



Farklı Denizlerden Avlanan Hamsilerin (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) Mineral Madde İçeriği ve Ağır Metal Kontaminasyonu

Mehmet Emin ERDEM¹, Bayram KÖSTEKLİ^{2*}, İrfan KESKİN³, Demet KOCATEPE⁴, Yalçın KAYA⁵

Sinop Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Avlama ve İşleme Teknolojisi Ana Bilim Dalı, 57000, Sinop

¹<https://orcid.org/0000-0002-3245-8177>, ²<https://orcid.org/0000-0003-4279-6257>, ³<https://orcid.org/0000-0003-4503-7299>

⁴<https://orcid.org/0000-0002-9234-1907>, ⁵<https://orcid.org/0000-0002-1259-2336>

✉: bkostekli@sinop.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, Karadeniz (Sinop-Samsun kıyıları), Marmara Denizi (İstanbul kıyıları) ve Ege Denizi (İzmir kıyıları) olmak üzere 3 farklı denizden avlanan hamsinin mineral madde ve ağır metal içeriklerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Hamsilerin mineral madde ve ağır metal kontaminasyon düzeyleri, indüktif eşleşmiş plazma emisyon spektroskopisi (ICP-MS) ile tespit edilmiştir. Ege Denizi, Marmara Denizi ve Karadeniz'den avlanan hamsilerin ortalama Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Hg ve Pb içerikleri sırasıyla; 911.04, 975.24, 1181.87; 403.85, 420.45, 509.44; 265.55, 3534.09, 4274.65; 1056.81, 978.26, 1265.53; 0.57, 1.39, 1.55; 13.062, 10.29, 17.93; 0.88, 0.77, 1.31; 20.03, 15.79, 30.72; 0.63, 0.16, 0.14 ve <0.00, 0.03, 0.10 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Farklı denizlerden avlanan balıkların Zn, Fe, As, Rb ve Cd içerikleri birbirlerinden farklıdır (p<0.05). Elde edilen ağır metal verileri genel olarak incelendiğinde, Ege Denizi'nden avlanan hamsilerin Hg içerikleri hariç diğer ağır metal içeriklerinin sağlık açısından sakıncalı olmadıkları belirlenmiştir.

Araştırma Makalesi

Makale Tarihçesi

Geliş Tarihi : 22.05.2020

Kabul Tarihi : 17.08.2020

Anahtar Kelimeler

Hamsi

Mineral madde

Ağır metal

Kontaminasyon

Halk sağlığı

Mineral Matter Content and Heavy Metal Contamination of Anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) captured from different seas

ABSTRACT

Objective of this study was to determine the mineral and heavy metal contents of anchovy caught from 3 different regions, namely the Black Sea (Sinop-Samsun coast), Sea of Marmara (İstanbul coast) and the Aegean Sea (İzmir coast). Mineral material and heavy metal contamination levels in anchovy were determined by inductively coupled plasma emission spectroscopy (ICP-MS). The average Na, Mg, K, Ca, Mn, Fe, Cu, Zn, Hg and Pb content of the anchovies caught from the Aegean Sea, Sea of Marmara and the Black Sea respectively; 911.04, 975.24, 1181.87; 403.85, 420.45, 509.44; 265.55, 3534.09, 4274.65; 1056.81, 978.26, 1265.53; 0.57, 1.39, 1.55; 13.062, 10.29, 17.93; 0.88, 0.77, 1.31; 20.03, 15.79, 30.72; 0.63, 0.16, 0.14 and <0.00, 0.03, 0.10 mg kg⁻¹. Overall, Zn, Fe, As, Rb, and Cd content of the fish caught from different seas were different from each other (p<0.05). When the heavy metal data obtained were analyzed in general, it was determined that the anchovy caught from the Aegean Sea were not objectionable in terms of health, except for the Hg content.

Research Article

Article History

Received : 22.05.2020

Accepted : 17.08.2020

Keywords

Anchovy

Mineral matter

Heavy metals

Contamination

Public health

Atıf İçin: Erdem ME, Köstekli B, Keskin İ, Kocatepe D, Kaya Y 2021. Farklı Denizlerden Avlanan Hamsilerin (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) Mineral Madde İçeriği ve Ağır Metal Kontaminasyonu. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 24 (2): 285-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.741633>.

To Cite: Erdem ME, Köstekli B, Keskin İ, Kocatepe D, Kaya Y 2021. Mineral Matter Content and Heavy Metal Contamination of Anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) captured from different seas. KSU J. Agric Nat 24 (2): 285-292. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.741633>.

GİRİŞ

Balık ve diğer deniz ürünleri, insanların en eski besin kaynaklarının başında gelmektedir. Bitkisel kaynaklı besinlerin ıslahı ve hayvanların besin olarak

ehlileştirilmesinden çok önceki dönemlerde dahi kolay elde edilebilen, bu nedenle de en çok tüketilen besinlerin deniz ürünleri olduğu bilinmektedir. Su ürünlerinin kimyasal kompozisyonunda protein

miktarları genel olarak sığır, koyun, domuz etleri gibi kırmızı etlere ve kümes hayvanlarının etleri ile benzer iken (%18-22); yağ özellikle de yağ asitleri, mineral madde miktarları ve vitamin içerikleri yönünden önemli bir besin maddesidir (Baysal, 2002). Su ürünleri kaliteli protein içeriği, yüksek omega-3 oranı, çoklu doymamış yağ asitleri ve birçok vitamene sahip olması nedeniyle sağlıklı bir diyet için de gerekli görülmektedir (De Lorgeril ve ark., 1994).

Türkiye’de hem su ürünleri avcılığı hem de tüketimi açısından değerlendirildiğinde, hamsi birinci sırada gelmektedir. Hamsiler, Engraulidae ailesine ait olup, tropikal, subtropikal ve kısmen ılıman denizlerde yaşayan, kara sularında bir türü bulunan ve yumurtalarını orta derinlikte sulara bırakan kısa ömürlü balıklardır. Pelajik ve göçmen bir balık olup, ilkbahar başlangıcında ve sonbaharda büyük sürüler halinde sığ sulara, kışın Karadeniz’de 50-70m, Akdeniz’de 100-150m derinliğindeki sulara göçerler (Türksönmez ve Diler, 2019). Hamsi Karadeniz ve Marmara Bölgelerinde, yoğun avlandığı dönemlerde yüksek miktarlarda tüketilmektedir. Türkiye’de balık tüketimi AB ülkeleriyle kıyaslandığında oldukça düşük düzeydedir. TÜİK (2019) verilerine göre Türkiye’de; 2017 yılında yaklaşık 158,1 bin ton, 2018 yılında ise yaklaşık 96 bin ton hamsi avlanmıştır, aynı yıllarda ortalama kişi başına düşen balık tüketimi ise 5.49 ve 6.14 kg olarak kayıtlara geçmiştir (TÜİK, 2019).

Gelişen endüstri, nüfusun hızla artması ve aşırı tüketim gibi insanların sebep olduğu olumsuz etkilerden dolayı doğada geçmişten günümüze kadar devam etmekte olan dengeli ilişkiler, hızla bozulmaktadır (Türksönmez ve ark., 2017). Suların kirlenmesi, endüstriyel ve tarımsal atıkların sulara karışması gibi durumlarda, bazı ağır metaller, suda yaşayan canlıların yapısında birikmektedir ve bu da tüketiciyi doğrudan etkilemektedir. Böylece bu zarardan dolayı biyolojik sistemlerde çevresel bulaşan olarak bilinen metalik kirleticilerin düzeyi, bulaşmanın yoğun olduğu bölgelerde yaşayan hayvanlarda ve yetişen bitkilerde yüksek boyutlara ulaşmaktadır (Özturan ve Atasever, 2018). Yaşadıkları ortam ile etkileşim içerisinde olan su ürünleri, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumunda meydana gelen tüm değişikliklerden etkilenirler. Sonuç olarak karşılaşılan tüm bu değişimler vücutlarının fiziksel yapısına yansıdığı gibi kas ve iç organlarında da değişiklikler meydana getirir (Türksönmez ve Diler, 2019). Böylece, gıda zinciri boyunca sürekli artış gösterip birikerek, zincirin ilk halkasından başlayıp son halkasında bulunan insanlara kadar ulaşmaktadır (Özturan ve Atasever, 2018). Ağır metale maruz kalma durumuna göre kişilerin organlarında, sinir sisteminde ve iskelet yapısında çeşitli bozukluklar meydana gelebileceği, ayrıca bazı zehirlenme türleri ile de karşılaşabileceği bildirilmektedir (Boran, 2010; Andayesh ve ark., 2015;

Elal Muş ve Çetinkaya, 2017; Akalın, 2018). Ağır metaller çevre ile etkileşimi sonucunda çeşitli rahatsızlıklara sebep olmakta ve insan sağlığı açısından risk oluşturmaktadır (Keskin, 2019).

Günümüzde balıklardaki ağır metal kontaminasyonunun tespit edilmesine yönelik artan bir ilgi vardır (Bat ve Arici, 2018). Hamsilerde ağır metallerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır (Baltas ve ark., 2017; Bat ve ark., 2014; Güngör ve Kara 2018; Alkan ve ark., 2016);

Ağır metaller biyolojik etki değerlerine göre esansiyel ve esansiyel olmayan olarak sınıflandırılırlar. Çoğunlukla enzimatik bir tepkimede yardımcı olarak rol oynayan, organizma yapısında belirli bir derişimde bulunması gerekli olan vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunanlar yaşamsal olarak sınıflandırılırlar. Bunun aksine belirli bir derişimden (1-10 mg kg⁻¹) sonra toksik olarak etki gösterirler (Fe, Hg, Cu, Zn, Ni ve Se). Buna karşın, yaşamsal olmayan ağır metaller, başlangıçtan itibaren toksik etki göstermekte ve çok düşük yoğunluklarda bile psikolojik yapıya etki ederek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler (Özpolat ve Tuli, 2016). Özellikle Hg ve Cd, 0.001-0.1 mg kg⁻¹ gibi çok düşük oranlarda bile toksik olabilmektedir (Jarup, 2003; Bliefert, 2004; Nadal ve ark., 2008; Copat ve ark., 2018). Pb, Hg, Cd gibi ağır metaller suda çok az miktarlarda bulunmasına rağmen toksiktir. Ağır metallerin çoğunun 1 mg kg⁻¹’i bile vücuda alındığında toksik etki yaratabilmektedir (Hu ve ark., 2003). Örneğin Cd ve Hg böbrek hastalıkları, yüksek tansiyon, kanser, karaciğer fonksiyon bozuklukları, işitme kaybı ve zihinsel işlev bozuklukları, kadınlarda ise üreme sistemi bozukluklarına sebep olmaktadır (Iwegbue, 2011). Bununla birlikte bu risklerin yanında dengeli bir diyetle balığın vazgeçilmez olduğu bilinmekte olup, pek çok araştırmacı tarafından deniz ürünlerinin faydalarının risklerinden çok daha fazla olduğu vurgulanmaktadır (FAO/WHO, 2011a; Larsen ve ark., 2011; Lund, 2013).

Bu çalışmanın amacı Türkiye’nin üç farklı denizindeki kıyılardan aynı ayda avlanan hamsinin mineral madde ve ağır metal içerikleri açısından karşılaştırılması ile halk sağlığı açısından değerlendirilmesidir.

MATERYAL ve METOT

Materyal

Çalışmada 2017 yılı ekim ayında eşzamanlı olarak İzmir, İstanbul ve Samsun-Sinop kıyılarından (FAO bölge kodları; Karadeniz: (Sinop-Samsun Bölgesi) 37.4.2.1; Marmara (İstanbul bölgesi) 37.4.1; Ege (İzmir Bölgesi) 37.3.1) avlanan ortalama boy ve ağırlıkları Samsun-Sinop, İzmir ve İstanbul kıyıları için sırasıyla 10.68±0.10 cm ve 8.88±0.42 g, 12.27±0.10 cm ve 13.78±0.28 g, 12.21±0.13 cm ve 14.12±0.37 g olan

hamsiler (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) kullanılmıştır. Örnekleme amacıyla, her birinden 12'şer kg olmak üzere toplamda 36 kg hamsi, teknelerden direkt tedarik edilmiştir. Balıklar buzlanarak soğuk zincir koşullarında frigorifik araçlarla Sinop Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi İşleme Teknolojisi laboratuvarına ulaştırılmıştır. Laboratuvarında hamsilerin filetoları çıkarılmış ve homojenize edilerek analize hazır hale getirilmiştir.

Mineral madde ve Ağır metal analizi

Spektroskopik yöntemle mineral madde tayini için yaş örnekler, kontrollü sıcaklıkta mikrodalga çözdürme ünitesi (Ethos D 260, Milestone Inc. Sorisole, Italy) kullanılarak asitle (7 ml %65HNO₃, 1 ml %30 H₂O₂: Merck, Darmstadt, Almanya) muamele edilmiştir. Çalışmada 28 elementin analizi (Makro elementler: Na, Mg, K, Ca; İz elementler: Li, Be, Al, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Rb, Sr, Ag, Sb, Cs, Ba, Tl, Cd, Hg, Pb) İndüktif Eşleşmiş Plazma- Kütle Spektrometresi (ICP-MS) (Agilent Technologies / 7700X ICP-MS Systems) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analitik kalite kontrol ise Agilent referans materyaller (Std. 1: Agilent 8500-6940 2A (10 mg kg⁻¹ in %5 HNO₃): Li, Be, Na, Mg, K, Ca, Rb, Sr, Cs, Ba, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Al, Ga, As, Se, Tl, Pb; Std. 2: Agilent 8500-6940 Hg (10 mg kg⁻¹ in %5 HNO₃): Hg) kullanılarak sağlanmıştır. Çalışma sonuçları mg kg⁻¹ yaş ağırlık olarak verilmiş olup metallerin tespit limitleri sırasıyla; Li: 0.1132, Ga: 0.02863, Be: 0.002037, As: 0.6655, Na: 0.3834, Se: 0.2816, Mg: 0.07421, Rb: 0.002855, K: 0.7839, Ag: 0.04828, Ca: 8.166, Cd: 0.004838, V: 0.02506, Sb: 0.01398, Cr: 0.02936, Cs: 0.002211, Fe: 0.1959, Hg: 0.03357, Co: 0.006183, Pb: 0.003045, Ni: 0.05721, U: 0.002152, Cu: 0.06849, Al: 0.426, Mn: 0.03901, Zn: 2.676, Sr: 0.01669, Ba: 0.03248' dir (Milestone, 2018).

Halk sağlığı Risk Analizleri

Metal Kirlilik Endeksi (Metal Pollution index –MPI)

Metal kirlilik endeksinin hesabında balık etinde bulunan tüm iz element içerikleri göz önünde tutulmuştur. Bu endeks iz elementlerin geometrik ortalamalarının alınması ile hesaplanmaktadır (Usero ve ark., 1997).

$$MPI = (C_1 \times C_2 \times \dots \times C_n)^{1/n}$$

Çizelge 1. Farklı bölgelerden avlanan hamsilerde makro element içerikleri (mg kg⁻¹ yaş ağırlık).

Table 1. Macro element contents in anchovies captured from a different region (mg kg⁻¹ wet wt.).

Makro Elementler (Macro Elements)	Ege Denizi (The Aegean Sea)	Marmara Denizi (Sea of Marmara)	Karadeniz (The Black Sea)
Na	911.04±0.44 ^a	975.24±0.48 ^b	1181.87±1.37 ^c
Mg	403.85±0.37 ^a	420.45±0.79 ^b	509.44±0.65 ^c
K	2655.48±0.00 ^a	3534.09±0.00 ^b	4274.65±1.17 ^c
Ca	1056.81±0.00 ^b	978.26±3.54 ^a	1265.53±2.12 ^c

a, b, c →: Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen gruplar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) (n=6).

Çizelge 2. Farklı bölgelerden avlanan hamsilerin iz element içerikleri (mg kg⁻¹ yaş ağırlık).

Cⁿ, balık eti içerisindeki iz elementlerin konsantrasyonudur (mg/kg)

Tahmini Haftalık Alım (EWI -Estimated weekly intake)

Tahmini haftalık alım miktarı, 2017 yılında tüketilen Türkiye ortalaması üzerinden, 70 kg ağırlığındaki bir kişi için balık eti içinde bulunan ilgili element miktarlarının hesaplanmasıyla hesaplanmıştır (2017 yılında 5.49 kg / kişi / yıl; 0.106 kg / kişi / haftalık) (TUİK, 2018). Tahmini haftalık alım miktarı hesabında Marengo ve ark. (2018) tarafından verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$EWI = (CM \times IRW) / BW$$

CM = Balık eti iz element konsantrasyonu (mg.kg⁻¹)

IRW = Haftalık alım oranı (kg)

BW = Vücut ağırlığı (kg), (70 Kg)

Halk sağlığı risklerini değerlendirmek için haftalık balık alımı, FAO/WHO Gıda Katkıları Uzman Komitesi (FAO/WHO) tarafından önerilen Geçici Tolere Edilebilir Haftalık Alım (PTWI- provisional tolerable weekly intake) ile karşılaştırılmıştır (FAO/WHO, 2011b).

İstatistiksel analizler

Araştırma sonunda elde edilen veriler Minitab Release 17 paket programı kullanılarak, ANOVA ile değerlendirilmiş, Farklı deniz kıyılarından avlanan balıklardaki element düzeyleri ve elementler arasındaki farklılıklar karşılaştırılmıştır ve önem derecesinin belirlenmesinde Tukey testi (P<0.05) kullanılmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2007). Şekil ve çizelgeler MS Office 2018 yazılımları kullanılarak hazırlanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Grupların makro element bulguları ort.±std. hata olarak, Çizelge 1'de, iz element bulguları Çizelge 2'de, ağır metal bulguları ise Çizelge 3'te verilmiştir.

İzmir kıyısı, İstanbul kıyısı ve Sinop-Samsun kıyısından avlanan hamsilerin Ca, Mg, K ve Na içerikleri sırasıyla 1056.81±0.00, 978.26±3.54, 1265.53±2.12; 403.85±0.37, 420.45±0.79, 509.64±0.65; 2655.48±0.00, 3534.09±0.00, 4274.65±1.17 ve 911.04±0.44, 975.24±0.48, 1181.87±1.37 mg kg⁻¹ yaş

Table 2. Trace element contents of anchovies captured from different regions (mg kg⁻¹ wet wt.).

İz elementler (Trace Element)	Ege Denizi (The Aegean Sea)	Marmara Denizi (Sea of Marmara)	Karadeniz (The Black Sea)
Zn	20.03±0.11 ^b	15.80±0.07 ^c	30.72±0.05 ^a
Fe	13.6±0.01 ^b	10.29±0.06 ^c	17.93±0.11 ^a
As	9.33±0.05 ^a	1.75±0.01 ^c	2.17±0.01 ^b
Sr	2.93±0.04 ^a	2.83±0.09 ^a	2.86±0.06 ^a
Al	1.44±0.04 ^b	1.16±0.09 ^b	2.27±0.02 ^a
Cu	0.88±0.01 ^a	0.77±0.01 ^a	1.31±0.01 ^b
Mn	0.57±0.02 ^b	1.39±0.01 ^a	1.55±0.04 ^a
Rb	0.67±0.01 ^c	0.80±0.02 ^b	1.03±0.02 ^a
Se	0.48±0.03 ^a	0.37±0.01 ^a	0.63±0.03 ^a
Ba	0.31±0.01 ^a	0.20±0.00 ^a	0.21±0.01 ^a
Li	0.20±0.01 ^b	0.40±0.02 ^a	0.24±0.01 ^b
Ni	0.14±0.22 ^b	0.13±0.23 ^b	0.65±0.52 ^a
Co	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a
Cr	0.03±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.01 ^a
Ag	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.04±0.00 ^b

a, b, c, →: Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen gruplar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) (n=6).

Çizelge 3. Farklı bölgelerden avlanan hamsilerin toksik metal içerikleri (mg kg⁻¹ yaş ağırlık)

Table 3. Toxic metal contents of anchovies obtained from the Aegean Sea, Sea of Marmara and the Black Sea (mg kg⁻¹ wet wt.).

Mineral Madde (Mineral Matter)	Ege Denizi (The Aegean Sea)	Marmara Denizi (Sea of Marmara)	Karadeniz (The Black Sea)	Kabul Edilebilir sınır (Acceptable limit)
Cd	0.03±0.00 ^c	0.01±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b	0,05 ^I / 0,25 ^{II}
Hg	0.63±0.01 ^b	0.16±0.00 ^a	0.14±0.00 ^a	0,5 ^I / -II
Pb	0.00±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.10±0.01 ^b	0,3 ^I / -II

a, b, c, →: Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen gruplar arasındaki farklar önemlidir (P<0.05) (n=6).

I: Türk Gıda Kodeksi (2011), II: EU (2014)

ağırlık olarak tespit edilmiştir. Yapılan analizlerde Sinop-Samsun kıyısından avlanan hamsinin makro element içerikleri diğer kıyılardan avlanan hamsilerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (P<0.05). EU (2011) ve Agency for Healthcare Research and Quality (2013)'e göre (AHRQ); Ca'un Beslenme Referans Değeri (BRD) 800-1000 mg gün düzeyindedir, farklı bölgelerden avlanan hamsilerin Ca içeriği oldukça yüksek düzeydedir. Mg için ise bu değer 375 mg gün olup, hamsilerin Mg içerikleri de yoğundur.

Yapılan iz element analizi sonucunda Tl, V, Cs, Sb, U, Ga ve Be tespit edilebilir limit değerlerin altında bulunmuştur. Farklı deniz kıyılarından avlanan hamsilerin iz element içerikleri incelendiğinde sırasıyla Zn>Fe>As>Sr>Al içeriklerinin diğer iz elementlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tüm grupların Zn, Fe ve As içeriği istatistiksel olarak birbirinden farklıdır (P<0.05). Buna karşın Sr, Ba, Co ve Cr içerikleri birbirleri ile benzer bulunmuştur (P>0.05). EU (2011), JEFCA (2003) ve Department of Enviromental Affairs (2010) Ni, Zn, Fe, As, Mn, Se, Cu ve Co'nun Beslenme Referans Değeri'ni sırasıyla; 0.2, 10, 8, 0.03, 0.24, 0.05, 0.4 ve 0.1 mg gün olarak bildirmişlerdir. Bu değerler göz önünde tutulduğunda; 100 g tüketilen Karadeniz hamsisini yetişkin bir bireyin günlük alınması gereken Ni

ihtiyacının tamamını karşıladığı görülmektedir.

Yunanistan kara sularından avlanan hamsilerin (Sofoulaki ve ark., 2019) Fe ve Zn içerikleri bu çalışmada incelenen Ege Denizi İzmir kıyısından avlanan hamsi ile benzerdir. Yüksek Zn alımının Cu toksitetisini azalttığı bildirilmiştir (Yuan ve ark., 2016). Gruplar arasında en yüksek Cu ve Zn içeriği Karadeniz'de Sinop-Samsun kıyısından avlanan hamside tespit edilmiştir (P<0.05). Yüksek Zn içeriği bağışıklık sistemini destekleyici özellikte olup, Sinop-Samsun kıyısından avlanan hamsisinin içerdiği Zn oranının diğer bölgelere kıyasla oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Yılmaz ve Öktem (2007) ton balıkları üzerine yaptıkları bir çalışmada Zn miktarını 12.64 ve 20.47 mg kg⁻¹ arasında, Capar ve Yess (1996) Amerika'da farklı su ürünlerinde ortalama Zn miktarını 17 mg kg⁻¹ olarak, Dalman ve ark. (2006) güney Ege'den avlanan balıklarda ise Zn'nun 0.5 ve 7.2 mg kg⁻¹ arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada tespit edilen değerler yapılan çalışmalardaki Zn değerleri ile benzerlik göstermektedir.

Cr insan sağlığı açısından önemli bir mineral maddedir, özellikler insülin fonksiyonunun düzenlenmesi ve yağ metabolizmasında kilit rol almaktadır (Ahmed ve ark., 2015). Doğu Avustralya

Gıda ve İlaç mevzuatında önerilen maksimum Cr alımının 5.5 mg kg⁻¹ olması gerektiği vurgulanmaktadır (Plaskett ve Potter, 1979). Çalışmada maksimum Cr miktarı Sinop-Samsun kıyısından avlanan hamsisinde belirlenmiş olup, diğer gruplar ile arasında istatistiksel fark saptanmamıştır ($P>0.05$).

Güngör ve Kara (2020) yaptıkları bir çalışmada Marmara hamsisinin Se, Cu, Ni ve Fe içeriğini sırasıyla; 0.12, 0.22, 0.03 ve 0.98 mg kg⁻¹ olarak bildirmiş olup, elementlerin içerikleri bu çalışmada elde edilen sonuçlarla farklılık göstermektedir.

Hg, Cd ve Pb gibi toksik olan metallerin insan sağlığı üzerinde hiçbir yararlı etkisi yoktur (Bat, 2019). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO), toksik metallerin sınır değerlerini; Hg için 0.5, Cd için 0.1-0.5, Pb için 1 mg kg⁻¹; Fe ve Cu için ise 20 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir. Bunların dışındaki ağır metallerin ise 1 mg kg⁻¹'i geçmemesi gerektiği ifade edilmiştir (FAO/WHO, 1986).

Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği'ne göre (TGK, 2011), balık ürünlerinde izin verilen maksimum cıva, kadmiyum ve kurşun değerleri sırasıyla 0.50, 0.30 ve 0.050 mg/kg yaş ağırlık olarak bildirilmiştir.

Yapılan analiz sonuçlarına göre, Ege Denizi İzmir kıyısından avlanan hamsilerin Hg içeriğinin limit değerleri aştığı ve diğer gruplardan istatistiksel olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ($P<0.05$). Nisbet ve ark. (2010)'da yaptıkları çalışmada Orta Karadeniz Bölgesi'nden avlanan hamsi balıklarında Hg tespit edilmediğini bildirmişlerdir. Benzer olarak Karadeniz'den avlanan hamsi balığının ağır metal içeriğinin incelendiği çalışmalarda, insan sağlığı açısından herhangi bir risk oluşturmadığı bildirilmiştir (Aygün ve Abanoz, 2011; Bat ve ark., 2014). Bat ve ark. (2013), hamsi balığının cıva miktarını 0,09-0,26 µg metal g⁻¹, kadmiyum miktarını ise 0.09-0.17 µg metal g⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Türksönmez ve ark. (2017), Marmara bölgesinde avlanan hamsinin mevsimsel olarak ağır metal içeriğini incelemişler ve elde ettikleri sonuçlara göre çıkan değerlerin, ulusal ve uluslararası standartların belirttiği limitleri aşmadığını rapor etmişlerdir. Türkmen ve ark. (2008) yaptıkları bir çalışmada Ege ve Sinop'tan avlanan hamsilerin Cd düzeylerinin 0.02-0.07 arasında değiştiğini, İskenderun Körfezinde avlanan hamsilerde bu değerlerin 0.20 ve 0.55 mg kg⁻¹ arasında olduğunu ifade etmişlerdir Ünsal ve ark. (1993), İnebolu'dan alınan hamsi örneklerinde Hg değerini 0.03 mg kg⁻¹, Cu 0.51 mg kg⁻¹ arasında, Pb ise 0.02-0.045 mg kg⁻¹ olarak bulmuşlardır. Yapılan bazı çalışmalarda balıkların Hg miktarlarını 0.07-0.47 mg kg⁻¹ (Yılmaz ve Öktem 2007), 0.02-0.74 mg kg⁻¹ Ikem ve Egiebar (2005) ve 0.01-0.25 mg kg⁻¹ Stange ve ark. (1996) olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmada tespit edilen değerler yapılan diğer

araştırmaların sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bat ve ark. (2014), Karadeniz'de İnebolu, Sinop ve Trabzon'u kapsayan bölgelerden avlanan hamsilerin ağır metal içeriğini incelemişler, hamsinin yenilebilir kısımlarında Cu, Hg, Cd ve Pb'nin tespit edilmediğini bildirmişlerdir.

Yılmaz ve Öktem (2007) yaptıkları ton balıkları üzerine yaptıkları bir çalışmada balıklarda Pb değerini 0.058-0.0863 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlar, Tayvan'da Lin ve ark. (2004) su ürünlerindeki araştırmalarında Pb 0.17 mg kg⁻¹ bulmuşlar, Capar ve Yess (1996) su ürünlerindeki Pb miktarını 0.27 mg kg⁻¹ tespit etmişlerdir. Bu çalışmada tüm bölgelerden avlanan hamsilerin Pb içeriği verilen literatürlere kıyasla oldukça düşüktür.

Bat ve ark. (2020) Karadeniz hamsisinin Cd, Hg ve Pb içeriğinin sırasıyla 0.033, 0.055 ve 0.09 mg kg⁻¹ olarak bildirmiştir. Çalışmada bulunan Pb içeriği ile bu çalışma ile benzer, Hg içeriği yüksek, Cd içeriği ise daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçları diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, hamsideki toksik metal düzeylerinin genellikle daha düşük veya son incelemelerdekilere benzer olduğu görülmektedir (Bat, 2017a; Bat, 2017b; Bat ve Arıcı, 2018).

Farklı deniz kıyılarından avlanan hamsilerin MPI ve EWI değerleri Çizelge 4'te verilmiştir. MPI, doku kontaminasyon derecesini değerlendirmek için kullanılır; endeks ne kadar yüksek ise, kontaminasyon o kadar fazladır (Usero ve ark., 1997). Çalışmada farklı denizlerden avlanan hamsilerin MPI değerlerin 1'in altında bulunmuştur. JEFCA (FAO/WHO Gıda Katkıları Uzman Komitesi) vücutta birikebilecek kirleticiler için PTWI (Geçici Toleranslı Haftalık Alım) terimini kullanır. Herrman ve Younes (1999) birçok maddenin vücuttan atılmadığını, bu nedenle geçici tolerans haftalık alım oranlarının kullanıldığı bildirmektedir. Tabloda FAO/WHO (2011b) tarafından, haftalık balık tüketimi göz önünde tutularak hazırlanan bazı iz elementlerin PTWI değerleri ile farklı denizlerden avlanan hamsilerin EWI değerleri verilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde üç denizden avlanan hamsi balıklarının EWI değerlerinin önerilen PTWI değerlerinden daha düşük olduğu, insan sağlığı açısından risk taşımadığı söylenmiştir.

SONUÇ

Farklı su kaynaklarında ve farklı su ürünlerinde mineral madde ve ağır metal içerikleri ile ilgili yapılan çalışmalar, değerlerin kabul edilebilir sınır değerleri içerisinde kaldığını göstermektedir. Genel anlamda yapılan araştırmalarda, özellikle hamsi gibi göçmen ve pelajik balıkların mineral madde açısından zengin oldukları ve genel anlamda risk taşımayacak düzeyde ağır metal içerdikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada

da benzer olarak İzmir kıyılarından, İstanbul kıyılarından ve Sinop-Samsun kıyılarından avlanan hamsilerde ağır metaller açısından sadece İzmir kıyılarından avlanan hamsilerin Hg içerikleri hariç, risk tespit edilmemiştir. Türkiye denizlerinden avlanan pelajik balıkların kas dokularında ağır metal seviyelerinin düşük olması, bu kıyılardan en azından

şimdilik güvenli olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte endüstrileşmenin hızla geliştiği dünyada, çevre kirliliği ile birlikte Türkiye denizleri de hızlı bir şekilde kirlenmektedir. Kirlilik konusunda çevreye karşı son derece duyarlı olunmalı, her türlü önlemler alınmalı ve kaynakların korunması için çalışılmalıdır.

Çizelge 4. Farklı denizlerden avlanan hamsilerin MPI ve EWI değerleri.

Table 4. MPI and EWI values of anchovy fishing from different seas.

Elementler (Elements)	Ege Denizi (The Aegean Sea)		Marmara Denizi (Sea of Marmara)	Karadeniz (The Black Sea)
	PTWI*	EWI**	EWI**	EWI**
As	1050.00	14.13	2.65	3.29
Cd	490.00	0.05	0.02	0.03
Cr	44.59	0.05	0.05	0.06
Cu	245.00	1.33	1.17	1.98
Fe	392.00	20.59	15.58	27.15
Pb	1750.00	0.00	0.05	0.15
Zn	490.00	30.33	23.93	46.52
Metak Kirlilik Endeksi (Metal Pollution Index)		0.47	0.32	0.51

*PTWI: 70 kg ağırlığındaki bir yetişkin için verilmiştir (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı).

**EWI: 70 kg ağırlığındaki bir yetişkin için verilmiştir (µg/week/70 kg vücut ağırlığı) (FAO/WHO 2011b)

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar makalelerinde, sonuçları veya yorumları etkileyebilecek herhangi bir maddi veya diğer asli çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

Ahmed MK, Shaheen N, Islam MS, Habibullah-al-Mamun M, Islam S, Mohiduzzaman M, Bhattacharjee L 2015. Dietary intake of trace elements from highly consumed cultured fish (*Labeo rohita*, *Pangasius pangasius* and *Oreochromis mossambicus*) and human health risk implications in Bangladesh. *Chemosphere*, 128: 284-292.

AHRQ, 2013. Investigators: Stephen P Fortmann, MD, Brittany U Burda, MPH, Caitlyn A Senger, MPH, Jennifer S Lin, MD, MCR, Tracy L Beil, MS, Elizabeth O'Connor, PhD, and Evelyn P Whitlock, MD, MPH. Vitamin, Mineral, and Multivitamin Supplements for the Primary Prevention of Cardiovascular Disease and Cancer, A Systematic Evidence Review for the U.S. Preventive Services Task Force, Evidence Syntheses, No. 108. Report No:14-05199-EF-1.

Akalın, S. 2018. Farklı İçeriğe Sahip Konserve Balıkların Ağır Metal Düzeylerinin Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık

Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 124s.

Alkan N, Alkan A, Gedik, K 2016. Assessment of Metal Concentrations in Commercially Important Fish Species in Black Sea. *Toxicology and Industrial Health*, 32(3): 447-456.

Andayesh S, Hadiani MR, Mousavi Z, Shoeibi S 2015. Lead, cadmium, arsenic and mercury in canned tuna fish marketed in Tehran, Iran. *Food Addit Contam Part B Surveill*. 8(2):93-8.

Aygün SF, Abanoz FG 2011. Determination of heavy metal in anchovy (*Engraulis encrasicolus* L 1758) and whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Nordman, 1840) fish in the Middle Black Sea. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Der.*,17:145-152.

Baltas H, Kiris E, Sirin, M 2017. Determination of Radioactivity Levels and Heavy Metal Concentrations in Seawater, Sediment and Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) from the Black Sea in Rize, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 116(1-2): 528-533.

Bat L, Sezgin M, Gökkurt Baki O, Üstün F, Şahin F 2013. Determination of Heavy Metals in Some Commercial Fish from the Black Sea Coast of Turkey. *Walailak J Sci and Tech.*,10: 581-589.

Bat L, Kaya Y, Öztekin HC 2014. Heavy Metal Levels in the Black Sea Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) as Biomonitor and Potential Risk of Human Health, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 14: 845-851.

Bat L 2017a. The Contamination Status of Heavy Metals in Fish from the Black Sea, Turkey and

- Potential Risks to Human Health. In: Sezgin, M., Bat, L., Ürkmez, D., Arıcı, E., Öztürk, B. (Eds.) Black Sea Marine Environment: The Turkish Shelf. Turkish Marine Research Foundation (TUDAV), Publ. No:46, Istanbul, TURKEY. pp. 322-418.
- Bat L 2017b. Pollution and Fishing. In: Black Sea and Fishing Workshop Book/ M. Sezgin, F. Şahin, U. Özsandıkçı (Eds). University of Sinop 13. Bilimsel Yayın. Şimal Ajans. Pp:17-54.
- Bat L, Arıcı E 2018. Heavy metal levels in fish, molluscs, and crustacea from Turkish seas and potential risk of human health. In Food Quality: Balancing Health and Disease 159-196p. Elsevier Inc., Academic Press: UK.
- Bat L 2019. One Health: The Interface Between Fish and Human Health. Current World Environment. 14(3):355-357.
- Bat L, Arıcı E, Öztekin A, Şahin F 2020. Toxic Metals in *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) from The Coastal Waters of Sinop in The Black Sea. *Ecological Life Sciences*, 15(1): 9-14.
- Baysal A 2002. Beslenme. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- Bliefert C 2004. Umweltchemie. Auflage, Wiley-UCH, 487 pp.
- Boran M, Altınok I 2010. A review of heavy metals in water, sediment and living organisms in the Black Sea. Turk J Fish Aquat Sci 10 (4):565-572
- Capar SG. Yess NJ 1996. US Food and Drug Administration survey of cadmium lead and other elements in clams and oysters. Food Addit. Contam. 13(5): 553-560.
- Copat C, Grasso A, Fiore M, Cristaldi A, Zuccarello P, Santo Signorelli S, Ferrante M 2018. Trace elements in seafood from the Mediterranean sea: An exposure risk assessment. Food and chemical toxicology, 115: 13-19.
- Dalman Ö, Demirak A, Balcı A 2006. Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. Food Chemistry 95:157-162.
- De Lorgeril M, Renaud S, Salen P, Monjaud I, Mamelle N, Martin JL, Monjaud I, Guidollet J, Touboul P, Delaye J 1994. Mediterranean alpha-linolenic acid-rich diet in secondary prevention of coronary heart disease. The Lancet, 343(8911): 1454-1459.
- Department of Enviromental Affairs 2010. The Framework for the Management of Contaminated Land. South Africa. Retrived from: <http://sawic.environment.gov.za/documents/562.pdf>.
- Elal Muş T, Çetinkaya F 2017. Su Ürünleri Kaynaklı Gıda Zehirlenmeleri. Türkiye Klinikleri J. Food Hyg. Technol.-Special Topics, 3(3):200-205.
- EU (European Union) 2011. European Union Regulation (EU) No. 1169/2011 of the European parliament and of the Council of 25 October 2011 on the provision of food information to consumers Official Journal of the European Union L, 304:18-63
- EU (European Union) 2014. Commission Regulation. No. 488/2014 of 12 May 2014 Amending Regulation (EC) No: 1881/ 2006 as Regards Maximum Levels of Cadmium in Foodstuffs, L. 138/75.
- FAO/WHO 1986. Food Contamination and Monitoring Programme for Codex, Comitee of Food Addives. WHO/EHE/FOS/86.
- FAO/WHO 2011a. Report of the Joint FAO/WHO Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome (Geneva, World Health Organization)
- FAO/WHO, 2011b. Evaluation of certain food additives and contaminants: Seventy-third [73rd] Report of the Joint FA.
- Güngör A, Kara, D 2018. Toxicities and Risk Assessment of Heavy Metals of the Six Most Consumed Fish from the Marmara Sea. Environmental Science Pollution Research, 25: 2672-2682.
- Güngör A, Kara D 2020. Investigation of Seasonal and Cooking effects on the bioaccessibility of elements in most consumed fish in turkey. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 20(5): 375-386.
- Herrman JL., Younes M. 1999. Background to the ADI/TDI/PTWI. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 30: 109-113.
- Hu FB, Cho E, Rexrode KM 2003. Fish and Long-Chain n-3 Fatty Acid Intake and Risk of Coronary Heart Disease and Total Mortality in Diabetic Women. *Circulation* 107:1852-1857.
- Ikem A, Egiebor NO 2005. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 771-787.
- Iwegbue CM 2011. Assessment of heavy metal speciation in soils impacted with crude oil in the Niger Delta, Nigeria. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 23(1): 7-15.
- Jarup L 2003. Hazards of heavy metal contamination. *Br Med Bull*. 68:167-82.
- JEFCFA 2003. Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusion of the 61st Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives., JEFCFA/61/ Sc., Rome, Italy, 1-22pp.
- Keskin İ 2019. Farklı Paketleme Tekniklerinin Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) Marinatı Üzerine Uygulanabilirliği ve Kalitelerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sinop, 198s.
- Larsen R, Eilertsen KE, Elvevoll EO 2011. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnol. Adv.*, 29(5): 508-518.

- Lin Q, Chen YX, He YF, Tian GM 2004. Root-induced changes of lead availability in the rhizosphere of *Oryza sativa* L. *Agric. Ecosyst. Environ.* 104 : 605–613/10.1016/j.agee.2004.01.001"
- Lund EK 2013. Health benefits of seafood; is it just the fatty acids? *Food chemistry*, 140(3): 413-420.
- Marengo M, Durieux, EDH, Ternengo S, Lejeune P, Degrange E, Pasqualini V, Gobert S. 2018. Comparison of elemental composition in two wild and cultured marine fish and potential risks to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 158:204-212.
- Milestone 2018. Milestone SK-10 High Pressure Rotor Application Notes.
- Nadal M, Ferré-Huguet N, Martí-Cid R, Schuhmacher M, Domingo JL 2008. Exposure to metals through the consumption of fish and seafood by the population living near the Ebro River in Catalonia, Spain: health risks. *Human and Ecological Risk Assessment*,14(4):780-795.
- Nisbet C, Terzi G, Pilger O, Sarac N 2010. Determination of heavy metal levels in fish sample collected from the Middle Black Sea. *Kafkas Üniv. Vet. Fak. Der.*, 16: 119-125.
- Özpolat G, Tuli A 2016. Effects of Heavy Metal Toxicity on Human Health, *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4): 502-521
- Özturan K, Atasever M 2018: Süt ve Ürünlerinde Mineral Maddeler ve Ağır Metaller. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 13(2): 229-241. DOI: 10.17094/ataunivbd.317822
- Plaskett D, Potter IC 1979. Heavy metal concentrations in the muscle tissue of 12 species of teleost from Cockburn Sound, Western Australia. *Marine and Freshwater Research*,30(5): 607-616.
- Sofoulaki K, Kalantzi I, Machias A, Pergantis SA, Tsapakis M 2019. Metals in sardine and anchovy from Greek coastal areas: Public health risk and nutritional benefits assessment. *Food and chemical toxicology*, 123:113-124.
- Stange K, Maage A, Klungsoyr J 1996. Contaminants in fish and sediments in the North Atlantic Ocean. *TemaNord* 1:522. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 1996.
- Sümbüloğlu K, Sümbüloğlu V 2007. *Biyoistatistik*. Ankara: Hatiboğlu Yayınları.
- TGK, 2011. Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm> (Alınma Tarihi: 24.07.2020)
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2018. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27669>
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu) 2019. http://www.tuik.gov.tr/PreÇizelgeArama.do?metod=search&araType=vt_
- Türkmen A, Tepe Y, Türkmen M 2008. Metal Levels in Tissues of the European Anchovy, *Engraulis encrasicolus* L., 1758, and Picarel, *Spicara smaris* L., 1758, from Black, Marmara and Aegean Seas. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 80:521–525.
- Türksönmez Ç, Diler A 2019. Seasonal determination of heavy metal levels of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) obtained from the Marmara Sea. *Acta Biologica Turcica*, 32(4):242-247.
- Türksönmez Ç, Diler A, Özer NP 2017. Marmara Denizi'nden Avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'lerde Hg, Pb ve Cd Miktarlarının Belirlenmesi. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 10(2): 28-30.
- Usero J, Gonzalez-Regalado E., Gracia I. 1997. Trace metals in the bivalve molluscs *Ruditapes decussatus* and *Ruditapes philippinarum* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Environ. Int.* 23: 291–298.
- Ünsal M, Bekiroğlu Y, Yeminicioğlu S, Akdoğan Ş, Ataç Ü, Ergin S, Kayıkçı Y, Aktaş M, Yıldırım C 1993. Determination of Heavy Metals in Some Economically Important Marine Organisms in Southwestern Black Sea. (Batı Karadeniz'de Ekonomik Önemi Olan Bazı Deniz Ürünlerinde Ağır Metallerin Belirlenmesi), Project No: DEBAG - 80/G, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı.
- Yılmaz İ, Öktem B 2007. Contents of some toxic and trace elements in Tuna (*Katsuwonus pelamis*) in Turkey. 5th International Congress on Food Technology Greece "Consumer protection through Food Process Improvement & Innovation in The World" Proceedings Volume 1: 462-46.
- Yuan L, Li M, Zhang Y, Tao Z, Wang R 2016. The protective effects of dietary zinc on dietary copper toxicity in large yellow croaker *Larimichthys croceus* Aquaculture, 462:30-34.