



Doğu Karadeniz Sahili Batlama Deresi'nde Dağılım Gösteren Bazı Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Değerlendirilmesi

Mustafa Türkmen^{1*}, Ekrem Mutlu², Sena Zebel¹, Aysun Türkmen³

¹Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 28200 Giresun, Türkiye

²Kastamonu Üniversitesi, Su ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 37200 Kastamonu, Türkiye

³Giresun Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 28200 Giresun, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 24 Ocak 2018
Kabul 02 Mart 2018

Anahtar Kelimeler:

Ağır metal
Balık
Tolöre edilebilir alımlar
Batlama Deresi

*Sorumlu Yazar:

E-mail: mturkmen65@hotmail.com

ÖZET

Bu araştırma Temmuz 2011 ve Mayıs 2012 tarihleri arasında mevsimsel olarak gerçekleştirilmiş olup çalışmada Giresun sahillerinde denize dökülen Batlama Deresi'nde dağılım gösteren bazı balık türlerinin kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimleri değerlendirilmiştir. Analiz edilen balıklarda ağır metal birikimleri ortalama ppm olarak kas dokuda; Co: 1,47-1,64 Cr: 0,09-0,36, Cu: 0,92-11,0, Fe: 8,01-17,6, Mn: 1,46-2,20, Ni: 2,69-3,55, Pb: 1,83-2,63, Zn: 9,80-17,0; solungaçta; Co: 2,14-3,99, Cr: 0,20-0,58, Cu: 1,32-22,6, Fe: 52,2-140, Mn: 13,1-20,3, Ni: 7,85-13,6, Pb: 2,75-6,28, Zn: 37,5-80,8 düzeylerinde bulunmuştur. Bunun yanı sıra çalışmada, kas doku için günlük ve haftalık alımlar hesaplanmıştır. Bu değerler uluslararası kuruluşlar tarafından bildirilen sınır değerlerinin altında olduğundan, çalışmanın yapıldığı zaman, çalışılan türler ve metaller açısından bu bölgede yakalanarak tüketilen balıkların insan sağlığı üzerine herhangi bir tehdit oluşturmayacağı söylenebilir.

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 6(7): 858-862, 2018

Assessment of Heavy Metal Accumulation in Some Fish Species from Batlama Stream, Eastern Black Sea Coast

ARTICLE INFO

Research Article

Received 28 January 2018
Accepted 02 March 2018

Keywords:

Heavy metal
Fish
Tolerable intakes
Batlama stream

ABSTRACT

Present study assessed the heavy metal accumulation in muscle and gill tissues of some fish species from Batlama stream in Giresun Coast. Heavy metal levels in analyzed fish were found as Co: 1.47-1.64 Cr: 0.09-0.36, Cu: 0.92-11.0, Fe: 8.01-17.6, Mn: 1.46-2.20, Ni: 2.69-3.55, Pb: 1.83-2.63, Zn: 9.80-17.0 in ppm for muscles; Co: 2.14-3.99, Cr: 0.20-0.58, Cu: 1.32-22.6, Fe: 52.2-140, Mn: 13.1-20.3, Ni: 7.85-13.6, Pb: 2.75-6.28, Zn: 37.5-80.8 in ppm for gills. Additionally, daily and weekly intakes were estimated for muscle tissue. Because these values were markedly below the limits recommended by different international authorities, it may be said that consumption of these species from the Batlama stream in Giresun Coast is not a problem on human.

*Corresponding Author:

E-mail: mturkmen65@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i7.858-862.1811>

Giriş

Sucul ekosistemlerde birikime neden olan kirleticiler direk deşarj olarak ya da hidrolojik ve atmosferik süreçlerden kaynaklanabilmektedir. Bu tür kirleticilerin biyomonitörler kullanılarak analizleri ekosistemlerdeki etkileri hakkında daha sağlıklı bilgiler vermektedir. Sucul ortamlarda ağır metal izleme çalışmalarında kullanılan organizmalar arasında balıklar; örnekleme, örnek hazırlama ve kimyasal aşamalarının diğer canlılar ile su ve sediment çalışmalarına oranla daha basit, hızlı ve az masraflı olmasından dolayı önemli bir yer tutmaktadır.

Ağır metaller solunum, adsorpsiyon ve sindirim sistemi gibi pek çok yolla sucul organizmalar tarafından biriktirilebilir. Demir, bakır, çinko ve mangan gibi metaller biyolojik sistemlerdeki önemli rollerinden dolayı esansiyel element olarak bilinmelerine rağmen, cıva, kurşun ve kadmiyum gibi elementler esansiyel olmayıp, iz miktarlarda dahi toksik etki yaparlar. Diğer taraftan, esansiyel metaller de aşırı derecede alınınca toksik etkiler üretebilirler. İnsanoğlunun beslenmesinde önemli bir yere sahip olduğundan, farklı sucul ortamlarda ağır metal birikimi konusunda pek çok çalışma yürütülmüştür (Türkmen ve ark., 2009; Kandemir ve ark., 2010; Gökkuş ve Türkmen, 2016; Türkmen ve Dura, 2016; Kükrer, 2016; 2017; Türkmen ve Akaydin, 2017). Sucul ekosistemlere bırakılan ağır metaller, toksik etkileri ve birikebilme özelliklerinden dolayı hem tür çeşitliliği ve hem de ekosistem sağlığı üzerine zararlı etkiler gösterebilir. Aynı şekilde Batlama deresinde gerek su gerek sediment ve gerekse organizmalarda ağır metal kirliliği ile ilgili çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu sebeplerden dolayı mevcut çalışmayla, Giresun sahillerinde denize dökülen Batlama Dere'sinde yaşayan bazı balık türlerinin kas ve solungaç dokularındaki kobalt, krom, bakır, demir, mangan, kurşun, nikel ve çinko düzeylerinin belirlenerek insan sağlığı açısından değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Materyal ve Metot

Bu çalışma Giresun sahillerinde denize dökülen ve bölgenin önemli derelerinden biri olan Batlama Dere'sinde Temmuz 2011 ve Mayıs 2012 tarihleri arasında mevsimsel olarak yürütülmüş olup, mevsimsel zorluklardan dolayı kış örnekleme yapılamamıştır. Örnekleme istasyonları; 1. istasyon 40°54' K, 38°21' D (Sahil), 2. istasyon 40°50' K, 38°18' D (Burhaniye) ve 3. istasyon 40°43' K, 38°17' D (İnişdibi) olarak belirlenmiştir. Hedeflenen istasyonlardan *Barbus capito* (Berg, 1914), *Salmo trutta macrostigma* (Duméril, 1858), *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1872), *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) türleri örneklenmiştir. Elektroşoker, germe ve serpmeye ağlar gibi çeşitli avlanma yöntemleriyle

bölgedeki balıkçıların da yardımıyla elde edilip buz korumalı taşıma kaplarıyla laboratuvara getirilen türlerden 0,5 gr kas ve solungaç örneği alınarak distile su ile yıkanmış, polietilen kaplarda kimyasal analiz yapılana kadar -18°C de saklanmıştır. Dondurulmuş doku örnekleri oda sıcaklığında bekletildikten sonra mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Örneklerin ekstraksiyonu mikrodalga fırında gerçekleştirilmiştir. Teflon kaplara yerleştirilen örneklerin üzerine 15 ml konsantre nitrik asit ilave edildikten sonra (HNO₃ %65), birinci adımda; 1000 W ve 25-96°C de 20 dakika, ikinci adım; 96°C 20 dakika bekletilecek, üçüncü adım; 1000 W ve 180°C de 10 dakika işleme tabi tutuktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Dördüncü adım; 2 ml hidrojen peroksit (H₂O₂ %30) ilave edilerek 1-3. adımlar tekrarlanarak çözündürme işlemi tamamlanmıştır. Soğuduktan sonra renksiz ve berrak olan bu solüsyon kapaklı falcon tüplerine konularak deiyonize su ilavesiyle 50 ml'ye tamamlanmış ve analiz öncesinde 0,45 µm membran filtrelerden geçirilmiştir. Analize hazır hale getirilen numunelerin Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Fe ve Pb içerikleri ICP-MS cihazında üç tekerrürlü olarak analiz edilmiştir. Ekstraksiyon ve analizler ise Giresun Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yapılmıştır. Kalibrasyon standartları multi-element standardından hazırlanmıştır (Merck, Darmstadt, Germany). Kalibrasyon doğrulamada referans madde olarak Dorm-4 balık proteini kullanılmış (Ontario, Canada) olup, sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Metal konsantrasyonları mg.kg⁻¹ olarak ifade edilmiştir. İstasyonlar ve mevsimler arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi, One Way ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel hesaplamalarda SPSS 17.0 istatistik programı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada balıkların kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimleri mevsimlere ve istasyonlara göre Tablo 2 ve 3' de sunulmaktadır. Mevsim bazında kas dokuda Sonbahar hariç (Fe yüksek) Zn diğer metallere göre en yüksek düzeylerde bulunmuştur. Diğer taraftan Cr en düşük değere sahiptir. İstasyonlardaki ağır metal değerleri incelendiğinde; yaz mevsiminde Cr, Cu ve Fe, ilkbaharda ise Cr, Mn, Pb düzeylerinde istasyonlar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bunun yanı sıra istasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki farklılıklar incelendiğinde Cr, Cu, Pb ve Zn düzeyleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05).

Tablo 1 Referans madde (DORM-4)'nin sertifika edilen ve bu çalışmada analiz edilen konsantrasyonları
Table 1 Concentrations of the reference substance (DORM-4) that were certified and analyzed in this study

Ağır Metaller	Sertifika Edilen (ppm, kuru ağırlık)	Analiz edilen (n:10) (ppm, kuru ağırlık)
Kadmiyum (Cd)	0,306±0,015	0,278±0,024
Bakır (Cu)	15,9±0,9	16,6±0,75
Krom (Cr)	1,87±0,16	2,11±0,17
Nikel (Ni)	1,36±0,22	1,26±0,11
Kurşun (Pb)	0,416±0,053	0,479±0,08

Çinko (Zn)		52,2±3,2							53,3±2,29	
Tablo 2 Baltama Deresi'nde İncelenen Örneklerin Kaslarında Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Ağır Metal Düzeyleri										
Table 2 Heavy Metal Levels According to Season and Stations in the Muscle of the Specimens Examined at Baltama River										
M	İ	n	Ağır Metaller (Ortalama±Standart Hata, mg.kg ⁻¹ yaş ağırlık)							
			Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	9		1,58±0,04 ^a	0,18±0,02 ^{ab}	4,15±0,95 ^{ab}	8,01±0,72 ^a	1,74±0,21 ^a	3,03±0,26 ^a	1,92±0,06 ^a	16,1±1,27 ^a
Y	2	11	1,54±0,02 ^a	0,15±0,02 ^a	2,13±0,62 ^a	12,8±1,01 ^{ab}	1,66±0,11 ^a	2,84±0,09 ^a	1,83±0,03 ^a	13,9±2,01 ^a
	3	8	1,64±0,04 ^a	0,36±0,13 ^b	5,50±1,05 ^b	17,6±5,58 ^b	2,19±0,61 ^a	3,55±0,44 ^a	1,96±0,05 ^a	12,6±2,88 ^a
T	28		1,59±0,02 ^x	0,22±0,04 ^x	3,75±0,54 ^x	12,6±1,74 ^x	1,84±0,19 ^x	3,10±0,16 ^x	1,89±0,03 ^x	14,2±1,19 ^x
1	10		1,55±0,03 ^a	0,11±0,00 ^a	1,64±0,19 ^a	10,5±1,08 ^a	1,79±0,12 ^a	2,73±0,08 ^a	1,99±0,09 ^a	11,4±1,85 ^a
S	2	8	1,51±0,03 ^a	0,09±0,01 ^a	0,92±0,18 ^a	13,3±6,84 ^a	1,81±0,25 ^a	3,32±0,44 ^a	2,12±0,10 ^a	9,80±1,43 ^a
	3	13	1,52±0,02 ^a	0,10±0,01 ^a	1,27±0,43 ^a	11,0±1,51 ^a	1,46±0,08 ^a	2,69±0,10 ^a	2,15±0,09 ^a	10,6±1,01 ^a
T	31		1,54±0,01 ^x	0,10±0,00 ^y	1,30±0,19 ^y	11,4±1,83 ^x	1,66±0,08 ^x	2,89±0,13 ^x	2,08±0,05 ^{xy}	10,7±0,67 ^y
1	10		1,51±0,03 ^a	0,22±0,02 ^a	11,0±3,07 ^a	12,9±1,21 ^a	1,60±0,15 ^a	3,03±0,14 ^a	2,28±0,17 ^{ab}	16,1±4,59 ^a
B	2	10	1,62±0,08 ^a	0,31±0,02 ^b	10,2±0,88 ^a	15,6±1,74 ^a	2,20±0,21 ^b	3,45±0,16 ^a	2,63±0,27 ^b	17,0±2,21 ^a
	3	13	1,47±0,02 ^a	0,29±0,03 ^{ab}	8,43±1,36 ^a	15,2±1,69 ^a	1,77±0,14 ^{ab}	3,21±0,18 ^a	1,98±0,07 ^a	15,3±1,35 ^a
T	33		1,53±0,03 ^x	0,27±0,02 ^x	9,75±1,08 ^z	14,6±0,92 ^x	1,85±0,10 ^x	3,23±0,09 ^x	2,27±0,11 ^y	16,1±1,58 ^x

M: Mevsim, İ: İstasyon, n: Örnek sayısı, Y: Yaz, S: Sonbahar, B: İlkbahar, T: Toplam, *: Dikey olarak *a* ve *b* gibi harfler aynı mevsimde istasyonlar, *x* ve *y* gibi harfler ise istasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki farklılıkları ifade etmekte olup, farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Tablo 3 Baltama Deresi'nde İncelenen Örneklerin Solungaç Dokularında Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Ağır Metal Düzeyleri

Table 3 Heavy Metal Levels According to Season and Stations in the Gill Textures of Specimens Examined at Battling Stream

M	İ	n	Ağır Metaller (Ortalama±Standart Hata, mg.kg ⁻¹ yaş ağırlık)							
			Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	9		2,53±0,24 ^a	0,26±0,05 ^a	6,29±1,65 ^a	80,9±11,5 ^a	15,3±1,87 ^a	8,80±0,93 ^a	3,56±0,35 ^a	45,4±6,76 ^a
Y	2	11	3,03±0,57 ^a	0,25±0,04 ^a	6,16±2,68 ^a	87,0±12,9 ^a	18,3±2,80 ^a	9,49±1,32 ^a	3,91±0,63 ^a	51,8±11,4 ^a
	3	8	2,88±0,67 ^a	0,58±0,12 ^b	11,2±3,07 ^a	140±52,8 ^b	19,9±6,62 ^a	12,5±3,91 ^a	3,76±0,89 ^a	38,4±7,33 ^a
T	28		2,83±0,29 ^x	0,35±0,05 ^x	7,63±1,48 ^x	100±16,4 ^x	17,8±2,20 ^x	10,1±1,25 ^x	3,78±0,36 ^x	45,9±5,33 ^{xy}
1	10		2,63±0,34 ^a	0,19±0,03 ^a	2,41±0,30 ^a	70,9±14,3 ^a	13,1±1,87 ^a	7,96±1,32 ^a	3,39±0,44 ^a	40,4±4,34 ^a
S	2	8	2,97±0,61 ^a	0,16±0,03 ^a	1,32±0,26 ^a	52,4±11,3 ^a	15,8±4,86 ^a	7,85±1,52 ^a	4,26±0,77 ^a	37,5±7,23 ^a
	3	13	3,50±0,48 ^a	0,23±0,02 ^a	3,06±1,17 ^a	72,2±12,2 ^a	15,0±2,43 ^a	9,25±0,91 ^a	5,06±0,53 ^a	42,9±6,26 ^a
T	31		3,08±0,28 ^x	0,20±0,02 ^y	2,40±0,51 ^y	66,7±7,41 ^y	14,6±1,67 ^x	8,47±0,68 ^x	4,32±0,34 ^x	40,7±3,42 ^x
1	10		2,29±0,20 ^a	0,40±0,07 ^a	13,7±2,02 ^{ab}	52,2±6,42 ^a	18,4±2,66 ^a	6,48±0,63 ^a	3,52±0,44 ^a	39,9±3,49 ^a
B	2	10	3,99±0,71 ^b	0,57±0,12 ^a	22,6±4,98 ^b	97,0±27,7 ^a	20,3±4,16 ^a	13,6±2,43 ^b	6,28±1,27 ^b	80,8±17,6 ^b
	3	13	2,14±0,16 ^a	0,55±0,15 ^a	11,5±2,14 ^a	77,4±15,5 ^a	13,1±3,91 ^a	8,14±1,12 ^a	2,75±0,21 ^a	55,1±8,20 ^{ab}
T	33		2,74±0,03 ^x	0,51±0,07 ^z	15,5±1,96 ^z	74,6±10,7 ^{xy}	16,9±2,16 ^x	9,31±1,00 ^x	4,05±0,48 ^x	58,3±6,76 ^y

M: Mevsim, İ: İstasyon, n: Örnek sayısı, Y: Yaz, S: Sonbahar, B: İlkbahar, T: Toplam, *: Dikey olarak *a* ve *b* gibi harfler aynı mevsimde istasyonlar, *x* ve *y* gibi harfler ise istasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki farklılıkları ifade etmekte olup, farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

Kas dokuda en yüksek değerler Co, Cr, Cu, Mn, Pb ve Zn için ilkbaharda 2. istasyonda, Fe ve Ni için Yaz mevsiminde 3. istasyonda görülmüştür. En düşük değerler ise sonbaharda Cr, Mn ve Ni üçüncü istasyonda, Cu ve Zn ikinci istasyonda, Yaz mevsiminde Fe birinci, Pb ise ikinci istasyonda, ilkbaharda ise Co üçüncü istasyonda görülmüştür. Kas dokuda en düşük değerler; Cr: 0,10, Mn: 1,46, Fe: 8,01, Co: 1,47, Ni: 2,69, Cu: 0,92, Zn: 9,80, Pb: 1,83, en yüksek değerler ise; Cr: 0,31, Mn: 2,20, Fe: 17,6, Co: 1,62, Ni: 3,55, Cu: 10,2, Zn: 17,0, Pb: 2,63 mg.kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Aksu deresinde Türkmen ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada, Cr: 0,36-2,57, Cu: 7,92-40,4, Fe: 46,0-469, Mn: 1,36-15,2, Ni: 0,50-3,29, Pb: 0,88-8,89, Co: <0,01-1,00 ve Zn: 43,8-233 mg.kg⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Mendil ve ark., (2010) çalışmalarında Co: 0,14-0,87, Cr: 0,38-2,2, Cu: 0,56-3,1, Fe: 13,9-107, Mn: 0,44-8,7, Pb: 0,17-1,1 ve Zn: 6,4-52,9 mg.kg⁻¹ değerlerini saptamışlardır. Türkmen ve Pınar (2018) Antalya Körfezi'nde 10 balık türünde yapmış oldukları çalışmada; Co: <0,01-0,11; Cr: 0,33-0,80; Cu: 0,19-0,94;

Mn: 0,10-1,83; Ni: 0,03-3,91; Pb: 0,04-0,38; ve Zn: 2,48-13,1 mg.kg⁻¹ değerlerini tespit etmişlerdir.

Yaz mevsiminde solungaç dokuda; Cr, Fe ve Pb, ilkbaharda Co, Cu, Ni, Pb ve Zn düzeyleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunurken (P<0,05), sonbaharda ise tüm metaller için herhangi bir farklılık tespit edilmemiştir (P>0,05). Mevsimler arasındaki birikim farklılıkları istasyon farkı gözetmeksizin incelendiğinde ise, Cr, Cu, Fe ve Zn düzeyleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur (P<0,05). En yüksek Co, Cu, Mn, Ni, Pb ve Zn değerleri ilkbaharda ikinci, Cr ve Fe değerleri yaz mevsiminde üçüncü istasyonda görülmüştür. Kas dokuda genellikle Zn en yüksek değerlere sahip iken solungaçta aksine Fe en yüksek değerlere sahip olup, bunu çinko takip etmektedir. Diğer taraftan kas dokuda olduğu gibi solungaçlarda da Cr en düşük değerleri göstermektedir. Solungaç dokuda en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla; Cr: 0,16-0,58, Mn: 13,1-20,3, Fe: 52,2-140, Co: 2,14-3,99, Ni: 6,48-13,6, Cu: 1,32-22,6, Zn: 37,5-80,8, Pb: 2,75-6,28 mg.kg⁻¹

olarak bulunmuştur. Türkmen ve ark., (2016) Aksu deresinde yaptıkları çalışmada, Cr: 0,18-3,61, Cu; 6,10-33,8, Fe: 54,6-671, Mn: 7,74-62,0, Ni: 0,95-4,34, Pb: 0,72-5,07, Co: 0,08-0,62 ve Zn: 66,8-315 mg.kg⁻¹ değerlerini saptamışlardır. Yılmaz ve ark., (2007) *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* türlerinin solungaç dokularında yaptıkları çalışmada; Cd: 0,019-0,05; Co: 0,06-0,13; Cu: 0,47-1,04; Fe: 7,75-87,3; Mn: 3,24-12,4; Pb: 0,36-0,92; ve Zn: 13,5-28,6, Türkmen ve Ciminli (2007) Gölbaşı Gölü'nden iki balık türünün

solungaç dokularında; Cd: <0,001-0,003; Co: 0,001-0,007; Cr: 0,042-0,053; Cu: 0,01-0,115; Fe: 2,981-6,343; Mn: 0,292-0,917; Ni: 0,011-0,035; Pb: 0,017-0,035 ve Zn: 0,685-0,921 mg.kg⁻¹ değerlerini saptamışlardır. Gerek kas dokuda ve gerekse solungaç dokudaki birikimler incelendiğinde literatürlerle benzerlikler olmakla birlikte farklılıklar da gözlenmiş olup, bu durum, bölgesel kirlilik düzeyindeki farklılıklar ve türlerin farklı olması gibi nedenlerden kaynaklanabilir.

Tablo 4 Bu çalışmada hesaplanan günlük (HGA) ve haftalık (HHA) alımların önerilen değerlerle kıyaslanması
Table 4 In this study, the calculated daily (HGA) and weekly (HHA) purchases are compared with the proposed values

Metal	THA* (µg/kg)	THA ^b (µg/70 kg)	TGA ^c (µg/70 kg)	Bu Çalışmada Hesaplanan HHA ^d (HGA) ^e
Cd	7 ^a	490	70	-
Co	-	-	-	226,8 (3,24)
Cr	23,3	1631	233	43,4 (6,2)
Cu	3500 ^a	245000	35000	1428 (204)
Fe	5600 ^a	392000	56000	2464 (352)
Ni	35 ^g	2450	350 ^f	497 (71)
Mn	980 ⁱ	68600	9800 ^h	308 (44)
Pb	25 ^a	1750	250	368,2 (52,6)
Zn	7000 ^a	490000	70000	2380 (340)

*FAO/WHO (2004), ^bTHA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı), ^cTGA, tolöre edilebilir günlük alım (µg/gün/70 kg vücut ağırlığı), ^dHHA, hesaplanan haftalık alım, µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı, ^eHGA, hesaplanan günlük alım, µg/gün/70 kg vücut ağırlığı, ^fWHO (2014) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5 µg'lık bir TGA önermektedir (yani 70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350 µg), ^gBir hafta için hesaplanan değer (µg/hafta/kg vücut ağırlığı), ^hEPA (2014) 1 kg vücut ağırlığı için 0,14 mg referans doz önermektedir (yani 70 kg vücut ağırlığında bir kişi için 9800 µg), ⁱTolöre edilebilir haftalık alım (µg/hafta/kg vücut ağırlığı)

Bu çalışmada incelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır. Türkiye'de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 gr olarak bildirilmektedir (FAO, 2014). Bu miktar haftalık kişi başı 140 gramdır. Yetmiş kg ağırlığında bir kişinin haftada 140 gr balık tükettiği farz edilerek elde edilen HHA (hesaplanan haftalık alım) ve HGA (hesaplanan günlük alım) değerleri Tablo 4' te sunulmaktadır. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 4' deki HHA değerleri kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [HHA (µg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)=en yüksek metal düzeyi (µg/kg) × balık tüketim miktarı (kg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)]. Daha sonra HGA'lar HHA değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 4' te HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük ve (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmekte olup, tablodan bu çalışmada elde edilen değerlerin tavsiye edilen değerlerden düşük olduğu görülmektedir (FAO/WHO, 2004; EPA, 2014; WHO, 2014). Dolayısıyla incelenen türler, istasyonlar ve çalışmanın zaman aralığı dikkate alındığında kas dokudaki ağır metal düzeylerinin insan sağlığı açısından herhangi bir tehdit oluşturmadığı söylenebilir.

Kaynaklar

- EPA. U.S. 2014. EPA; Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html> (21.11.2014).
FAO. 2014. Fisheries and Aquaculture, Turkey. FAO of the United Nations. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey. (21.11.2014).
FAO/WHO. 2004. Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

- (JECFA 1956–2003), (First through sixty-first meetings). ILSI Press International Life Sciences Institute.
Gökkuş K, Türkmen M. 2016. Assessment of Heavy Metal Levels in Tissues of Common Guitarfish (*Rhinobatos rhinobatos*) from İskenderun and Antalya Bays, Northeastern Mediterranean Sea. *Indian J. Mar. Sci.*, 45 (11): 1540-1548.
Kükürer S. 2016. Comprehensive Risk Assessment of Heavy Metal Accumulation in Surface Sediment of Lake Tortum Based on Ecological Indices. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4 (12): 1185-1191.
Kükürer S. 2017. Pollution, source, and ecological risk assessment of trace elements in surface sediments of Lake Aktaş, NE Turkey. *Hum. Ecol. Risk Assess.*, 23: 1629-1644.
Mendil D, Demirci Z, Tüzen M, Soyak M. 2010. Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the Black sea, Turkey. *Food Chem. Toxicol.*, 48: 865-870.
Kandemir S, Doğru M.I, Orun I, Doğru A, Atlas L, Erdoğan K, Orun G, Polat N. 2010. Determination of Heavy Metal Levels, Oxidative Status, Biochemical and Hematological Parameters in *Cyprinus carpio* L., 1758 from Bafra (Samsun) Fish Lakes. *J. Anim. Vet. Adv.*, 9: 617-622.
Rayment GE, Barry GA. 2000. Indicator tissues for heavy metal monitoring- additional attributes. *Mar. Pollut. Bull.*, 7-12: 353-358.
Türkmen A, Tepe Y, Türkmen M, Mutlu E. 2009. Heavy Metal Contaminants in Tissues of the Garfish, *Belone belone* L., 1761, and the Bluefish, *Pomatomus saltatrix* L., 1766, from Turkey Waters. *Bull Environ Contam Toxicol.*, 82: 70-74.
Türkmen M, Ciminli C. 2007. Determination of metals in fish and mussel species by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. *Food Chem.*, 103: 670-675.
Türkmen M, Akyurt İ, Zebel S, Türkmen A. 2016. Bioaccumulation of Metals in Tissues of Fish from Aksu Stream Located in Giresun Coasts. *The Black Sea Journal of Sciences*, 6 (14): 45-53.

- Türkmen M, Dura N, 2016. Assessment of Heavy Metal Concentrations in Fish from South Western Black Sea. *Indian J. Mar. Sci.*, 45 (11): 1552-1559.
- Türkmen M, Akaydin A. 2017. Metal Levels in Tissues of Commercially Important Fish Species from Southeastern Black Sea Coasts. *Indian J. Mar. Sci.*, 46 (11): 2357-2360.
- Türkmen M, Pınar EO. 2018. Bioaccumulation of Metals in Economically Important Fish Species from Antalya Bay, Northeastern Mediterranean Sea. *Indian J. Mar. Sci.*, 47 (01): 180-184.
- WHO. 2014. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/ (21.11.2014).
- Yılmaz F, Özdemir N, Demirak A, Tuna AL. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. *Food Chem.*, 100: 830-835.