduğundan renkleri koyulaşır ve açılaşır (Gülyavuz ve Ünlüsayın 1999).

Tüketilen gıdalardaki yağların, doymamış yağlarca zengin olması çok önemlidir. Çünkü ω -3 serisi yağ asitlerinin vücutta, biyokimyasal ve fizyolojik aktivitelerde önemli görevler üstlendiği artık kesin olarak bilinmektedir. Yağ asitleri, insan vücudunda göz, beyin, testis ve plesantada toplanır. Gözlerin uygun şekilde çalışmasına ve beyin fonksiyonlarını eksiksiz olarak yerine getirmesine yardımcı olur. Kandaki yağ konsantrasyonunu düzenler (Kaya vd. 2004). Özden vd. (2001)'nin bildirdiğine göre de balığın yağ asitleri kompozisyonu beslenme koşullarına, mevsim, cinsiyet, yaş gibi özelliklere bağlı olarak değişmektedir. Çoklu doymamış yağ asitleri yönünden zengin olan deniz ürünlerini işleme ve depolama sırasında ürünün aroması ve raf ömrü üzerinde belirleyici faktörlerden birini oluşturur. Yağ asitleri kompozisyonu balığın beslenme yönünden önemini artırmaktır, ayrıca depolanabilirlik süresi üzerinde etkili olmaktadır.

Balıklar ω -3 grubu yağ asitlerinden Eikosapentaenoik vs Dokosaheksaenoik asitlerin tek kaynağıdır. Bu yağ asitleri ise tatlı su balıklarında, deniz balıklarından daha az bulunmaktadır. Yağsız balıklarda trigliseridler yerine fosfolipidler bulunmaktadır (Özden ve Varlık 2004). Steffens (1997)'e göre deniz balığı türlerinin yağ asitleri genellikle linoleik asit (18:2 ω 6) ve linolenik asit (18:3 ω 3) seviyelerinin düşüklüğü ve uzun zincirli ω 3 grubu çoklu doymamış yağ asitlerinin yüksek miktarları ile karakterize edilmiştir (Özogul vd. 2007). Balık yağlarının yağ asidi kompozisyonu, özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), balıklar tarafından tüketilen yağların yağ asitleri profillerine göre çeşitlenir. Yağ asidi kompozisyonu su sıcaklığı değişikliklerine, tuzluluğa ve derinliğe karşı vücut adaptasyon mekanizmasının cevaplarına göre de çeşitlenir (Tanakol vd. 1999).

Yapılan bir çalışmada (Çetinkaya 2008) gümüş balığına uygulanan marinasyon sonrası yağ asidi kompozisyonlarındaki değişimler incelendiğinde doymuş yağ asitlerinden miristik asit, pentadekanoik asit ve heptadekanoik asitin depolama sırasında azalma gösterdiği buna karşın palmitik asit ve stearik asitin arttığı saptanmıştır. Alabalıktan ve hamsiden yapılan marinatların doymuş yağ asitlerinden miristik asit, pentadekanoik asit, palmitik asit ve stearik asitin depolamanın 120. gününde düşük değerlerle artış gösterdiği, buna karşın Alabalık marinatı için bir çift bağlı doymamış yağ asitlerinden oleik asitin ve çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit ve araşidonik asitin azaldığı belirlenmiştir. Hamsi marinatı için de bir çift bağlı doymamış yağ asitlerinden oleik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerinden linolelaidik asit, linolenik asit, araşidonik asit ve dokosaheksaenoik asit azalmıştır (Özden vd. 2001).

Marine edilmiş balıklarda genel olarak doymuş yağ asitlerinde bir artış, çoklu doymamış yağ asitlerinde azalış dikkati çekmektedir. Çoklu doymamış yağ asitlerindeki azalmanın nedeni balıklarda çok bulunan bu tür yağların kolay okside olma özellikleri olabilir. Balıkların yüksek oranda doymamış yağ asitleri içermesi muhafaza sırasında oksidasyonun hızlanması neden olmaktadır. Gunstone (1984)'nın belirttiğine göre yağ asitlerinin oksidasyonu, karbon zincirinde karbon-hidrojen bağına bir molekül oksijenin hidroperoksit vermek üzere katılması ile başlar. Hidroperoksitler aktif oksidantlar olup kolayca diğer moleküllerle reaksiyona girme eğilimindedirler (Özden vd. 2001).

pH'daki Değişimler

pH değeri mikrobiyal ve enzimatik aktiviteyi etkileyen önemli bir faktördür. Marinasyon sırasında taze balığın pH değeri önemli ölçüde düşmektedir. Hemen hemen tüm gıdaları bozan ve zehirlenmelere neden olan bakterilerin çoğalması pH 4,8'de önlenebilir. Organik asitler, pH'yi mikroorganizmaların gelişimi için uygun olan aralığın altına düşürür (Cadun vd. 2005). Meyer (1965) marinatlarda depolamaya bağlı olarak pH değerlerinde artış ve etteki asit değerlerinde azalma olduğunu belirtmiştir (Çaklı ve Kılınç 2003). Marine ürünlerde pH değerinin 4,1-4,5 arasında olması (Aksu vd. 1997) ve 4,8'den daha yüksek olmaması gerekmektedir (Cadun vd. 2005). Marinatlarda pH 4-4,5 aralığında tutulduğu zaman bozulmadan sorumlu bakteriler etkili bir şekilde engellenirse de mayaların, küflerin ve laktik asit bakterilerinin gelişebileceği ortam halen bulunmaktadır. pH 2,5'ta küfler, 3,5'te laktik asit bakterileri, 4,2'de aside dayanıklı saprofit çubuk şeklindeki bakteriler 4,5'te *Clostridium botulinum* ve

aside duyarsız *Coli aerogenes* gelişebilmektedir (Özden ve Varlık 2004). Asetik asit etkisiyle pH değeri 4,3 civarında olur. Bu pH derecesi proteazlar, özellikle de katepsin tipi enzimler için çok uygundur. Vücuda özel bu enzimlerin marinata özgü aramanın oluşumunda etkisi oldukça büyütür (Özden vd. 2001). Marinat üretiminde sıcaklığın sirke/tuz geçişi üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, etin başlangıç pH değeri 6,5, çözeltinin pH değerini 2,5 olarak ölçülmüş, 4 saatlik aralıklarla yapılan ölçümelerde etin pH'sında düşme, çözeltinin pH'sında yükselme olduğunu belirlenmiştir. Bir süre sonra ette ve çözeltide pH değerleri eşitlenmiş ve bu noktada olgunlaşma işleminin tamamlandığı belirlenmiştir. Ayrıca 20°C'de olgunlaşmaya bırakılan örneklerdeki pH değişiminin 4°C'de olgunlaşmaya bırakılanlardan daha hızlı olduğu bildirilmiştir (Varlık vd. 1993).

Toplam Uçucu Bazik Azot (TVB-N) ve Trimetilamin-azot (TMA-N)'taki Değişimler

Günümüzde balığın bozulma derecesinin tahmin edilmesinde kullanılan en yaygın analizlerden olan toplam uçucu bazik azot (TVB-N) değerinin belirlenmesi ilk olarak Boury (1935) tarafından önerilmiştir. Bununla birlikte ürünün kalitesini belirlemedeki etkinliği sağlık uzmanlarını tamamen tatmin etmemesine rağmen, birçok araştırmacı tarafından güvenli bir analiz olarak kabul edilmektedir (Olgunoğlu 2007). TVB-N'in etteki yoğunluğu balık ve balık ürünlerinde bozulma indisi olarak kullanılan en fazla çalışılmış parametrelerdir (Ruiz-Capillas vd. 2001). TVB-N ve trimetilamin-nitrojen (TMA-N) içeriğinin belirlenmesi balık tazeliğinin değerlendirilmesinde en fazla kullanılan kimyasal metotlardandır. Bu yüzden TVB-N ve TMA-N seviyeleri buzlanmış balıkların depolanmasının kontrolü üzerindeki deneylerde geleneksel olarak çalışılmıştır. Bu bileşenlerin seviyesi mikrobiyal bozulmanın başlaması ile artar. Aynı zamanda balıkçı kokunun öncelikli sorumlusudur ki bozulmanın ilerlemesiyle artar (Ruiz-Capillas ve Horner 1999).

TVB-N bütün uçucu aminleri içermektedir (Çaklı ve Kılınç 2003). TVB-N değeri, su ürünlerinde depolama süresine paralel olarak artmakta ve ürün kalitesinin belirlenmesinde önemli bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Erdem vd. 2005).

Balık ve balık ürünlerinin kalite ve raf ömrünün belirlenmesinde kullanılan kalite kontrol yöntemlerinden TVB-N ve TMA-N analizleri marine balık ürünler için normal ölçütler içerisinde sonuç vermemektedir. Özellikle alabalık gibi tatlı su balıkları söz konusu olduğunda, TMA-N miktarı göz ardı edilecek düzeyde olmakta ve bozulmanın takibinde kriter olarak kullanılamamaktadır. TVB-N

analizi ortamın asitliğinden dolayı kullanışlı bir kalite parametresi değildir (Özden vd. 2001). TVB-N değerini balığın cinsi, avlanma mevsimi, beslenme durumu, cinsiyeti ve yaşı gibi faktörlerin etkilediği de bildirilmektedir (Özden ve Baygar 2003).

Taze balıklarda bile bir miktar TVB-N bulunabilirken, erimiş buzda 20-25 gün tutulan bozulmuş balıklarda TMA ve TVB-N yoğunluğu 50-70 mg N/100 g değerine yükselebilirken, iyi kalitede taze balık, paketleme öncesinde 1,5 mg/100 g TMA-N değerini aşmamalıdır. Soğutulmuş balıklarda TMA-N ve TVB-N sırasıyla 10-15 mg/100 g ve 35-40 mg/100 g değerleri sınır değeri olarak değerlendirilmelidir (Connell 1995). Kietzmann vd. (1969) balık ürünlerinin TVB-N değerlerine göre kalite sınıflandırmasını 100 gram balıkta 25 mg'a kadar çok iyi, 30 mg'a kadar iyi, 35 mg'a kadar pazarlanabilir, 35 mg'dan fazlasını bozulmuş olarak bildirmektedir (Dokuzlu 1997). Ludorf ve Meyer (1973) ise balıklarda 35 mg/100 g TVB-N değerini pazarlanabilir, 40 mg/100 g TVB-N değerini ise bozulmuş olarak değerlendirirmektedirler (Dokuzlu 1997). Avrupa Birliği direktiflerinde (EC guidelines 95/149/EC, 1995) farklı türler için taze balıkta müsaade edilebilir seviye olarak 35 mg/100 g bildirilmiştir (Sallam vd. 2007).

Salamura ya da marinasyon işlemi TVB-N'de önemli bir düşmeye neden olmamakta, sadece çok az bir azalma sağlamakta ve marine edilmiş balıkta kimyasal değişikliklerin azaltılmasında asetik asitin önemli etkileri olmaktadır (Sallam vd. 2007). Aksu vd. (1997) farklı asit ve tuz yoğunluklarında hamsi marinatı üretiminde üretim aşamasından başlayarak yapılan analizler sonucunda tüm örneklerin TVB-N açısından düzenli ve sürekli bir artış gösterdiğini ve analizlerin kesildiği 150. günde dahi limit değerleri aşmadığını belirlemiştir.

Cadun vd. (2005) marine ürünlerin taze balıktan daha düşük TVB-N içermesini tuz ve sitrik asit ilavesine bağlamaktadır. TVB-N değeri depolama süresince düzensiz değişmektedir (Varlık vd. 2000; Eke 2007). Bu durum asetik asit etkisi ile biyokimyasal aktivitelerin engellenmesine bağlımaktadır (Özden ve Baygar 2003). Depolama süresince devamlı artış gösteren duysal değişimler ile kıyaslandığında TVB-N değeri düzensiz bir değişim göstermesi ve değişimin sabit olmamasından dolayı marine ürünler için uygun bir bozulma belirteci olarak görülmektedir (Arik vd. 2001; Özden ve Baygar 2003).

Tiyobarbiturik Asit (TBA) Değerindeki Değişimler

Balık bozulmasında en önemli değişim balığın yağında ve özellikle acılaşma şeklinde olup yağlı balıklarda daha çok görülmektedir. Yağın bulunduğu

dokularda ve diğer gıdalarda ortaya çıkan bozulma ve parçalanma ürünlerinin etkisi ile ürün tüketilebilme özelliğini kaybeder. Yağların bozulması sonucunda ürünü meydana gelen değişimler, lezzet ve koku değişimi, asitlik değişimi, peroksit oluşumu, aldehit oluşumu, keton oluşumu şeklindedir (Özden vd. 2001).

Balık vücutunda yağlar dokular içerisinde kendilerini hidrolize eden bazı enzimlerle birlikte bulunmaktadır. Yağı hidrolize eden enzimlerin pek çok fonksiyonu vardır. Bunlar nötral yağları serbest yağ asitlerine ve gliserine parçalar. Canlı organizmada çeşitli mekanizmalarla kontrol altında tutulan bu enzimler vücutta nötral bir haldeyken, ölümün gerçekleşmesinden sonra hücreleri koordine eden mekanizmanın ortadan kalkmasıyla lipaz enzimi yağlara etki etmeye başlar. Dokulardaki bu orijinal lipaz dolayısıyla yağlarda meydana gelen bozulma durumu önemsenmez. Buna karşın yağa bulaşabilen mikroorganizmaların etkisiyle ortaya çıkan lipopolitik enzim faaliyetleri çok daha önemlidir. Bu faaliyetler ile hem aerobik hem de anaerobik şartlarda hidroliz oluşabilir. Hidroliz sonucu karakteristik kokuyu ortaya çıkarılan uçucu bileşenler oluşur (Özden vd. 2001).

Balıklar, yağlarında bulundukları bir ve daha fazla çift bağ içeren yağ asitleri nedeniyle, diğer etlere kıyasla lipit oksidasyonuna karşı daha açık durumdadırlar (Ramanathan ve Das 1992). Kutlu (1996) ve Soyer (1999)'in bildirdiğine göre balıkta yağlar, işleme ve depolama sırasında gerek lipopolitik ve lipoksidatif enzimlerin etkisi ve gerekse de havayla temas sonucu parçalanarak, oksitlenme ürünleri oluşturup ileri düzeyde acı (ransit) tat oluşumuna yol açarak açılabılır. Oksidasyon sonucu ilk olarak kokusuz ve tatsız özellikteki yağ asitleri ve peroksitler oluşur. Bunlar balıkta organoleptik görünüş olarak hiçbir bozulmanın olmadığı zamanda da ortaya çıkabilemektedir. Bu aşamadan sonra peroksitler de oksitlenerek aldehit ve ketonlara dönüşürler (Özden ve Varlık 2004; Olgunoğlu 2007). Böylece balıkta hoş gitmeyen bir koku ve açılaşma ortaya çıkar. Başlangıç aşamasında yağın oksitlenmesi ile ortaya çıkan peroksit değerinin tespiti balığın başlangıçtaki kalitesi hakkında bir fikir verirken TBA değerinin ölçümlü de balıklardaki açılaşma hakkında bilgi verir (Olgunoğlu 2007). Balıklarda ortaya çıkan oksidasyon mekanizması oksijen varlığı, sıcaklık, metaller, enzimler gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak ta değişmekte birlikte, en önemli otooksidasyondur. O nedenle oksidasyonun önlenmesi ya da geciktirilmesi için bu faktörlerin kontrol altına alınması gerekmektedir (Yapar ve Erdöl 1999). NaCl demirin lipit peroksidasyonunu artırcı yönde pro-oksidatif bir etkiye sahiptir (Sallam vd. 2007).

Balıkların tazelik belirlemesinde sıkılıkla kullanılan TBA analizleri yağ oksitlenmesini belirlemeye önemli bir kalite indeksidir. Oksidatif açılaşma süreç olarak karışık bir bozulmadır ve özellikle yağlı balıklarda gerçekleşir (Connell 1995). Yağ içeriği yönünden zengin balıklarda TBA değeriyle duysal test arasında açılaşma yönünden bir korelasyon olduğundan özellikle balık ve balık ürünlerinde lipit oksidasyonunu tespit etmede başarılı sonuçlar veren önemli bir metod olduğu vurgulanmaktadır (Ramanathan ve Das 1992).

Schormüller (1968, 1969) mükemmel kalitedeki bir materyalde TBA değerinin 3 mg malonaldehid/kg'dan daha az olması, iyi kaliteli materyalde 5 mg malonaldehid/kg'dan daha fazla bir değer göstermemesi gerektiğini bildirmiştir, tüketim sınırını ise 7-8 mg malonaldehid/kg olarak belirtmiştir (Cadun vd. 2005). Curran vd. (1980) ise özellikle tuzlanmış su ürünlerinde açılaşmanın bir göstergesi olarak kabul edilen TBA değerinin, balık etinde 4 mg malonaldehit/kg'ı aştiği zaman açılaşmanın başladığını, tüketilebilirlik sınır değerinin ise 8 mg malonaldehit/kg olduğunu bildirmiştir (Erdem vd. 2005). Kundakçı (1989) tüketilebilirlik üst sınırını 4 mg malonaldehit/kg olarak bildirirken, Sinhuber ve Yu (1958) iyi kalite ürünlerde TBA değerinin 3 mg malonaldehit/kg ve altında olması gerektiğini, 4-27 mg malonaldehit/kg arasında TBA değerlerine sahip ürünlerin kötü kaliteli olarak nitelendirilebileceğini belirtmiştir (Yapar 1998).

Yapar (1998) tarafından yapılan bir çalışmada iki farklı olgunlaştırma çözeltisi kullanılarak hazırlanan hamsi marinatından elde edilen TBA değerleri incelendiğinde %10 tuz + %2 sirke kullanılarak yapılan marinattan elde edilen değerler depolamaya bağlı olarak düzenli bir artış eğilimi gösterirken, %15 tuz + %2 sirke kullanılarak yapılan marinattan elde edilen TBA değerleri inişli çıkışlı bir değişim göstermiştir. Benzer durum Cadun vd. (2005) tarafından marine edilmiş akıvades örneklerinde, Eke (2007) tarafından hamsi ve zargana örneklerinde ve Sallam vd. (2007) tarafından pasifik zarganası marinat örneklerinden elde edilen TBA değerlerinde de görülmektedir.

Mikrobiyal Değişimler

Balıkların bozulması fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik mekanizmaların karıştığı karmaşık bir süreç olarak tanımlanmıştır (Sallam vd. 2007). Marinasyon işleminden sonra tamamen inaktive edilmemiş bakteriler, depolama esnasında asit ortamina adapte olma kabiliyetine göre gelişmelerini sürdürmektedir (Fuselli vd. 1994). Sirke, birçok bakterinin büyümeye aralığının altında pH

düşürücü etkisi olan etkili bir asit kaynağıdır (Sallam vd. 2007). Karl ve Schreiber (1990)'e göre balığın sirke/tuz çözeltisi ile muamele edilmesi mevcut nematod larvalarının ölümüne neden olabilir. Balık eti ile olgunlaştırma çözeltisinin sirke/tuz konsantrasyonunun eşitlenmesi 1-2 haftada gerçekleşmesine karşın nematod larvalarının ölmesi için en az 35 günlük bir süre gereklidir (Varlık vd. 1993). Kosev (1985)'e göre ise marinat üretiminde kullanılan yemeklik tuzun koruyucu etkisi asit ilavesiyle arttırlımaktadır. Tuzun koruyucu etkisi, su aktivitesinin azalması ile mikroorganizma gelişimi ve özelliklerini üzerine etki etmesi şeklinde olmaktadır ve raf ömrünün artmasını sağlamaktadır (Serdaroğlu vd. 2015). %20 tuz yoğunluğunda üremesi duran mayaların, pH 2,5 olacak şekilde asetik asit ilave edilmiş %14'lük tuz konsantrasyonunda da üremesi durmaktadır (Dokuzlu 1997). Homo ve heterofermentatif laktobasiller marine edilmiş çiğ uskumrunun bozulmasında kilit rol oynar (Fuselli vd. 1998). Fuselli vd. (1998; 2003), Lyhs (2002)'e göre *Lactobacillus* sp. bozulmuş ve bozulmamış marinatlarda özel bozulma organizmaları olarak tanımlanmıştır (Kılınç ve Çaklı 2005b). Fuselli vd. (1994) depolama sırasında baskın gelen mikroflora olarak *Lactobacillus* spp. özellikle *L. casei* subsp. ve *Micrococcus* ve özellikle *M. varians* olduğunu, bununla birlikte *Staphylococcus* spp. koliform, Enterobacteriaceae, maya ve küf, *E. coli*, *Pseudoalteromonas aeruginosa* ve *Clostridia* türü bakterilerin ise bulunmadığını bildirmiştir.

Duyusal Özelliklerdeki Değişimler

Duyusal analizler son yıllarda elde edilen ürünlerin kalite ölçütlerinin değerlendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle deneyel bulgularla elde edilen sonuçların duyusal değerlendirme analizleri ile desteklenmesi ve güçlendirilmesi gereklidir. Duyusal değerlendirme balık tazeliğinin değerlendirilmesi için en popüler yoldur. Basit, hızlı ve kalite hakkında anında bilgi sağlar. Balığın duyusal özellikleri açıkça görülür ve tüketici memnuniyeti için temeldir (Sallam vd. 2007). Marine ürünlerde raf ömrünü belirlemeye yönelik olarak yapılan kimyasal analiz sonuçlarında özellikle ortam asitliğine bağlı olarak dengeli sonuçlar ortaya çıkmadığı, bu nedenle de yaptıkları çalışma sonucunda marinat teknolojisinin uygulandığı ürünlerin kalitesinin belirlenmesinde uygulanabilecek en uygun analiz yönteminin duyusal analiz olduğu ifade edilmiştir (Özden vd. 2001). Kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik analiz sonuçları ne kadar iyi olursa olsun gıda maddelerinin kalite kontrolünde duyusal analizler ürün hakkında karar vermede son söyle sahiptirler (Çelik 2004). Organoleptik özelliklerin gıda kalitesi üzerine önemli

etkileri vardır ve gıdanın tüketilebilirliğini doğrudan belirleyebilir (Aksu vd. 1997; Dokuzlu 1997; Özden vd. 2001). Bu amaçla çeşitli değerlendirme tabloları ve puanlandırma sistemleri geliştirilmiştir. Schormüller (1968) tarafından geliştirilen değerlendirme sisteme göre 15,0 ve üstü puan alan marinatlar birinci sınıf, 13,0-14,9 arası puan alanlar ikinci sınıf, 11,0-12,9 arası puan alanlar üçüncü sınıf, 6,0-10,9 arası puan alanlar dördüncü sınıf marinat olarak değerlendirilirken, 6,0 puandan daha az alanların insan gıdası olarak tüketilemeyeceği, standart dışı olduğu belirtilmiştir (Aksu vd. 1997).

Duyusal olarak yapılan incelemede, marinat ve baharatlı ürünlerde sirke ve baharatın ürünün lezzetini artırdığı gibi aynı zamanda koruma sağladığı, salamura ürünlerde ise marinat ve baharatlı ürünlerde göre kalite ve beğenilirliğinin daha düşük olduğu belirlenmiştir (Erdem vd. 2005). Tüketiciler tarafından arzu edilen kaliteli marinat ürünlerinde et rengi balık cinsine bağlı olarak doğal beyazlıkta, yapısı yumuşak ve sulu olmalıdır. Duyusal bozulma genellikle ürünün işlenme öncesinde, işleme sırasında ve sonrasında yapılan hatalar sonucunda olmaktadır ve bunu depolama hataları izlemektedir. İşleme öncesinde hammaddenin uygun olmayan depolama koşullarında tutulması ya da depolama amacıyla uygulanan hatalı dondurma işlemine bağlı olarak ortaya çıkan hatalar, üretim sonrasında elde edilen ürünlerin duyusal özelliklerinde bozulmalara yol açacaktır. Yanlış dondurma uygulaması sonrasında yağ içeriği bakımından zengin balıkların karın bölgelerinde ortaya çıkabilen sariya çalan renklenme, marine üzerinde açılma göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Benzer şekilde işleme aşamasından sonra ürünün üzerinde görülen kan lekeleri ve renk değişimleri de duyusal olarak ürünün beğenilmemesine neden olmaktadır. Duyusal olarak bozulmuş olduğu değerlendirilen marinat tipi ürünlerde görünüş, renk, koku, lezzet ve kıvam yönünden arzu edilmeyen değişimler ortaya çıkmaktadır (Özden ve Varlık 2004).

Poligne ve Colligan (2000) asetik asit ve glukonik asit kullanılarak hamsilerin hızlı marinasyonu isimli çalışmalarında, duyusal analizin tuzu ve ekşi lezzetin güvenilir bir biçimde belirlenmesi için uygun, ama sululüğün belirlenmesi için uygun olmadığını bildirmiştir. Sallam vd. (2007) pasifik zarganası marinatının depolama süresinin zargana filetolarının görünüm, sululuk ya da yumuşaklık özellikleri üzerindeki etkisi öneksiz ($p>0,05$), ama renk, koku, tekstür, acılık, lezzet ve ağızda kalan tat özellikleri üzerindeki etkisini önemli ($p<0,05$) bulmuştur. Ayrıca ürünün genel kabul edilebilirlik skorları depolama zamanı arttıkça önemli ($p<0,05$) oranda azalma göstermiştir. Benzer sonuçlar Sallam (2007) tarafından dilimlenmiş

salmon marinatı içinde belirlenmiş ve depolama zamanının artması ile salmon koku, lezzet ve ağızda kalan tat bakımından önemli ($p<0,05$) bir azalma olduğu bildirilmiştir. Varlık vd. (2000) tarafından marine balık köftesinin raf ömrünün belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, duyusal analizlerin değerlendirilmesinde Amerina vd. (1965) tarafından geliştirilen puanlama tablosu kullanılmıştır.

Tartışma ve Sonuç

Sonuç olarak değerlendirildiği zaman, marinasyon su ürünleri işleme sektörünün temel amaçları arasında yer alan, avlanan ürünlerin uzun süreli dayanımını sağlayan işleme yöntemlerinden birisidir. Asetik asit ve tuzun ete işlemesi ile farklı lezzette bir ürün ortaya çıkmaktadır. Yöntemin uygulanması ile su ürünlerinin kalite niteliklerini yitirmeksızın daha geniş bir zaman diliminde ve daha uzak pazarlara sunulması sağlanabilmektedir. Böylece gerek avcılık, gerekse de yetiştiricilik yolu ile elde edilen su ürünlerinin katma değerli ürünlere dönüştürülerek sektör çalışanlarına daha fazla gelir kazandırılması yanında, tüketiciler içinde sağlıklı ve damak tadına uygun bir seçenek oluşturulmaktadır.

Teşekkür

Bu çalışma Soner ÇETINKAYA'nın SDU BAP tarafından 1484-YL-07 proje numarası ile desteklenen "Eğirdir Gölü'nden avlanan gümüş balığı (*Atherina boyeri*, Risso 1810)'ndan marinat yapımı ve bazı besinsel özelliklerinin tespiti" başlıklı yüksek lisans tezinden özetenmiştir.

Kaynaklar

- Aksu H, Erkan N, Çolak H, Varlık C, Gökoğlu N, Uğur M. 1997. Farklı asit-tuz konsantrasyonlarıyla hamsi marinat üretimi esnasında oluşan bazı değişiklikler ve raf ömrünün belirlenmesi. YYÜ Vet Fak Derg. 8(1-2):83-87.
- Arik F, Fiedler F, Lukowicz MV, Sperner B, Stolle A. 2001. Untersuchungen zur haltbarkeit von be- und verarbeiteten süßwasserfischen, arch. Lebensmittelhyg. 52 (2): 34-39.
- Bilgin Ş, Çetinkaya S, Bolat Y. 2010. Changes on the nutritional compositions of the sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) marinade during storage. Afr J Biotechnol. 10(16): 3197-3203
- Cadun A, Caklı S, Kisla D. 2005. A study of marination of deep water pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*, Lucas, 1846) and its shelf life. Food Chem. 90(1-2):53-59.
[doi:10.1016/j.foodchem.2004.03.024](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.024)
- Connell JJ. 1995. Control of fish quality. 4th edition, London: Fishing News Books Ltd. 245 p.
- Çaklı Ş, Kılınç B. 2003. Sardalya balığından (*Sardina pilchardus*) marinat yapımı ve raf ömrü üzerine bir çalışma. İzmir: TUBİTAK. Proje No: VHAG-1839 (101V130).
- Çelik U. 2004. Marine edilmiş akivades (*Tapes decussatus* L. 1758)'in kimyasal kompozisyonu ve duyusal analizi. Ege Üni Su Ürün Derg. 21(3-4):219-221.
- Çetinkaya S. 2008. Eğirdir Gölü'nden avlanan gümüş balığı (*Atherina boyeri*, Risso 1810)'ndan marinat yapımı ve bazı besinsel özelliklerinin tespiti [Yüksek Lisans Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi 126 s.
- Çolakoğlu FA. 2004. Farklı işleme teknolojilerinin Kızılılgöz (*Rutilus rutilus*) ve Beyaz balık (*Coregenus* sp.) mikroflorası üzerine etkisi. Türk J Vet Anim Sci. 28(1): 239-247.
- Dokuzlu C. 1997. Marinat hamsi üretimi sırasında kullanılan asit-tuz oranlarının ürünün mikrobiyolojik ve organoleptik kalitesi üzerine etkileri ve raf ömrünün belirlenmesi. Pendik Vet Mikrobiyol Dergi. 28(1): 81-90.
- Eke E. 2007. Farklı balık türlerinden marinat yapımı ve kalitesinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. 64 s.
- Erdem ME, Bilgin S, Çağlak E. 2005. Tuzlanmış ve marinasyon yöntemleri ile işlenmiş istavrit balığı'nın (*Trachurus mediterraneus* Steindachner, 1868) muhafazası sırasında kalite değişimleri. Ondokuz Mayıs Üni Ziraat Fak Dergi. 20(3): 1-6.
- Erkan N, Metin S, Varlık C, Baygar T, Özden Ö, Gün H, Kalafatoğlu H. 2000. Modifiye atmosferle paketlemenin (map) paneli alabalık marinatlarının raf ömrü üzerine etkisi. Türk J Vet Anim Sci. 24(6):585-591.
- Fuselli SR, Casales MR, Fritz R, Yeannes MI. 1994. Microbiology of the marination process used in anchovy (*Engraulis anchoita*) production. Lwt-Food Sci Technol. 27(3): 214-218.
[doi:10.1006/fstl.1994.1044](https://doi.org/10.1006/fstl.1994.1044)
- Fuselli SR, Casales MR, Fritz R, Yeannes MI. 1998. Isolation and characterization of microorganisms associated with marinated anchovy (*Engraulis anchoita*). J Aquat Food Prod T. 7(3): 29-38.
[doi:10.1300/J030v07n03_03](https://doi.org/10.1300/J030v07n03_03)
- Gökoğlu N, Cengiz E, Yerlikaya P. 2004. Determination of the shelf life of marinated sardine (*Sardina pilchardus*) stored at 4°C. Food Control. 15(1):1-4.
[doi:10.1016/S0956-7135\(02\)00149-4](https://doi.org/10.1016/S0956-7135(02)00149-4)
- Gülyavuz H, Ünlüsayım M. 1999. Su ürünleri işleme teknolojisi. Ankara: Şahin Matbaası 366s.
- Huang Y, He L, Gates KW. 1996. Qualities of fresh and previously frozen marinated shrimp. Paper presented at: Tropical and Subtropical Seafood Science and Technology Society of The Americas Nineteenth and Twentieth Annual Conferences. 19th Annual Conference New Orleans, LA. 20th Annual Conference, Humacao, Puerto Rico.
- İnanlı AG, Özpolat E, Çoban ÖE, Karaton N. 2010. Marine edilmiş hamsi balığının (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) kimyasal bileşimi ve farklı soslarda duyusal değerlendirilmesi. J FisheriesSciences.com. 4(4): 455-461.
[doi: 10.3153/jfscom.2010049](https://doi.org/10.3153/jfscom.2010049)
- Kaya Y, Duyar HA, Erdem ME. 2004. Balık yağ asitlerinin insan sağlığı için önemi. Ege Üni Su Ürün Derg. 21(3-4): 365-370.

- Kaya GK, BaşTÜRK Ö. 2014. Organoleptic and chemical changes during storage of sea bass marinades (*Dicentrarchus labrax* L., 1758). *J Food Process Pres.* 38(3): 1072–1079.
[doi:10.1111/jfpp.12065](https://doi.org/10.1111/jfpp.12065)
- Kılıç B, Çaklı Ş. 2004a. Marinat teknolojisi. Ege Üni Su Ürün Derg. 21(1-2): 153-156.
- Kılıç B, Çaklı Ş. 2004b. Chemical, microbiological and sensory changes in thawed frozen fillettes of sardine (*Sardina pilchardus*) during marination. *Food Chem.* 88(2): 275-280.
[doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.044](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.044)
- Kılıç B, Çaklı Ş. 2005a. Determination of the shelf life of sardine (*Sardina pilchardus*) marinades in tomato sauce stored at 4°C. *Food Control.* 16(7): 639-644.
[doi: 10.1016/j.foodcont.2004.07.004](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2004.07.004)
- Kılıç B, Çaklı Ş. 2005b. The determination of the shelf-life of pasteurized and non-pasteurized sardine (*Sardina pilchardus*) marinades stored at 4°C. *Int J Food Sci Tech.* 40(3): 265-271.
[doi: 10.1111/j.1365-2621.2004.00883.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00883.x)
- Kolakowski E, Bednarczyk B. 2002. Physical and sensory changes in headed and gutted baltic herring during immersed salting in brine with the addition of acetic acid. part 1. weight losses, color of flesh and its sensory properties. *EJPAU. Food Sci and Tech* 5(2).[cited 2017 May 28]. Available from <http://www.ejpau.media.pl/volume5/issue2/food/art-09.html>
- Kolakowski E, Bednarczyk B. 2003. Changes in headed and gutted baltic herring during immersed salting in brine with the addition of acetic acid. part 2. intensity of proteolysis. *EJPAU. Food Science and Technology.* 6(1). [cited 2017 May 28]. Available from <http://www.ejpau.media.pl/volume6/issue1/food/art-10.html>
- Olgunoğlu İA. 2007. Marine edilmiş hamside (*Engraulis engrasicholus*, L., 1758) duyusal, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler [Doktora Tezi]. Çukurova Üniversitesi. 111 s.
- Özden Ö, Metin S, Baygar T, Erkan N. 2001. Vakum paketlenmiş marine balıkların kalitesinin belirlenmesinde yağ asitleri ve aminoasit bileşimindeki değişimlerin incelenmesi. İstanbul: TUBİTAK. Proje No: VHAG-1713/ADP.
- Özden Ö, Baygar T. 2003. Farklı paketleme yöntemlerinin marine edilmiş balıkların bazı kalite kriterleri üzerine etkisi. *Türk J Vet Anim Sci.* 27(4): 899-906.
- Özden Ö, Varlık C. 2004. Marinat teknolojisi. In: Varlık C, Erkan N, Özden Ö, Mol S, Baygar T. Editors. Su ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul. İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü. 491 s.
- Özden Ö. 2005. Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish. *J Sci Food Agr.* 85(12): 2015-2020.
[doi: 10.1002/jsfa.2207](https://doi.org/10.1002/jsfa.2207)
- Özogul Y, Özogul F, Alagoz S. 2007. Fatty acid profiles and fat content of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: a comparative study. *Food Chem.* 103(1): 217-223.
[doi:10.1016/j.foodchem.2006.08.009](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.009)
- Özoğul Y, Balıkci E. 2013. Effect of various processing methods on quality of mackerel (*Scomber scombrus*). *Food Bioprocess Tech.* 2013(6): 1091-1098.
[doi:10.1007/s11947-011-0641-4](https://doi.org/10.1007/s11947-011-0641-4)
- Poligne I, Colligan A. 2000. Quick marination of anchovies (*Engraulis encrasicolus*) using acetic and gluconic acids. Quality and stability of the end product. *Lwt-Food Sci Technol.* 33(3): 202-209.
[doi:10.1006/fstl.2000.0635](https://doi.org/10.1006/fstl.2000.0635)
- Ramanathan L, Das NP. 1992. Studies on the control of lipid oxidation in ground fish by some polyphenolic Natural Products. *J. Agric. Food Chem.* 40(1): 17-21
[doi: 10.1021/jf00013a004](https://doi.org/10.1021/jf00013a004)
- Ruiz-Capillas C, Horner WFA. 1999. Determination of trimethylamine nitrogen and total volatile basic nitrogen in fresh fish by flow injection analysis. *J Sci Food Agr.* 79(14):1982-1986.
[doi:10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199911\)79:14<1982::AID-JSFA459>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199911)79:14<1982::AID-JSFA459>3.0.CO;2-G)
- Ruiz-Capillas C, Gillyon CM, Horner WFA. 2001. Determination of different volatile base components as quality control indices in fish by official methods and flow injection analysis. *J Food Biochem.* 25(6): 541-553.
[doi: 10.1111/j.1745-4514.2001.tb00813.x](https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2001.tb00813.x)
- Sallam KI. 2007. Chemical, sensory and shelf life evaluation of sliced salmon treated with organic acids. *Food Chem.* 101(2): 592-600.
[doi:10.1016/j.foodchem.2006.02.019](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.019)
- Sallam KI, Ahmed AM, Elgazzar MM, Eldaly EA. 2007. Chemical quality and sensory attributes of marinated pacific saury (*Cololabis saira*) during vacuum-packaged storage at 4 °C. *Food Chem.* 102(4): 1061-1070.
[doi:10.1016/j.foodchem.2006.06.044](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.044)
- Serdaroğlu M, Purma Ç. 2006. Su ürünlerinde kalitenin saptanmasında kullanılan hızlı teknikler. Ege Üni. Su Ürünleri Dergisi. 23(1/3):495-496.
- Serdaroğlu M, Barış P, Urgu M, Doostifard E, Yıldız-Turp G. 2015. Quality changes of sardine fillets marinated with vinegar, grapefruit and pomegranate marinades, EJPAU 18(4). Erişim Tarihi 14.04.2017 Erişim adresi <http://www.ejpau.media.pl/volume18/issue4/art-09.html>
- Szymczak M. 2016. Effect of technological factors on the activity and losses of cathepsins B, D and L during the marinating of atlantic and baltic herrings. *J Sci Food Agric.* 97(5):1488-1496
[doi: 10.1002/jsfa.7889](https://doi.org/10.1002/jsfa.7889)
- Tanakol R, Yazıcı Z, Şener E, Sencer E. 1999. Fatty acid composition of 19 species of fish from the black sea and the marmara sea. *Lipids.* 34(3): 291-297.
[doi: 10.1007/s11745-999-0366-8](https://doi.org/10.1007/s11745-999-0366-8)
- Turan H, Kaya Y, Sönmez G. 2006. Balık etinin besin değeri ve insan sağlığındaki yeri. Ege Üni Su Ürünleri Derg. 23(1/3): 505-508.
- Varlık C, Gökoğlu N, Gün H. 1993. Marinat üretiminde sıcaklığın sirke/tuz geçiği üzerine etkisi. *Gıda.* 18(4): 223-228.

- Varlık C, Erkan N, Metin S, Baygar T, Özden. Ö. 2000. Marine balık köftesinin raf ömrünün belirlenmesi. Türk J Vet Anim Sci. 24(2000): 593-597.
- Varlık C, Erkan N, Özden Ö, Mol S, Baygar T. 2004. Su ürünleri işleme teknolojisi. İstanbul. İstanbul Üniversitesi Basım ve Yayınevi Müdürlüğü 491 s.
- Yanar Y, Fenercioğlu H. 1999. Sazan (*Cyprinus carpio*) etinin balık köftesi olarak değerlendirilmesi. Türk J Vet Anim Sci. 23(1999): 361-365.
- Yapar A. 1998. İki farklı olgunlaştırma çözeltisi kullanarak hazırlanan hamsi (*Engraulis encrasicholus* L. 1758) marinatlarında bazı kalite değişimleri. Ege Üni Su Ürün Derg. 15(1-2): 1-7.
- Yapar A, Erdöl M. 1999. Buzdolabında muhafaza edilen mezgit (*Merlangius merlangus euxinus* Nord. 1840) karaciğer yağıının bazı özelliklerinde meydana gelen değişimeler. Türk J Vet Anim Sci. 23(1999): 333-336