

Giresun Sahillerinde Denize Dökülen Aksu Deresi Balıklarında Metallerin Biyolojik Birikimi

Mustafa TÜRKMEN¹, İhsan AKYURT¹, Sena ZEBEL¹, Aysun TÜRKMEN²

¹Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Giresun, TÜRKİYE

²Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Giresun, TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 11.11.2016

Kabul Tarihi: 28.11.2016

Sorumlu Yazar: mturkmen65@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, Giresun sahillerinde denize dökülen Aksu deresinde yaşayan dört balık türünün (*Barbus capito*, *Cyprinus carpio*, *Salmo trutta macrostigma*, *Capoeta tinca*) solungaç ve kas dokularındaki metal konsantrasyonlarının incelenmesi amaçlanmıştır. İncelenen türlerin solungaçlarındaki metal birikimleri; kobalt: 0,08- 0,2, krom: 0,18-3,61, bakır: 6,10-33,8, demir: 54,6-671, mangan: 7,74-62,0, nikel: 0,95-4,34, kurşun: 0,72-7,07 ve çinko: 66,8-315, kas dokuda ise; kobalt: <0,01-1,00, krom: 0,36-2,57, bakır: 7,92-40,4, iron: 46,0-469, mangan: 1,36-15,2, nikel: 0,66-3,29, kurşun: 0,88-8,89 ve çinko: 43,8-233 in mg kg⁻¹ yaş ağırlık olarak bulunmuştur. İstasyonlar ve mevsimlerdeki metal düzeyleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). Genel olarak, solungaç metal birikimleri kaslardaki miktarlardan yüksek bulunmuştur. İncelenen balıkların yenilebilir kas dokusundaki metal birikimleri insan tüketimi için geçici kabul edilebilir günlük (PTDI) ve haftalık (PTWI) alımlar ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar insan tüketimi açısından değerlendirildiğinde incelenen türlerdeki metal konsantrasyonlarının, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın önerdiği sınırların altında olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Aksu Deresi, Balıklar, Metaller, Dokular, Geçici Kabul Edilebilir Günlük ve Haftalık Alımlar (PTDI ve PTWI).

Bioaccumulation of Metals in Tissues of Fish from Aksu Stream Located in Giresun Coasts

Abstract

This study aims to investigate the metal concentrations in muscle and gill of fish species (*Barbus capito*, *Cyprinus carpio*, *Salmo trutta macrostigma*, *Capoeta tinca*) inhabiting Aksu stream located in southeastern Black Sea coasts. Levels of metals in gills of the examined species ranged from 0.08 to 0.62 for cobalt, 0.18 to 3.61 for chromium, 6.10 to 33.8 for copper, 54.6 to 671 for iron, 7.74 to 62.0 for manganese, 0.95 to 4.34 for nickel, 0.72 to 7.07 for lead and 66.8 to 315 for zinc, in mg kg⁻¹ respectively. Concentrations in muscles ranged from <0.01 to 1.00 for cobalt, 0.36 to 2.57 for chromium, 7.92 to 40.4 for copper, 46.0 to 469 for iron, 1.36 to 15.2 for manganese, 0.66 to 3.29 for nickel, 0.88 to 8.89 for lead and 43.8 to 233 for zinc, in mg kg⁻¹ respectively. The differences among metal levels in seasons and stations were statistically significant (p<0.05). In general, metal levels in gills were higher than in muscles. Metal accumulations in the edible muscle tissue of fish were compared with Provisional Tolerable Daily Intakes (PTDI) and Provisional Tolerable Weekly Intakes (PTDWI) for human consumption. The results showed that the mean concentrations of metals were markedly below the limits of the Food and Agriculture Organization (FAO), World Health Organization (WHO) and Environmental Protection Agency (EPA) for human consumption.

Keywords: Aksu Stream, Fish, Metals, Tissues, Provisional Tolerable Weekly and Daily Intakes (PTWI and PTDI)

Giriş

Balık, yengeç, midye ve istiridye gibi sucul organizmalar buldukları ortamlardan önemli miktarda kirleticileri bünyelerinde biriktirdiğinden, sucul ortamların kirliliği ve izlenmesi çalışmalarında yoğun bir şekilde ve sürekli olarak kullanılmaktadır (Türkmen vd., 2005, Tepe vd., 2008, Türkmen vd., 2008, Türkmen vd., 2009, Tüzen, 2009, Carneiro vd., 2011). Diğer taraftan dere, çay, ırmak ve göl gibi sucul ekosistemler insan aktiviteleri tarafından direk olarak etkilendiğinden bu alanlarda kirlilik izleme çalışmaları gerek canlı gerekse cansız materyal kullanılarak sürekli olarak yapılmaktadır (Mutlu vd., 2011, 2012, Yılmaz vd., 2016, Polat ve Akkan, 2016).

Genellikle, balık ve diğer sucul organizmalarda ağır metal birikimleri dokulara göre farklılıklar göstermektedir. Örneğin, balıkların karaciğer dokuları solungaç ve kas dokuya kıyasla daha yüksek birikimler göstermektedir (Kandemir vd., 2010, Türkmen vd., 2010). Doğu Karadeniz sahillerinde denize dökülen Aksu deresi balıkları üzerinde yürütülen bu çalışmanın amacı, kas ve solungaç dokulardaki ağır metal birikim düzeylerini istasyon ve mevsimsel olarak incelemek ve tüketilmeleri durumunda yenilebilir kas dokudaki birikimlerin insan sağlığı üzerinde bir tehdit oluşturup, oluşturmadığını ortaya koymaktır. Bu amaçla elde edilen sonuçlar insan tüketimi için geçici kabul edilebilir günlük (PTDI) ve haftalık (PTWI) alımlar hesaplanmış ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın önerdiği değerlerle kıyaslanmıştır.

Materyal ve Metodlar

Araştırma yeri, Giresun'da denize dökülen bölgenin önemli derlerinden olan Aksu deresi olup, belirlenen üç istasyondan (1. istasyon 40° 54' K, 38° 26' D, 2. istasyon 40° 50' K, 38° 28' D, 3. istasyon 40° 44' K, 38° 26' D) yaz, sonbahar ve ilkbahar olmak üzere üç mevsim örnekleme yapılmıştır. Kış mevsiminde iklimsel olaylardan dolayı örnekleme yapılamamıştır. Araştırmada balık materyali olarak *Barbus capito* (Berg, 1914), *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758), *Salmo trutta macrostima* (Duméril, 1858), *Capoeta tinca* (Heckel, 1843) türleri kullanılmıştır.

Bölgedeki balıkçıların da yardımlarıyla, çeşitli avlanma yöntemleri kullanılarak elde edilen balık örnekleri buz korumalı kaplarla aynı gün laboratuara getirilmiştir. İstasyonlara ve türlere göre tasnif edilerek boy ve ağırlıkları kaydedildikten sonra, her

örnekten yaklaşık 5 g kas ve solungaç örnekleri alınarak etiketlenip, poşetlere konularak analize kadar -20 oC' de saklanmıştır. Homojenize edilen örneklerden 0,5 g alt örnek alınarak Teflon kaplara yerleştirildikten sonra üzerine 3 ml deiyonize su ve 7 ml % 63'lük saflıkta nitrik asit (HNO₃) ilave edilmiştir. Bu karışım 190 psig basınç, 210 oC sıcaklık, 20 dakika çözünme ve 15 dakika bekleme süresi olmak üzere 35 dakika şeklinde programlanmış mikro dalga fırında (CEM MARS-5 Closed Vessel Microwave Digestion System) işleme tabi tutularak, soğumaya bırakılmıştır. Bu solüsyonun üzerine 1ml hidrojenperoksit (H₂O₂) ilave edilerek solüsyonun berrak hale gelmesi beklenmiştir. 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. Metal konsantrasyonları mg.kg-1yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir. Multi IV (Merck) element stok çözeltisinden standartlar hazırlanarak cihaz kalibre edilmiştir. Kalibrasyonun doğruluğu test etmek için DORM-4 referans madde kullanılmıştır. Analize hazır hale getirilen örneklerin ağır metal konsantrasyonları (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) Bruker ICP MS cihazı kullanılarak her bir örnek için 3 adet olmak üzere okutulmuştur. Ağır metal birikimlerinin istasyonlara ve mevsimlere göre farklılıkları belirlemek için tek yönlü varyans analizi ve Duncan testi uygulanmıştır. Bütün istatistiksel analizler SPSS13.0 paket programla yapılmıştır.

Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada incelenen balıkların kas ve solungaç dokularındaki ağır metal birikimleri mevsimlere ve istasyonlara göre Tablo 1 ve 2' de sunulmaktadır. Kas dokuda Fe diğer metallere göre en yüksek düzeylerde bulunmuş olup, bunu Zn takip etmektedir. Diğer taraftan Co en düşük değerlere sahiptir. Bu durum pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Zauke vd., 1999, Tepe vd., 2008 Türkmen vd., 2005, 2009, 2013).Yaz mevsiminde Mn, Co ve Zn, sonbaharda tüm metaller, ilkbaharda ise sadece nikelde istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Diğer taraftan istasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki farklılıklar incelendiğinde Mn, Ni, Cu, Zn ve Pb düzeyleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Kas dokuda en yüksek değerler tüm metallerde sonbahar mevsiminde 1. istasyonda görülmüştür.

Tablo 1. Aksu Deresi'nde İncelenen Örneklerin Kaslarında Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Ağır Metal Düzeyleri

Mevsim	İstasyon	Örnek Sayısı	Ağır Metaller (Ortalama±Standart Hata, mg.kg ⁻¹)							
			Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Yaz	1	3	0,71±0,27 ^a	10,9±2,67 ^a	131±42,3 ^a	0,33±0,07 ^a	1,91±0,56 ^a	22,3±6,46 ^a	144±47,6 ^{ab}	1,88±0,34 ^a
	2	6	1,25±0,36 ^a	4,37±1,36 ^b	99,7±27,0 ^a	0,09±0,04 ^a	1,82±0,48 ^a	23,1±6,58 ^a	93,6±20,5 ^a	1,90±0,49 ^a
	3	6	1,40±0,19 ^a	8,56±0,97 ^{ab}	179±21,9 ^a	0,30±0,02 ^b	2,95±0,22 ^a	36,9±4,94 ^a	218±21,0 ^b	5,69±1,63 ^a
	Toplam	15	1,21±0,17 ^x	7,37±1,04 ^x	138±17,8 ^x	0,19±0,03 ^x	2,29±0,26 ^x	28,5±3,78 ^x	153±20,3 ^x	3,42±0,82 ^x
Sonbahar	1	3	2,57±0,54^a	15,2±3,97^a	469±185^a	1,00±0,25^a	3,29±0,54^a	40,4±1,77^a	233±29,6^a	8,89±2,09^a
	2	9	<u>0,36±0,04^b</u>	3,09±0,92 ^b	58,7±12,2 ^b	0,02±0,01 ^b	0,84±0,08 ^b	10,0±0,62 ^b	58,5±3,28 ^b	1,56±0,23 ^b
	3	7	0,48±0,12 ^b	<u>1,36±0,36^b</u>	47,9±7,35 ^b	<u><0,01±0,00^b</u>	<u>0,50±0,08^b</u>	9,26±0,53 ^b	<u>43,8±5,84^b</u>	<u>0,88±0,08^b</u>
	Toplam	19	0,75±0,00 ^x	4,37±1,32 ^{xy}	119±43,8 ^x	0,17±0,09 ^x	1,10±0,24 ^y	14,5±2,67 ^y	80,6±16,3 ^y	2,47±0,72 ^{xy}
İlkbahar	1	4	1,02±0,53 ^a	2,46±0,52 ^a	82,6±12,8 ^a	0,09±0,05 ^a	1,49±0,29 ^{ab}	18,1±5,73 ^a	134±19,3 ^a	2,36±0,66 ^a
	2	5	1,32±0,28 ^a	2,42±0,47 ^a	60,8±9,18 ^a	0,03±0,02 ^a	1,78±0,17 ^b	15,7±1,95 ^a	148±27,6 ^a	1,49±0,29 ^a
	3	6	0,49±0,35 ^a	1,44±0,73 ^a	<u>46,0±20,2^a</u>	0,08±0,08 ^a	0,66±0,42 ^a	<u>7,92±4,82^a</u>	69,5±36,4 ^a	1,62±1,43 ^a
	Toplam	15	0,91±0,22 ^x	2,44±0,36 ^y	60,7±9,53 ^x	0,06±0,03 ^x	1,25±0,23 ^y	13,2±2,64 ^y	113±19,5 ^{xy}	1,77±0,58 ^y

*: 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 ($p<0,05$). Koyu değerler en yüksek, altı çizgili olanlar ise en düşük birikimleri göstermektedir.

Tablo 2. Aksu Deresi'nde İncelenen Örneklerin Solungaç Dokularında Mevsimlere ve İstasyonlara Göre Ağır Metal Düzeyleri

Mevsim	İstasyon	Örnek Sayısı	Ağır Metaller (Ortalama±Standart Hata, mg.kg ⁻¹)							
			Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Yaz	1	3	0,73±0,31 ^a	59,1±22,3 ^a	333±107 ^a	0,42±0,23 ^a	3,36±1,19 ^a	20,7±8,21 ^a	175±53,3 ^a	2,04±0,85 ^a
	2	6	1,17±0,18 ^{ab}	58,9±9,43 ^a	564±91,8 ^a	0,35±0,07 ^a	3,74±0,61 ^a	22,5±2,60 ^a	178±19,8 ^a	2,92±0,56 ^{ab}
	3	6	3,61±1,24^b	62,0±12,9^a	671±223^a	0,59±0,14 ^a	4,34±0,55^a	32,1±3,56 ^a	292±62,8 ^a	4,91±0,82 ^b
	Toplam	15	1,95±0,55 ^x	60,1±7,60 ^x	553±91,9 ^x	0,45±0,07 ^x	3,87±0,39 ^x	25,5±2,57 ^x	218±28,8 ^y	3,44±0,50 ^x
Sonbahar	1	3	1,74±0,68 ^a	44,9±4,72 ^a	489±79,3 ^a	0,62±0,09^a	3,34±0,33 ^a	33,8±0,56^a	295±13,4 ^a	4,13±0,53 ^a
	2	9	0,38±0,14 ^b	16,1±4,95 ^b	485±266 ^a	0,18±0,13 ^{ab}	0,97±0,14 ^b	9,85±1,08 ^b	80,3±15,7 ^b	1,28±0,18 ^b
	3	7	0,38±0,07 ^b	16,0±6,41 ^b	336±149 ^a	0,12±0,08 ^b	<u>0,95±0,17^b</u>	8,44±0,73 ^b	105±19,6 ^b	1,63±0,31 ^b
	Toplam	19	0,52±0,13 ^y	19,1±4,04 ^y	422±137 ^{xy}	0,20±0,08 ^y	1,21±0,20 ^y	11,8±1,88 ^y	113±18,5 ^x	1,73±0,25 ^y
İlkbahar	1	4	1,07±0,31 ^a	27,6±2,88 ^a	315±44,8 ^a	0,21±0,09 ^a	3,62±0,93 ^a	18,9±3,81 ^a	315±95,8^a	5,07±1,58^a
	2	5	0,61±0,10 ^{ab}	25,5±9,36 ^{ab}	117±34,6 ^b	0,19±0,07 ^b	1,95±0,21 ^{ab}	17,6±1,32 ^a	234±49,1 ^{ab}	2,07±0,37 ^b
	3	6	<u>0,18±0,10^b</u>	<u>7,74±3,25^b</u>	<u>54,6±13,8^b</u>	<u>0,08±0,05^a</u>	1,03±0,66 ^b	<u>6,10±3,08^b</u>	<u>66,8±31,2^b</u>	<u>0,72±0,41^b</u>
	Toplam	15	0,56±0,13 ^y	18,9±4,05 ^y	145±32,3 ^y	0,15±0,05 ^y	2,03±0,44 ^y	13,4±2,21 ^y	189±40,9 ^{xy}	2,33±0,63 ^{xy}

*: 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 ($p<0,05$). Koyu değerler en yüksek, altı çizgili olanlar ise en düşük birikimleri göstermektedir.

En düşük değerler ise sonbaharda Cr ikinci istasyonda, Mn, Co, Ni, Zn ve Pb üçüncü istasyonda, Fe ve Cu ise ilkbaharda üçüncü istasyonda görülmüştür. Kas dokuda en yüksek değerler; Cr: 2,57, Mn: 15,2, Fe: 469, Co: 1,0, Ni: 3,29, Cu: 40,4, Zn: 233, Pb: 8,89, en düşük değerler ise; Cr: 0,36, Mn: 1,36, Fe: 46,0, Co: <0,01, Ni: 0,50, Cu: 7,92, Zn: 43,8, Pb: 0,88 mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur. Karadeniz sularında yapılan bir çalışmada Cd: 0,1- 0,35, Cr: 0,63-1,74, Cu: 0,65-2,78, Fe: 36,2-145, Mn: 2,76-9,1, Ni: 1,14-3,6, Pb: 0,28-0,87 ve Zn: 38,8-93,4 mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur (Tüzen, 2009). Yelkoma lagününde üç balık türünde yapılan bir çalışmada; Cd: 0,10-0,47, Co: 0,10-0,43, Cr: 0,17-0,72, Cu: 0,62-1,03, Fe: 28,9-52,3, Mn: 0,75-0,96, Ni: 0,11-0,57, Pb: 0,19-0,47 ve Zn: 6,01-13,9 mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur (Türkmen vd., 2010). Yine, Sepetiba körfezinde balık ve istiridye kasları üzerine yapılan bir çalışmada, Cr: 0,50, Cu: 0,18, Fe: 6,12, Mn: 0,27, Ni: 0,02 ve Zn: 6,74 mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur (Carneiro vd., 2011).

Solungaç dokuda yaz mevsiminde Cr, Mn ve Pb, sonbaharda Fe hariç diğer metaller, ilkbahar mevsiminde ise tüm metaller için istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). İstasyon farkı gözetmeksizin mevsimler arasındaki birikim farklılıkları incelendiğinde, tüm metal düzeyleri arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek Cr, Mn, Fe ve Ni değerleri yaz mevsiminde üçüncü, Co ve Cu değerleri sonbahar mevsiminde birinci, Zn ve Pb değerleri ilkbahar mevsiminde birinci istasyonda görülmüştür. Kas dokuda olduğu gibi solungaçlarda da Fe en yüksek değerlere sahipken, bunu çinko takip etmekte olup, Co ise en düşük değerleri göstermektedir. Solungaç dokuda en düşük ve en yüksek değerler sırasıyla; Cr: 0,18-3,61, Mn: 7,74-62, Fe: 54,6-671, Co: 0,08-0,62, Ni: 0,95-4,34, Cu: 6,10-33,8, Zn: 66,8-313, Pb: 0,72-5,07 mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur. Akyatan lagününde balık türlerinin dokularında yapılan bir çalışmada solungaç doku ağır metal düzeyleri; Cd: 0,06-0,12; Co: 0,06-1,18; Cr: 0,40-0,76; Cu: 1,11-2,27; Fe: 63,8-130; Mn: 0,98-7,11; Ni: 0,47-1,51; Pb: 0,40-1,05; ve Zn: 10,8-37,7 (Türkmen vd., 2012), *Leuciscus cephalus* ve *Lepomis gibbosus* türlerinin solungaç dokularında yapılan bir diğer 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 (Yılmaz vd., 2007), İskenderun Körfezi'nden yedi balık türünün solungaç dokularında; Cd: 0,07-0,19; Co: 0,05-0,8; Cr: 0,27-0,90; Cu: 0,96-2,75; Fe: 43,5-68,8; Mn: 0,59-3,05; Ni: 0,32-3,20; Pb:

0,54-1,38 ve Zn: 8,90-19,8 (Türkmen vd., 2013), Yelkoma lagününde yapılan bir çalışmada solungaç doku ağır metal düzeyleri; Cd:0,14-0,62; Co: 0,11-0,60; Cr: 0,38-1,12; Cu: 1,79-3,72; Fe: 45,4-114; Mn: 1,37-6,29; Ni: 0,12-0,95; Pb: 0,41-0,54ve Zn: 11,9 -20,9 (Türkmen vd., 2010) mg.kg-1 yaş ağırlık olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada ayrıca 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 3’ de sunulmaktadır.

Tablo 3. Bu çalışmada hesaplanan günlük (HGA) ve haftalık (HHA) alımların önerilen değerlerle kıyaslanması

Metal	THA ^a (µg/kg)	THA ^b (µg/70 kg)	TGA ^c (µg/70 kg)	Bu Çalışma Hesaplanan HHA ^d (HGA) ^e
Cd	7 ^a	490	70	-
Co	-	-	-	140 (20)
Cr	23,3	1631	233	359,8 (51,4)
Cu	3500 ^a	245000	35000	5656 (808)
Fe	5600 ^a	392000	56000	65660 (9380)
Ni	35 ^g	2450	350 ^f	460,6 (65,8)
Mn	980 ⁱ	68600	9800 ^h	2128 (304)
Pb	25 ^a	1750	250	1244,6 (177,8)
Zn	7000 ^a	490000	70000	32620 (4660)

^aFAO/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)

Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 3'deki HHA değerleri, kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [HHA ($\mu\text{g}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı/hafta)=en yüksek metal düzeyi ($\mu\text{g}/\text{kg}$)Xbalık tüketim miktarı ($\text{kg}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı/hafta)]. Daha sonra HHA'lardan HGA değerleri elde edilmiştir. Tablo 3' de HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmekte olup, görüleceği gibi bu çalışmada elde edilen HHA ve HGA değerleri tavsiye edilen tolere edilebilir değerlerin çok altındadır(FAO/WHO, 2004; EPA, 2014; WHO. 2014).

Teşekkür:

Yazarlar bu çalışmayı finansal olarak destekleyen Giresun Üniversitesi BAP Komisyonuna teşekkür ederler (Proje No: FEN-BAP-100510-02).

Kaynaklar

- Carneiro, C.D., Marsico, E.T., de Jesus, E.F.O., Ribeiro, R.D.R. ve Barbosa, R.D. 2011. Trace elements in fish and oysters from Sepetiba Bay (Rio de Janeiro-Brazil) determined by total reflection X-ray fluorescence using synchrotron radiation. *Chemical Ecology*, 27: 1-8.
- EPA., U.S. (2014) EPA. Manganese compounds <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html> (Accessed on 21.11.2014).
- FAO (2014) Fisheries and Aquaculture, Turkey.FAO of the United Nations. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey. (Accessed on 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 sixtyfirst meetings). ILSI Press International Life Sciences Institute.
- Kandemir, S., Doğru, M.İ., Örün, İ., Doğru, A., Altaş. L., Erdoğan, K., Örün, G. ve Polat, N. 2010. Determination of Heavy Metal Levels, Oxidative Status, Biochemical and Hematological Parameters in *Cyprinus carpio* L., 1758 from Bafra (Samsun) Fish Lakes. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9: 617-622.
- Mutlu, C., Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. ve Ateş, A. 2012. Comparison of the heavy metal concentrations in Atlantic horse mackerel, *Trachurus trachurus*, from coastal waters of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(2), 304-307.
- Mutlu, C., Türkmen, M., Türkmen, A., ve Tepe, Y. (2011). Comparison of Metal Concentrations in Tissues of Blue Crab, *Callinectes sapidus* from Mediterranean Lagoons. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 87, 282-286.
- Polat, N. ve Akkan, T. 2016. Assessment of Heavy Metal and DetergentPollution in Giresun Coastal Zone, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25 (8), 2884-2890.
- Tepe, Y., Türkmen, M. ve Türkmen, A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 146: 77-284.
- Tuzen, M. 2009. Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1785-1790.
- Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M. ve 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. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 82: 70-74.

- Türkmen ,A., Tepe, Y. ve 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. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 80: 521-525.
- Türkmen, M., Tepe, Y., Türkmen, A., Sangün, K., Ateş, A., ve Genç, E. 2013. Assessment of Heavy Metal Contamination in Various Tissues of Six Ray Species from İskenderun Bay, Northeastern Mediterranean Sea. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 90: 702-707.
- Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., ve Ateş, A. 2012. Investigation of Metals in Tissues of Fish Species from Akyatan Lagoon. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (11c): 3562-3567.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. ve Akyurt, İ. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea. Turkey. *Food Chemistry*, 91: 167-172.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y. ve Çekiç, M. 2010. Metals in tissues of fish from Yelkoma Lagoon, northeastern Mediterranean. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168: 223-230.
- WHO.,(2014) Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, Chemical aspects. Available at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/ Access on 21.11.2014).
- Yılmaz, F., Özdemir, N., Demirak, A. ve Tuna, A.L. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*. *Food Chemistry*, 100: 830-835.
- Yılmaz, M., Teber, C., Akkan, T., Er, C., Kariptas, E. ve Ciftci, H. 2016. Determination of Heavy Metal Levels in Different Tissues of Tench (*Tinca tinca* L., 1758) from Sidikli Kucukbogaz Dam Lake (Kirsehir). *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(6), 1972-1977.
- Zauke, G.P., Savinov, V.M., Ritterhoff, J. ve Savinova, T. 1999. Heavy metals in fish from the Barents Sea (summer 1994). *The Science and Total Environment*, 227: 161-173.