

*Original research***Seasonal determination of heavy metal levels of anchovy (*Engraulis encrasicolus* L., 1758) obtained from the Marmara Sea**Çiğdem TÜRKŞÖNMEZ<sup>\*.1.</sup>, Abdullah DILER<sup>2.</sup><sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Köseköy Meslek Yüksekokulu, KOCAELİ<sup>2</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi, ISPARTA

\*Corresponding author, e-mail: cigdem.turksonmez@kocaeli.edu.tr

**Abstract:** In this study, anchovy which caught from the Marmara Sea were used as material. Muscle tissues were taken from fish samples and analysed to determine the level of Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu and Zn during catching season. According to result of ICP-MS analysis, other metals have been showed important variations, except Al, based on analysis time (October, December, February and April) ( $p < 0,05$ ). Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu and Zn metals were found in muscle tissue at all times of sampling. Based on the maximum amounts of heavy metals, although Al, Mn, Fe, Cu and Zn were found in October and Ni was in April, the Cr element, unlike the other heavy metals has reached the highest value in December. Zn reached maximum level in muscle tissue of anchovy. When heavy metal levels obtained were compared with national and international legal limit, analysis of results did not exceed the limit values were acceptable. As a result, it has been concluded that anchovy in the sampling area was not a threat in terms of public health.

**Keywords:** Marmara Sea, Anchovy, Muscle Tissue, Heavy Metal, ICP-MS

**Citing:** 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.

**Marmara Denizi'nden Avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'lerin Ağır Metal Seviyelerinin Mevsimsel Olarak Belirlenmesi**

**Özet:** Bu çalışmada Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balıklarının kas dokusunda Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn metallerinin miktarının av sezonu boyunca birikiminin ve zamana göre değişiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ekim, Aralık, Şubat ve Nisan aylarında örnekleme yapılarak seçilen ağır metallerin ICP-MS analiz cihazı ile belirlenen sonuçlara göre Al hariç diğer tüm metallerde (Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn) zamana bağlı olarak önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). Çalışmada Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn metalleri örneklenen tüm zamanlarda kas dokusunda tespit edilmiştir. Ağır metallere ait maksimum miktarlar ise Al, Mn, Fe, Cu ve Zn için Ekim ayında, Ni için Nisan ayında, Cr elementi ise diğer ağır metallere farklı olarak Aralık ayında en yüksek değere ulaşmıştır. Hamsi balıklarının kas dokusunda en fazla biriken metalin Zn olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen ağır metal düzeylerinin ulusal ve uluslararası yasal sınır değerleri aşmadığı saptanmıştır. Bu çalışmada örnekleme alanından elde edilen hamsi balıklarının gıda olarak tüketilmesinde halk sağlığı yönünden herhangi bir tehdit oluşturmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Marmara Denizi, Hamsi, Kas Dokusu, Ağır Metal, ICP-MS

## Giriş

Hidrolojik açıdan Marmara Denizi, Karadeniz ile Akdeniz arasında bir geçiş alanıdır. Sıcaklık ve tuzluluk bakımından değerlendirildiğinde Marmara Denizi'nin gerçekten de bir geçiş alanı özelliğine sahip olduğu görülür (TBB, 2007). Hamsi balıkları, Engraulidae familyasından, tropikal subtropikal ve kısmen ılıman denizlerde bulunan, sularımızda bir türü olan yumurtalarını orta derinlikte sulara bırakan ortalama 40-50 bin yumurta yumurtlayan kısa ömürlü balıklardır. Pelajik ve göçmen bir balık olup, ilkbahar başlangıcında ve sonbaharda büyük sürüler halinde sahile ve kışın Karadeniz'de 50-70m., Akdeniz'de 100-150m derinliğindeki sulara göçerler (Atay, 1994). Ağır metallerin doğaya yayılımında en önemli etkenler sanayi kuruluşlarıdır. Atık sularındaki ağır metallerin bir kısmı arıtma çamurunda bulunur. Çözünmüş kısımlar ise yüzey suları ile içme ve kullanma sularına ve diğer besin kaynaklarına ulaşabilirler. Havaya, toprağa ve suya karışan metaller bitkiler ve hayvanlar üzerinden besin zinciri ile insanlara ulaşmaktadır. Ağır metallerin ekolojik sistemde yayılımları incelendiğinde doğal çevrimlerden ziyade insan elinin çevreye yayılımda daha etkili olduğu gözlenmektedir. Endüstriyel üretimler arasında çimento, demir çelik, termik santraller, cam, çöp ve atık çamur yakma tesisleri en önde gelenlerdendir (Kahvecioğlu vd., 2009). Su ürünleri yaşadıkları ortam olan su ile etkileşim göstererek suda var olan ve değişen tüm fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerden etkilenirler. Meydana gelen tüm bu değişimler vücutlarının fiziksel yapısına yansıdığı gibi kas ve iç organlarında da değişiklikler meydana getirir. Sudaki özellikleri metabolizmalarına en fazla solunum ve beslenme ile aktarırlar. Büyüklüklerine göre etkilenmeleri ve meydana gelen değişimler farklılık gösterir. Sudaki beslenme zincirinin ilk halkası olan mikroskobik canlılardan besin yoluyla zincirin son halkasına ve hatta onları tüketen diğer hayvan ve insanlara kadar ulaşır. Ülkemizde en çok avcılığı yapılan hamsideki (Nisbet ve ark., 2010; Bat ve ark., 2014; Alkan ve ark., 2016; Baltas ve ark., 2017; Güngör ve Kara 2018) ağır metallerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada Marmara Denizi'nden avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'nin beslenme ve diğer çevresel etkilerle kas dokusuna geçen ağır metal birikiminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Marmara Denizi'nden ticari balıkçı tekneleri ile avlanarak Kocaeli ili Ereğli Balık Hali'ne çıkarılan hamsi (*E. encrasicolus*)'ler materyal olarak alınmıştır. Ekim 2012-Nisan 2013 tarihleri arasında iki ayda bir olmak üzere rastgele örnekleme yapılarak analiz edilmiştir. Materyalin kas dokusu örnekleri, Waring marka çelik blender haznesine konularak homojenize edilmiştir. Ölçüm için homojenize edilen kas dokusu örneklerinden 1g tartılarak yakma hücresine alınmıştır. Yakma hücresinin üzerine 5 ml HNO<sub>3</sub> (Nitrik asit) ve 2,5 ml HCl (Hidroklorik asit) ilave edilerek mikrodalga fırın (Sieno MDS- 40) da süre ve sıcaklık derecesine göre hazırlanan (70°C'de 15 dk./85°C'de 10 dk./ 105°C'de 10 dk./110 °C'de 5 dk./120°C'de 5 dk. ve 130°C'de 5 dk) programda çözünürleştirme işlemi yapılmıştır. Örneklerin analizi elementlerin (Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn) kütle ağırlıkları esas alınarak ICP-MS Agilent 7700X (Japonya) model analiz cihazında gerçekleştirilmiştir. Cihazın ağır metal ölçümündeki doğruluğunu saptamak amacıyla sertifikalı Merck kimyasallarından 111355 ICP multi element standart solüsyon IV'den çözelti hazırlanarak metal analizi esnasında kullanılmıştır (AOAC, 1999). İstatistiksel değerlendirmede SPSS 16.0 istatistik paket programı kullanılmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2002).

## Bulgular

Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balığına ait kas dokularında biriken metal miktarlarının istatistiksel analizleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Hamsi balığının kas dokusunda yapılan analiz sonucu Al miktarının 19.10 mg/kg ile Ekim ayında en yüksek, 6.24 mg/kg ile Şubat ayında en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Şubat ayında elde edilen değer diğer aylardaki değerlerden önemli düzeyde farklılık göstermiştir (p<0,05) (Şekil 1). Kas dokusu örneklerinde Cr miktarının 0.10 mg/kg ile Şubat ayında minimum değere, Aralık ayında ise 0.30 mg/kg ile maksimum değere sahip olduğu görülmüştür (Tablo 1). Aralık ayındaki miktar diğer tüm zamanlardaki miktarlardan farklılık göstermiştir (Şekil 1) (p<0,05). Hamsinin kas dokusunda Şubat (0,68 mg/kg) ve Nisan (0.23 mg/kg) aylarındaki Mn miktarları Ekim ve Aralık aylarındaki miktarlardan önemli düzeyde farklılık göstermiştir (p<0,05) (Tablo 1). Mn elementinin minimum değeri Nisan ayında, maksimum değeri ise Ekim ayında tespit edilmiştir (Şekil 1). Kas dokusunda

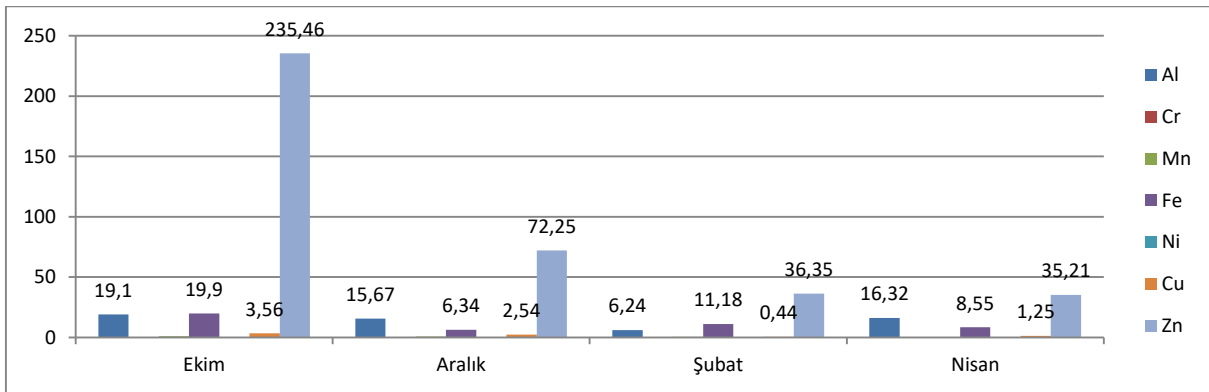
Aralık ayında tespit edilen Fe miktarı (6.34 mg/kg) minimum miktarda iken, Ekim (19.90 mg/kg) ayı miktarı Fe elementi yönünden maksimum olarak belirlenmiştir (Tablo 1; Şekil 1). Kas dokusu örneklerinde Ni elementinin Ekim (0.06 mg/kg) ayı ile diğer aylar arasındaki fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). Nikel elementinin minimum miktarı Ekim, maksimum miktarı ise Nisan ayında tespit edilmiştir (Tablo 1; Şekil 1). Kas dokusundaki Cu miktarları Şubat (0.44 mg/kg) ve Nisan (1.25 mg/kg) aylarında benzerlik göstermiştir (Tablo 1). Ekim (3.56 mg/kg) ve Aralık (2.54 mg/kg) ayları arasındaki fark önemlidir ( $p < 0,05$ ). Aynı zamanda Şubat ayı Cu miktarı

Ekim ve Aralık aylarındaki Cu miktarı arasındaki farkta istatistiki açıdan önemlidir ( $p < 0,05$ ). Bakır elementinin minimum değeri Şubat ayında, maksimum değeri ise Ekim ayında tespit edilmiştir (Tablo 1; Şekil 1). Çinko elementinin kas dokusundaki miktarında Aralık, Şubat ve Nisan aylarında önemli bir fark görülmemiştir ( $p > 0,05$ ). Çinko'nun Ekim (235.46 mg/kg) ayındaki miktarı, diğer aylardaki miktarlara oranla yüksektir ve önemlidir ( $p < 0,05$ ). Maksimum Zn miktarı Ekim ayında, minimum Zn miktarı ise Nisan ayında tespit edilmiştir (Tablo 1; Şekil 1).

**Tablo 1.** Hamsi balığının kas dokusunda aylara göre tespit edilen bazı ağır metallerin ortalama miktarları (mg/kg)

Aylar	Ağır Metaller						
	Al	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
Ekim	19,10±4,57 <sup>a</sup>	0,17±0,03 <sup>b</sup>	0,98±0,05 <sup>a</sup>	19,90±1,57 <sup>a</sup>	0,06±0,01 <sup>b</sup>	3,56±0,40 <sup>a</sup>	235,46±34,03 <sup>a</sup>
Aralık	15,67±1,10 <sup>ab</sup>	0,30±0,00 <sup>a</sup>	0,90±0,06 <sup>a</sup>	6,34±0,25 <sup>c</sup>	0,13±0,00 <sup>a</sup>	2,54±0,31 <sup>b</sup>	72,25±5,10 <sup>b</sup>
Şubat	6,24±0,41 <sup>b</sup>	0,10±0,00 <sup>b</sup>	0,68±0,02 <sup>b</sup>	11,18±0,25 <sup>b</sup>	0,07±0,01 <sup>b</sup>	0,44±0,02 <sup>c</sup>	36,35±0,87 <sup>b</sup>
Nisan	16,32±3,52 <sup>ab</sup>	0,11±0,00 <sup>b</sup>	0,23±0,03 <sup>c</sup>	8,55±0,27 <sup>bc</sup>	0,14±0,01 <sup>a</sup>	1,25±0,08 <sup>c</sup>	35,21±2,11 <sup>b</sup>
Genel ortalama	14,86±1,90	0,17±0,01	0,73±0,06	12,43±1,19	0,10±0,00	2,13±0,28	110,45±20,69
Min.- Max.	4,70-50,97	0,06-0,33	0,06-1,19	5,45-25,60	0,02-0,19	0,38-5,11	28,72-373,69

Aynı sütundaki farklı harfleri taşıyan ortalamalar arasındaki fark önemlidir ( $p < 0,05$ ).



**Şekil 1.** Aylara göre metallerin değişimleri

### Tartışma

Al elementinin ortalama miktarı Turan ve ark. (2009)'nin Karadeniz'deki hamsi balığının kas dokusundaki Al miktarından oldukça düşük olmasına rağmen Akdeniz'deki hamsi balıklarının Al miktarı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Kır ve Tuncay (2010) Kovada Gölü'ndeki *Astacus leptodactylus*'larda en fazla biriken metalin Al olduğu ancak, kas dokusuna göre karaciğer ve karapaksta daha fazla biriktiği saptanmıştır. Al elementinin miktarının çalışmamızda da olduğu gibi Ekim ve Nisan aylarında artarken, Aralık ve Şubat aylarında ise azaldığı görülmüştür. Hamsi balığının kas dokusundan Aralık ayında elde edilen en yüksek Cr miktarı Usero ve

ark. (2003)'nin İspanya'nın Atlantik kıyılarından yakalanan *Anguilla anguilla* ve *Liza aurata* türlerinin kas dokularındaki ortalama Cr miktarı ile benzerlik göstermektedir. Tüzen ve ark. (2009), Karadeniz'den örneklenen hamsi balıklarında AAS ile analiz edilen ortalama Cr miktarı çalışmamızdaki ortalama Cr miktarından daha yüksektir. Tepe ve ark. (2008), Yalova ve Çanakkale çalışılan istasyon olmak üzere *Mullus barbatus* ve *Merlangius merlangus* türlerinin kas dokularındaki ortalama Cr miktarının çalışmamızda elde edilen maksimum Cr miktarına çok yakın olduğu görülmüştür. Uluözlu ve ark. (2007)'nin Karadeniz ve Ege Denizi'nden seçilen türler arasında yapılan analiz sonucu

Cr miktarı en yüksek olan tür *E. encrasicolus* olarak tespit edilmiştir. Çalışmadaki hamsi balığına ait Cr miktarı ise tespit edilen miktarlardan çok daha düşüktür. Analiz edilen ortalama Cr miktarı Turan ve ark. (2009)'nin Karadeniz ve Akdeniz'den avlanan *M. merlangus* türüne ait kas dokusundan ICP-AES tekniği ile tespit edilen ortalama Cr miktarı ile paralellik göstermektedir.

Ortalama Mn miktarı Fındık ve Çiçek (2011), Batı Karadeniz kıyılarından av sezonu boyunca yakalanan *M. barbatus* türünün kas dokusundaki ortalama Mn miktarı ile benzerlik göstermektedir. Ekim ayındaki maksimum Mn miktarı, Kır ve Tuncay (2010)'nın Kovada Gölü'ndeki *A. leptodactylus* ların kas dokusunda sonbahar mevsiminde tespit ettikleri maksimum Mn miktarına benzediği saptanmıştır. Aygun ve Abanoz (2011), 2009 ve 2010 yıllarında Orta Karadeniz'den avlanan hamsi balıklarından AAS tekniği ile analiz edilen Mn miktarının çalışmamızdaki maksimum Mn miktarından bile daha yüksek olduğu görülmüştür. Nisbet ve ark. (2010)'nin Orta Karadeniz kıyılarından yakalanan hamsi balıklarının kas dokularından analiz ettikleri Mn miktarının çalışmamızdaki Mn miktarından çok daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aynı çalışmadaki on balık türünden en yüksek Mn miktarı ise pelajik olan *Trachurus trachurus* türüne aittir.

Analiz sonuçlarına göre miktarca diğer elementlere göre üçüncü sırada yer alan Fe elementi koyu renkli kasa sahip olan hamsi balığında Ekim ayında en yüksek miktarda tespit edilmiştir. Türkmen ve ark. (2005), İskenderun Körfezi'nin farklı istasyonlarından avlanan *Sparus aurata* türünün ortalama ve maksimum Fe miktarı, çalışmamızdaki ortalama ve maksimum Fe miktarı ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Öksüz ve ark. (2009), Beyşehir ve Seyhan Baraj Gölü'nden yakaladıkları *Sander lucioperca* örneklerinden elde edilen Fe miktarının elde ettiğimiz minimum Fe miktarından daha az olduğu tespit edilmiştir. Dural ve ark. (2007)'nin Akdeniz'deki Tuzla Lagünü'nden yakaladıkları *S. aurata*, *Dicentrarchus labrax* ve *Mugil cephalus* türlerinin kas dokularında yaz mevsiminde tespit edilen Fe miktarı, çalışmamızdaki ortalama Fe miktarına oldukça yakın olduğu görülmüştür. En düşük Fe miktarları sonbahar mevsiminde tespit edilir iken çalışmamızda ise Aralık ayında en düşük Fe miktarı belirlenmiştir. Nisbet ve ark. (2010), Orta Karadeniz bölgesinden avlanan hamsi balıklarının kas dokusundaki ortalama Fe miktarı, analiz ettiğimiz maksimum Fe miktarı ile benzerlik göstermiştir. Yaptıkları çalışmada

mevsimsel olarak Fe miktarında farklılık görülmemiştir. Ancak çalıştığımız zaman aralıklarında ise Ekim, Aralık ve Şubat aylarında elde edilen sonuçların birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Tepe ve ark. (2008), Yalova istasyonundan yakalanan *M. barbatus* türündeki Ni miktarının, analiz ettiğimiz Ni miktarı ile benzer olduğu saptanmıştır. Turan ve ark. (2009)'nın hamsi balıklarının kas dokularındaki Akdeniz ve Karadeniz'den elde edilen sonuçlar, analiz ettiğimiz Ni miktarından oldukça yüksektir. Aynı şekilde Uluözlü ve ark. (2007) ve Nisbet ve ark. (2010) yaptıkları çalışmalarda hamsi balıklarından elde edilen Ni miktarının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kır ve Tuncay (2011), Kovada Gölü'ndeki *A. leptodactylus*'un kas dokusundan bahar mevsiminde elde edilen Ni miktarı, çalışmamızdaki Nisan ayında tespit edilen miktara ve analiz edilen maksimum miktara karşılık geldiği görülmüştür. Keskin ve ark. (2007), Marmara denizinden yakalanan hamsi balıklarındaki kas dokusundan elde edilen ortalama Cu miktarı, analiz ettiğimiz maksimum Cu miktarı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bilandžić ve ark. (2011), Adriyatik denizinin Hırvatistan kıyılarından yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki Cu miktarına ait minimum ve maksimum değerler, çalışmamızdaki hamsi balıklarının minimum Cu miktarına göre daha düşük iken, maksimum Cu miktarının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Aygun ve Abanoz (2011)'un, Orta Karadeniz bölgesinden avladıkları hamsi balıklarının kas dokularındaki Cu miktarının Ekim ayında elde ettiğimiz Cu miktarı ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Canlı ve Atlı (2003)'nin pelajik tür olan *Sardina pilchardus*'a ait ortalama Cu miktarının, analiz ettiğimiz hamsilerdeki maksimum Cu miktarına yakın olduğu görülmüştür. Tüzen ve ark. (2009)'nin, Karadeniz'deki hamsilerdeki ortalama Cu miktarı, bu çalışmadaki ortalama Cu miktarı ile benzerlik göstermiştir. En yüksek miktara sahip olan Zn elementinin Uluözlü ve ark. (2007)'nin hamsi balığındaki Zn miktarından oldukça yüksek iken, demersal olan *M. barbatus* türüne ait Zn miktarı ile paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Aygun ve Abanoz (2011)'nin Orta Karadeniz'den 2009 yılında avlanan hamsi balıklarındaki Zn miktarının, bulgularımızdaki ortalama Zn miktarı ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Ancak 2010 yılındaki Zn miktarı artmış ve elde ettiğimiz maksimum Zn miktarına yakın olduğu belirlenmiştir. Papagiannis ve ark. (2004), Pamtovis Gölü'nden örneklenen *Cyprinus carpio*, *Siluris*

*aristotelis*, *Rutilus ylikiensis* ve *Carassius gibelio* türlerindeki Zn miktarı karşılaştırıldığında en düşük Zn miktarı kas dokusunda tespit edilmiştir. *R. ylikiensis* türünde tespit edilen maksimum Zn miktarının elde ettiğimiz ortalama Zn miktarına yakın olduğu belirlenmiştir. Fındık ve Çiçek (2011)'in, Batı Karadeniz'den avlanan demersal *M. merlangus* türüne ait Zn miktarı, Aralık ayında tespit edilen Zn miktarı ile paralellik göstermiştir. Bat ve ark. (2014)'nin, Karadeniz Hamsisindeki metal konsantrasyonlarının sırasıyla Zn> Cu> Pb> As> Cd> Hg şeklinde olduğu ve çalışmamızda olduğu gibi en yüksek birikimin Zn elementinde olduğu tespit edilmiştir. Genellemenin mümkün olmasa da mevsimsel açıdan değerlendirdiğimizde ortam suyunun sıcaklığı arttığında ağır metalin miktarının da arttığı, su sıcaklığı azaldığında ise tespit edilen miktarında azaldığı görülmüştür. Türksönmez ve ark. (2017), Marmara Denizi'nden avlanan hamsilerin kas dokusundaki Hg, Pb ve Cd miktarlarının su sıcaklığının artışına paralel olarak artış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızdaki ağır metallere genel olarak Ekim ve Nisan aylarında artış gösterdiği, Aralık ve Şubat aylarında ise çoğunun minimum miktarda belirlendiği ortaya konmuştur. Balıkların metabolizma hızları yaz aylarında artış göstermektedir. Bu esnada suda bulunan ağır metalleri de bünyelerine alırlar. Yaz aylarında metal miktarının artışı sözü edilen sebeplere bağlanabilir. Bazı dokulardaki metal miktarının kış aylarında artış göstermesi ise azalan pH değeri ile ilgili olabilir. Çünkü metaller asidik ortamda daha çözünür haldedir (Göksu, 2003). Elementlerden elde edilen sonuçlara göre yapılan ulusal ve uluslararası değerlendirme sonucunda kabul edilebilir sınır değerlerin altında tespit edildiğinden Marmara denizinden avlanan hamsilerin gıda olarak tüketilmesinde halk sağlığı açısından herhangi bir sakınca bulunmamaktadır.

### Kaynaklar

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.

AOAC. 1999. The Official Methods of Analysis, 19th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA.

Aygun, S.F., Abanoz, F.G. 2011. Determination of Heavy Metal in Anchovy (*Engraulis encrasicolus* L, 1758) and Whiting (*Merlangius merlangus euxinus* Normdan, 1840) Fish in the Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17: 145-152.

Atay, D. 1994. Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1352, Ders Kitabı, 392, 15.

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

Bat, L., Kaya, Y., Öztekin, H.C. 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.

Bilandžić, N., Dokić, M., Sedak, M. 2011. Metal Content Determination in Four Fish Species from the Adriatic Sea. *Food Chemistry*, 124: 1005-1010.

Canlı, M., Atlı, G. 2003. The Relationships Between Heavy Metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) Levels and the Size of Six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, 121(1): 129-136.

Dural, M., Lugal Göksu, M.Z., Özak, A.A. 2007. Investigation of Heavy Metal Levels in Economically Important Fish Species Captured from the Tuzla Lagoon. *Food Chemistry*, 102: 415-421.

Fındık, Ö., Çiçek, E. 2011. Metal Concentrations in Two Bioindicator Fish Species, *Merlangius merlangus*, *Mullus barbatus*, Captured from the West Black Sea Coasts (Bartın) of Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 87: 399-403.

Göksu, L. Z. 2003. Su Kirliliği Ders Kitabı. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No:7, Adana, 232.

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.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. 2009. Metallerin Çevresel Etkileri-I, *Metaller Dergisi*, 136.

Keskin, Y., Başkaya, R., Özyaral, O., Yurdun, T., Lülecı, N.E., Hayran, O. 2007. Cadmium, Lead, Mercury and Copper in Fish from the Marmara Sea, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78 (3-4): 258-261.

Kır, İ., Tuncay, Y. 2010. Kovada Gölü'nde Yaşayan İstakozlarda (*Astacus leptodactylus*) Bazı Ağır Metallerin Birikiminin İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Journal of Science*, 5 (2): 179-186.

Nisbet, C., Terzi, G., Pilgir, O., Saraç, N. 2010. Determination of Heavy Metal Levels in Fish Samples Collected from the Middle Black Sea. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16 (1): 119-125.

Öksüz, A., Küçükgülmez, A., Diler, A., Çelik, M., Koyuncu, E. 2009. A Comparison of the Chemical Composition of

- Zander (*Sander luciperca*) Living in Different Lakes of Turkey. Journal of Muscle Foods, 20: 420-427.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos, J., Petridis, D., Kalfakakou, V. 2004. Copper and Zinc in Four Freshwater Fish Species from Lake Pamvotis (Greece). Environmental International, 30: 357-362.
- Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu, V. 2002. Biyoistatistik. Hatipoğlu basım ve yayım sanayi ticaret limited şirketi, ISBN 975-7527-12-2, 10. Baskı, Ankara.
- TBB. 2007. Türkiye Barolar Birliği Yayınları, Bilimsel Açından Marmara Denizi, ISBN: 975-6689-89-8, 3-22.
- Tepe, Y., Türkmen, M., Türkmen, A. 2008. Assessment of Heavy Metals in Two Commercial Fish Species of Four Turkish Seas. Environmental Monitoring Assessment, 146 (1-3): 277-284.
- Turan, C., Dural, M., Öksüz, A., Öztürk, B. 2009. Levels of Heavy Metals in Some Commercial Fish Species Captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 82: 601-604.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., Akyurt, İ. 2005. Heavy Metals in Three Commercially Valuable Fish Species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry 91: 167-172.
- Türksönmez, Ç., Diler, A., Özer, N.P. 2017. Marmara Denizi'nden Avlanan Hamsi (*Engraulis encrasicolus* L., 1758)'lerde Hg, Pb ve Cd Miktarlarının Belirlenmesi. Research Journal of Biology Sciences, E-ISSN: 1308-0261, 10 (2): 28-30.
- Tüzen, M. 2009. Toxic and Essential Trace Elemental Contents in Fish Species from the Black Sea, Turkey. Food and Chemical Toxicology, 47: 1785-1790.
- Uluözlü, Ö.D., Tüzen, M., Mendil, D., Soylak, M. 2007. Trace Metal Content in Nine Species of Fish from the Black and Aegean Seas, Turkey. Food Chemistry 104: 835-840.
- Usero, J., Izquierdo, C., Morillo, J., Gracia, I. 2003. Heavy Metals in Fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) From Salt Marshes on the Southern Atlantic Coast of Spain. Environment International, 29 (7): 949-956.