

Doğu Akdeniz'den Avlanan Bazı Balık Türlerinde
Ağır Metal Düzeylerinin İnsan Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi

Yakup Ersoysal¹, Özcan Ay¹, Cengiz Korkmaz^{1*}, Mehmet Ali Köroğlu¹, Cahit Erdem²

¹Mersin Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Mersin, Türkiye

²Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, Adana, Türkiye

* Sorumlu yazar Tel.: +90 546 401 87 05 Fax.: +90 324 341 30 25 E-posta: cengizkorkmaz@mersin.edu.tr.

Abstract

Muscle tissues of *Mullus barbatus*, *Solea solea*, *Diplodus sargus*, *Scomber japonicus*, *Sarda sarda*, *Pagrus pagrus*, *Saurida undosquamis*, *Trachurus mediterraneus*, *Boops boops*, *Mugil cephalus*, *Lithognathus mormyrus*, *Lichia amia*, *Oblada melanura*, *Sparus aurata* and *Sardina pilchardus* obtained from six different stations between Mersin-Taşucu and Hatay-Samandağ from Northeast Mediterranean were analyzed for their heavy metal levels.

Muscle levels of Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sn and Pb ranged between 2.15 – 7.10, <0.0002 – 0.39, <0.001 19.02, <0.0006 – 0.50, <0.0006 – 0.74, 3.82 – 55.05, 1.08 – 15.06, <0.0004 – 0.92, <0.0003 – 0.06 mg kg⁻¹ wet weight (w.w.) respectively, whereas Cd level was below detection limits in the species studied.

Mean metal of metals levels from each stations were calculated for human consumption and compared with provisional weekly (PTWs) limits. It was shown that the levels of metals in tissues analyzed were below PTWs and it was concluded that they do not pose any health problems for human consumption. However, if *M. barbatus* and *P. pagrus* sampled from Erdemli and Mersin Centre stations are over consumed the level of As can reach to risky levels. Additionally, mean Zn concentrations in *M. barbatus* obtained from Erdemli, were found above the limits set by Turkish Food Codex (TFC). Moreover, %20.93 of 43 fish samples obtained from Erdemli were also above the limits set by TFC.

Keywords: Northeast Mediterranean, Food safety, Tolerable weekly intake, Heavy metal, Fish

Özet

Bu çalışma ile Doğu Akdeniz bölgesinde Mersin-Taşucu ile Hatay-Samandağ arasında kalan altı istasyondan Mart – Mayıs (2018) ayları arasında avcılık ile elde edilen *Mullus barbatus*, *Solea solea*, *Diplodus sargus*, *Scomber japonicus*, *Sarda sarda*, *Pagrus pagrus*, *Saurida undosquamis*, *Trachurus mediterraneus*, *Boops boops*, *Mugil cephalus*, *Lithognathus mormyrus*, *Lichia amia*, *Oblada melanura*, *Sparus aurata* ve *Sardina pilchardus* türlerinin kas dokularında bazı ağır metallerin derişimleri tespit edilmeye çalışılmıştır.

Doku örneklerinde ortalama Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Sn ve Pb derişimleri sırasıyla, 2.15 – 7.10, <0.0002 – 0.39, <0.001 19.02, <0.0006 – 0.50, <0.0006 – 0.74, 3.82 – 55.05, 1.08 – 15.06, <0.0004 – 0.92, <0.0003 – 0.06 mg kg⁻¹ yaş ağırlık (y.a) olacak şekilde değişiklik göstermiştir. Cd derişimleri ise tüm örneklerde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur.

Balık dokularında ortalama metal derişimleri her istasyon için insan tüketimi amacıyla hesaplanarak, metallerin tolere edilebilir haftalık limitleri (PTWI's) ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda analizi yapılan örneklerde tüketim ile vücuda alınabilecek ortalama metal derişimlerinin, PTWI değerlerinin altında olduğu ve incelenen örneklerin insan tüketimi açısından sağlık sorunlarına yol açmayacağı düşüncesine varılmıştır. Fakat, Erdemli ve Mersin (Merkez) istasyonundan elde edilen *M. barbatus* ve *P. pagrus* türlerinin fazla tüketilmesi durumunda As konstasyonları açısından risk taşıyabileceği sonucuna varılmıştır. Ek olarak, Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* türünün kas dokularında ortalama Zn derişimlerinin ve bu istasyonundan elde edilen 43 balık örneğinin %20.93'ünde Zn derişimlerinin Türk Gıda Kodeksi (TGK) tarafından belirlenen kabul edilebilir limitlerin üzerinde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğu Akdeniz, Gıda güvenliği, Tolere edilebilir haftalık limit, Ağır metal, Balık

1. Giriş

İnsan sağlığı, beslenme düzeni ve diyet içeriği ile yakından ilişkilidir. Sağlıklı bir diyet yeterli miktarda besleyici element, vitamin, mineral vs., içeriğinin yanı sıra patojen mikroorganizma ve kimyasal kirleticilerden uzak olmak zorundadır [1]. Buna ek olarak gıdaların belirli standart ve kalite sınırları içerisinde tutulabilmesi ülkelerin ve toplumların ekonomik kayıplarının azaltılması açısından da son derece önemlidir [2].

Balıklar sucul ekosistemlerde beslenme zincirinde ki son halka olup, insanlar için son derece önemli besin kaynaklarıdır [3]. Balık eti diğer hayvan etleri ile kıyaslandığında düşük kalori ve yüksek protein içeriğine sahiptir [4]. Hayvansal orijinli protein kaynaklarının %17'sini oluştururlar ve insan popülasyonlarının toplam protein ihtiyacının %6'sını karşılamaktadırlar [5].

Balık tüketiminin insan sağlığı üzerine olumlu etkileri toplumlar tarafından her geçen gün daha fazla anlaşılmaktadır [6]. Eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) gibi omega-3 yağ asitlerinin varlığı nedeniyle tüketimleri diyetisyenler tarafından önemle tavsiye edilmektedir [7]. Amerikan Kalp Derneği, haftada 2 gün balık tüketmenin kalp hastalıkları riskini azaltmada kilit rol oynadığını belirtmektedir [4]. Bunun yanı sıra balık eti tüketiminin aritmi, plazma trigliserid düzeylerinin düşürülmesi ve trombozun önlenmesi açısından son derece önemli olduğu bilinmektedir [8]. Sucul canlılar yukarıda bahsedilen faydalarının yanı sıra, buldukları ortamın özelliklerinden dolayı, aynı zamanda kirleticilerin insanlara kadar ulaşmasında da büyük rol oynamaktadırlar [9].

İnsanlar hayatları boyunca kimyasal kirleticilerin yaklaşık olarak % 90'ını vücutlarına besin tüketimi ile alırlar [10]. Antropojenik kirleticiler, sucul ortamlara, doğrudan deşarjlar, atık sular, nehir ve ırmaklar ya da atmosferik taşınım yolu ile kontamine olmakta ve besin zinciri aracılığıyla insanlara kadar ulaşmaktadırlar [11, 12]. Sucul ortamlarda insan kaynaklı kirleticiler arasında ağır metaller, en yaygın rastlanan ve insan sağlığını en çok tehdit eden kimyasal ajanlardır [13]. Ağır metaller, doğada kalıcılık sürelerinin uzun olması, metabolik ayrıştırmaya uygun olmayışları ve besin zincirinde artan derişimlerde birikim göstermeleri nedeniyle diğer kirleticilerden farklılık gösterirler [11, 12]. Japonya'da yaşanan "İtai-itai" [14] ve "Minamata" [7], ABD'de yaşanan "Alamosa nehri" [15] yada Papua Yine Gine'de ki "Ok Tedi madeni" [16] faciaları ağır metal kaynaklı olup, üzerinden yıllar geçmiş olmasına rağmen toplumların üzerinde etkileri halen daha devam etmektedir.

Mersin, Akdeniz'in kuzeydoğusunda bulunan ve 1.73 milyon nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık ve sanayileşmiş illeri arasında yer almaktadır [17, 18]. 320 KM²'lik kıyı uzunluğu ile Mersin Körfezi, kanalizasyon

atıkları, endüstriyel atıklar, tarımsal aktiviteler, petrol ve deniz taşımacılığı sonucu oluşan çok çeşitli kirleticilerin etkisi altındadır [19]. Adana 2 milyon nüfusu ile Kuzeydoğu Akdeniz'in en kalabalık şehirlerinden biri olup, kıyısız bölgeleri tarım, sanayi ve kentleşme gibi faktörlerin etkisi altındadır [20]. İskenderun Körfezi ise 65 KM'lik kıyı uzunluğu ile Kuzeydoğu Akdeniz'de en doğusunda yer almakta ve 1977'den beri körfez demir-çelik fabrikalarının neden olduğu ağır metal kirleticilerinden etkilenmektedir [21]. Bu kirleticilerin Kuzeydoğu Akdeniz bölgesinde yaşayan sucul canlılar üzerine belirgin akut etkileri görülmemiş olsa da, zamanla besin zincirinde birikebileceği ve insan sağlığını tehdit edebilecek düzeylere ulaşabileceği ve rutin olarak gözlem çalışmalarının yapılması gerektiği unutulmamalıdır.

Çevresel gözlem projeleri ekosistemlerin sürdürülebilirlik ve sağlık durumlarının bilimsel bir bakış açısı ile belirlenebilmesi açısından son derece önemli çalışmalardır [5]. Bunun yanı sıra dünyada "gıda güvenliği" kavramının giderek önem kazanmakta olduğu, araştırmacıların çalışmalarını bu konular üzerinde yoğunlaştırdığı bilinmektedir [2, 22, 23]. Bu sebeplerden bu çalışmada, Kuzeydoğu Akdeniz bölgesinde avlanan ve ekonomik değeri yüksek olan *Mullus barbatus*, *Solea solea*, *Diplodus sargus*, *Scomber japonicus*, *Sarda sarda*, *Pagrus pagrus*, *Saurida undosquamis*, *Trachurus mediterraneus*, *Boops boops*, *Mugil cephalus*, *Lithognathus mormyrus*, *Lichia amia*, *Oblada melanura*, *Sparus aurata* ve *Sardina pilchardus* türlerinin kas dokularında bazı ağır metallerin derişimleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Farklı istasyonlardan elde edilen balıkların kas dokuları örneklenerek ve bu örneklerde bakır, çinko, demir, magnezyum, nikel, arsenik (total), krom (total), kalay, kadmiyum ve kurşun içerikleri tespit edilmiştir. Kas dokularından elde edilen sonuçlar istatistikî analiz sonrası TSE ve FAO standartları ile karşılaştırılmış ve insan tüketimine uyarlanarak kabul edilebilir sınırlarda olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

Doğu Akdeniz bölgesinde Mersin-Taşucu ile Hatay-Samandağ arasında kalan altı istasyondan Mart – Mayıs (2018) ayları arasında avcılık ile elde edilen *M. barbatus*, *S. solea*, *D. sargus*, *S. japonicus*, *S. sarda*, *P. pagrus*, *S. undosquamis*, *T. mediterraneus*, *B. boops*, *M. cephalus*, *L. mormyrus*, *L. amia*, *O. melanura*, *S. aurata* ve *S. pilchardus* türleri, MEÜ. Su Ürünleri Temel Bilimler Prosedür Laboratuvarına getirilmiş ve kas dokuları izole edilerek -20 °C'de stoklanmıştır. Tüm istasyonlardan toplam 209 adet balık örnekleme yapılmıştır. Örnekleme istasyonlarının koordinatları Şekil 1 ve örneklenen balık türlerinin boy-ağırlık verilerine ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.



Şekil 1 Örneklemeye istasyonları

Tablo 1 Örneklemeye istasyonlarından elde edilen balık türlerinin boy ve ağırlıkları

İstasyon	Balık Türü	Boy (cm)	Ağırlık (gr)	Örnek sayısı (n)
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}^*$	
Taşucu	<i>M. barbatus</i>	11.38 ± 0.99	26.50 ± 7.07	8
	<i>P. pagrus</i>	16.31 ± 2.02	88.13 ± 34.75	8
	<i>S. undosquamis</i>	20.38 ± 4.04	72.25 ± 46.81	8
	<i>T. mediterraneus</i>	14.25 ± 0.71	31.50 ± 3.70	8
Erdemli	<i>M. barbatus</i>	9.88 ± 0.52	21.88 ± 3.09	8
	<i>P. pagrus</i>	11.88 ± 0.64	33.13 ± 1.89	8
	<i>S. undosquamis</i>	21.25 ± 2.42	88.38 ± 37.34	8
	<i>T. mediterraneus</i>	14.13 ± 0.23	37.00 ± 3.16	11
	<i>B. boops</i>	13.69 ± 0.96	34.18 ± 7.93	8
Mersin merkez	<i>M. barbatus</i>	12.69 ± 0.75	40.38 ± 6.39	8
	<i>P. pagrus</i>	15.69 ± 1.98	80.63 ± 27.23	8
	<i>S. undosquamis</i>	15.25 ± 0.96	23.64 ± 7.36	8
	<i>T. mediterraneus</i>	15.81 ± 1.46	47.88 ± 13.64	8
	<i>D. sargos</i>	11.08 ± 0.92	38.67 ± 9.99	6
	<i>S. solea</i>	14.44 ± 0.73	33.75 ± 4.59	8
Karaduvar	<i>M. surmuletus</i>	12.19 ± 1.16	40.25 ± 10.91	8
	<i>S. pilchardus</i>	13.69 ± 0.26	44.75 ± 4.40	8
	<i>M. cephalus</i>	27.06 ± 1.70	186.63 ± 31.99	9
İskenderun	<i>S. pilchardus</i>	14.00 ± 1.22	43.63 ± 10.03	8
	<i>M. cephalus</i>	22.69 ± 1.56	117.38 ± 19.42	8
	<i>O. melanura</i>	15.50 ± 0.71	62.50 ± 6.02	8
Samandağ	<i>S. japonicus</i>	20.81 ± 0.88	100.25 ± 19.08	8
	<i>S. sarda</i>	32.00 ± 0.82	437.67 ± 21.82	3
	<i>S. sloea</i>	20.69 ± 0.46	73.25 ± 6.16	8
	<i>L. mormyrus</i>	17.17 ± 1.91	86.33 ± 26.85	6

<i>L. amia</i>	19.20 ± 0.76	85.60 ± 8.02	5
<i>D. sargus</i>	14.25 ± 0.29	65.60 ± 6.35	4
<i>S. aurata</i>	15.70 ± 1.86	78.20 ± 14.38	5

* $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ = Aritmetik ortalama ± Standart hata

Örneklene kas dokuları yaş ağırlıkları alındıktan sonra petri kutularına aktararak 150 °C'de 48 saat süre ile tutularak sabit tartıma hazır hale getirilmiştir. Kas dokuları, kuru ağırlıkları hassas terazi ile tespit edildikten sonra deney tüplerine aktarılmış ve örneklerin her birinin üzerine 2 ml nitrik asit (HNO₃, % 65, Ö.A.: 1.40, Merck) ve 1 ml perklorik asit (HClO₄, % 60, Ö.A.: 1.53, Merck) karışımı eklenerek 120 °C'de 8 saat süre ile yakılmıştır [24]. Yakımı tamamlanan örnekler, polietilen tüplere aktararak, üzerlerine 10 ml'ye tamamlanmaya kadar deiyonize su eklenmiştir. Aynı işlemler içerisinde doku örneği bulunmayan boş numuneler içinde uygulanmıştır. Analiz öncesi örnekler 0.45 µm membran filtreden geçirilerek filtre edilmiştir. Doku örneklerinde metal derişimleri Agilent 7500ce (Octopole Reaction System, Agilent Technologies, Japan) model ICP-MS sistemi kullanılarak tespit edilmiştir.

Doku örneklerinde metal içerikleri kuru ağırlık (mg kg⁻¹ k.a.) cinsinden hesaplanmış ve her dokunun su içeriği dikkate alınarak yaş ağırlık (mg kg⁻¹ y.a.) cinsine dönüşümleri yapılmıştır [25]. Örnekler üç tekrarlı analiz edilmiştir. Geri kazanım çalışmaları amacıyla metal içeriği bilinen referans balık dokularından (IAEA-407) örnekler hazırlanmış ve Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Sn ve Pb'un geri kazanım yüzdelerinin sırasıyla 97.32 %, 92.18 %, 97.21 %, 90.61 %, 92.87 %, 95.06 %, 96.11 %, 94.56 %, 97.15 % ve 94.82% olduğu tespit edilmiştir.

Doku örneklerinden elde edilen sonuçlar aşağıdaki formüller ile insan tüketimi açısından uyarlanmış ve Doğu Akdeniz Bölgesinden elde edilen balık türlerinin metal

içerikleri yönünden insan tüketimine uygun olup olmadığı belirlenmiştir.

Örneklene balık dokularının tüketimi ile vücuda alınabilecek metal alım miktarları (EWIs) şu formüle göre hesaplanmıştır;

$$EWI (\mu\text{g}/\text{week}/70 \text{ kg body weight}) = (C \times FIR \times 7)$$

C (Konsantrasyon); balık dokularındaki ortalama metal derişimi (mg kg⁻¹ w.w.).

FIR (Beslenme Oranı); TÜİK (2017), verilerine göre Türkiye'de kişi başına düşen günlük balık tüketim miktarı yaklaşık olarak 15 g/ kişi/gündür.

Doku örneklerinden elde edilen sonuçların istatistiksel analizi t-testi, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Student-Newman Keuls (SNK) testleri ile SPSS 16.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

3. Bulgular Ve Tartışma

M. barbatus, *S. solea*, *D. sargus*, *S. japonicus*, *S. sarda*, *P. pagrus*, *S. undosquamis*, *T. mediterraneus*, *B. boops*, *M. cephalus*, *L. mormyrus*, *L. amia*, *O. melanura*, *S. aurata* ve *S. pilchardus* türlerinin kas dokularında ortalama metal derişimlerine ait veriler Tablo 2'de gösterilmektedir. Çalışmada Cd derişimleri doku örneklerinin tümünde tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur. Balık dokularının tümünde metal derişimleri şu şekilde değişiklik göstermiştir; Cr: 1.03 – 12.96 mg kg⁻¹ y.a., Mn: <0.0002 – 1.22 mg kg⁻¹ y.a., Fe: <0.001 – 45.71 mg kg⁻¹ y.a., Ni: <0.0006 – 1.39 mg kg⁻¹ y.a., Cu: <0.0006 – 1.77 mg kg⁻¹ y.a., Zn: 0.18 – 114.63 mg kg⁻¹ y.a., As: 0.41 – 26.76 mg kg⁻¹ y.a., Cd: <0.0004 mg kg⁻¹ y.a., Sn: <0.0004 – 3.43 mg kg⁻¹ y.a., Pb: <0.0003 – 0.17 mg kg⁻¹ y.a.

Tablo 2. Balık türlerinin kas dokularından tespit edilen metal düzeyleri

İstasyon	Tür	Cr*	Mn*	Fe*	Ni*	Cu*	Zn*	As*	Cd*	Sn*	Pb*
Taşucu	<i>M.b</i>	5.29 ^a ± 2.56	L.A ^a	5.12 ^a ± 1.97	L.A ^a	0.32 ^a ± 0.53	17.00 ^a ± 5.29	9.76 ^a ± 3.27	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>P.p</i>	5.06 ^a ± 2.09	L.A ^a	5.86 ^a ± 3.48	L.A ^a	0.27 ^a ± 0.54	13.56 ^a ± 4.61	9.06 ^a ± 2.05	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.u</i>	5.14 ^a ± 1.97	L.A ^a	6.89 ^a ± 4.05	L.A ^a	L.A ^a	14.13 ^a ± 4.76	4.21 ^b ± 1.97	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>T.m</i>	4.90 ^a ± 1.48	L.A ^a	9.52 ^a ± 3.36	L.A ^a	0.15 ^a ± 0.28	5.61 ^b ± 1.93	9.02 ^a ± 1.82	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
Erdemli	<i>M.b</i>	6.96 ^a ± 3.97	0.39 ^a ± 0.55	15.66 ^a ± 10.21	0.50 ^a ± 0.53	0.43 ^a ± 0.44	55.05 ^a ± 39.37	15.06 ^a ± 7.61	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>P.p</i>	5.56 ^{ab} ± 2.35	L.A ^a	7.98 ^a ± 3.71	0.25 ^{ab} ± 0.36	L.A ^b	46.67 ^{ab} ± 24.66	3.70 ^b ± 0.99	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.u</i>	3.62 ^{bc} ± 1.49	L.A ^a	6.40 ^a ± 3.19	0.32 ^{ab} ± 0.3	L.A ^b	27.40 ^{bc} ± 19.70	5.55 ^b ± 2.05	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>T.m</i>	2.15 ^c ± 0.83	L.A ^a	6.07 ^a ± 2.08	L.A ^b	0.24 ^{ab} ± 0.31	4.84 ^c ± 1.23	4.21 ^b ± 1.22	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>B.b</i>	3.71 ^{bc} ± 1.54	L.A ^a	12.52 ^a ± 9.61	L.A ^b	L.A ^b	9.33 ^c ± 2.70	2.79 ^b ± 0.93	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
Mersin Merkez	<i>M.b</i>	3.71 ^a ± 0.97	L.A ^a	7.22 ^a ± 3.21	0.14 ^a ± 0.26	L.A ^a	27.13 ^a ± 19.39	6.36 ^a ± 1.65	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>P.p</i>	2.56 ^a ± 1.22	L.A ^a	5.70 ^a ± 3.48	L.A ^a	L.A ^a	13.86 ^{bc} ± 6.39	11.16 ^b ± 3.76	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.u</i>	4.52 ^{ab} ± 3.09	0.06 ^a ± 0.17	4.58 ^a ± 2.97	L.A ^a	L.A ^a	21.72 ^{ab} ± 12.00	2.58 ^c ± 1.88	L.A ^a	0.10 ^a ± 0.28	L.A ^a
	<i>T.m</i>	2.51 ^a ± 0.61	L.A ^a	10.27 ^{ab} ± 4.26	L.A ^a	0.15 ^b ± 0.23	8.07 ^{bc} ± 2.80	2.26 ^c ± 0.63	L.A ^a	0.72 ^a ± 1.18	L.A ^a
	<i>D.s</i>	7.10 ^b ± 2.63	L.A ^a	5.63 ^a ± 2.49	L.A ^a	L.A ^a	10.24 ^{bc} ± 5.81	5.45 ^{ac} ± 2.42	L.A ^a	0.92 ^a ± 1.17	L.A ^a
	<i>S.s</i>	4.13 ^a ± 1.73	L.A ^a	2.86 ^{ac} ± 1.49	L.A ^a	L.A ^a	7.55 ^c ± 2.70	2.78 ^c ± 1.18	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>M.s</i>	6.81 ^b ± 2.97	L.A ^a	8.81 ^{ab} ± 6.66	L.A ^a	L.A ^a	9.80 ^{bc} ± 3.56	7.96 ^{ab} ± 2.40	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
Karaduvar	<i>S.p</i>	3.70 ^a ± 2.72	0.06 ^a ± 0.17	14.96 ^a ± 10.81	L.A ^a	0.54 ^a ± 0.13	8.28 ^a ± 3.86	2.50 ^a ± 1.40	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>M.c</i>	2.49 ^a ± 1.36	L.A ^b	11.49 ^b ± 2.33	L.A ^a	0.24 ^a ± 0.19	11.28 ^a ± 4.12	1.08 ^b ± 0.23	L.A ^a	0.19 ^b ± 0.25	L.A ^a
İskenderun	<i>S.p</i>	2.63 ^a ± 1.42	L.A ^a	19.02 ^a ± 15.57	L.A ^a	0.52 ^a ± 0.34	7.59 ^a ± 3.13	2.88 ^a ± 0.87	L.A ^a	0.51 ^a ± 0.98	L.A ^a
	<i>M.c</i>	3.32 ^a ± 0.99	0.32 ^b ± 0.28	0.09 ^b ± 0.15	0.04 ^a ± 0.06	0.74 ^a ± 0.64	4.12 ^a ± 1.77	1.30 ^a ± 0.40	L.A ^a	L.A ^a	0.03 ^a ± 0.05
	<i>O.m</i>	2.73 ^a ± 0.44	0.18 ^b ± 0.08	0.01 ^b ± 0.00	0.07 ^a ± 0.11	0.20 ^a ± 0.08	4.54 ^a ± 1.93	2.36 ^a ± 1.34	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
Samandağ	<i>S.j</i>	6.88 ^a ± 2.42	L.A ^a	6.64 ^a ± 2.91	L.A ^a	L.A ^a	9.41 ^a ± 2.98	3.22 ^a ± 0.74	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.sa</i>	2.24 ^a ± 0.13	L.A ^a	2.71 ^a ± 0.87	L.A ^a	L.A ^a	3.82 ^a ± 0.15	1.84 ^a ± 0.13	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.s</i>	3.23 ^a ± 0.58	0.23 ^b ± 0.03	L.A ^b	L.A ^a	0.10 ^a ± 0.08	5.22 ^a ± 0.42	4.21 ^a ± 0.75	L.A ^a	L.A ^a	0.04 ^a ± 0.07
	<i>L.m</i>	3.83 ^a ± 0.72	0.28 ^b ± 0.12	0.05 ^b ± 0.07	0.22 ^a ± 0.26	0.45 ^b ± 0.29	4.48 ^a ± 0.52	2.82 ^a ± 1.29	L.A ^a	L.A ^a	0.06 ^a ± 0.03
	<i>L.ai</i>	2.60 ^a ± 0.74	0.18 ^b ± 0.03	0.03 ^b ± 0.02	0.10 ^b ± 0.03	0.68 ^b ± 0.31	4.95 ^a ± 0.55	6.35 ^a ± 0.71	L.A ^a	L.A ^a	0.01 ^a ± 0.03
	<i>D.s</i>	3.13 ^a ± 0.54	0.23 ^b ± 0.04	0.01 ^b ± 0.00	0.04 ^a ± 0.07	0.22 ^b ± 0.02	5.48 ^a ± 0.84	3.90 ^a ± 1.69	L.A ^a	L.A ^a	L.A ^a
	<i>S.a</i>	3.83 ^a ± 0.64	0.21 ^b ± 0.02	0.01 ^b ± 0.00	L.A ^a	0.14 ^b ± 0.08	5.12 ^a ± 0.53	4.26 ^a ± 0.30	L.A ^a	L.A ^a	0.02 ^a ± 0.05

* $\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$ (min – max) = Aritmetik ortalama ± Standart hata (en düşük derişim – en yüksek derişim).

SNK; a, b ve c harfleri aynı istasyonlarda ki balık türleri arasında aynı metalin derişim farkını göstermek amacıyla kullanılmıştır. Farklı harfler ile gösterilen veriler arasında $P < 0.05$ düzeyde anlamlı farklılık vardır.

M.B = *Mullus barbatus*; P.P = *Pagrus pagrus*; S.U = *Saurida undosquamis*; T.M = *Trachurus mediterraneus*; B.B = *Boops boops*; D.S = *Diplodus sargos*; S.S = *Solea solea*; S.P = *Sardina pilchardus*; M.C = *Mugil cephalus*; O.M = *Oblada melanura*; S.J = *Scomber japonicus*; S.Sa = *Sarda sarda*; L.M = *Lithognathus mormyrus*; L.Ai = *Lichia amia*; S.A = *Sparus aurata*

L.A = Deteksiyon limitinin altında

Tablo 2 incelendiğinde ortalama Cr derişiminin Mersin (Merkez) istasyonundan elde edilen *D. sargos* türünde, ortalama Mn, Ni, Zn ve As derişimlerinin Erdemli'den elde edilen *M. barbatus*'ta, ortalama Fe ve Cu derişimlerinin sırasıyla İskenderun'dan elde edilen *S. pilchardus* ve *M. cephalus*, ortalama Sn derişiminin ise Mersin (Merkez)'den elde edilen *D. sargos* türünde, ortalama Pb derişimlerinin ise Samandağ'dan elde edilen *L. mormyrus* diğer balık türleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

3.1 Krom

Krom doğada genellikle iki değerlikli yapıda bulunmaktadır; trivalent (Cr^{3-}) and hegzavalent (Cr^{6-}) krom [26]. Trivalent krom canlı metabolizmalarda lipit ve proteinlerin kullanımında görev alan esansiyel bir mineral olup, hegzavalent krom karsinogeniktir [27]. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (US EPA), Cr^{+3} ve Cr^{+6} 'nın oral Referans Derişiminin (RfD) sırasıyla günlük 1500 ve 3 $\mu g/kg$ olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde Cr alımının insanlarda sağlık sorunlarına yol açabileceğini belirtmiştir.

Çalışmada Taşucu, Erdemli, Mersin (Merkez), Karaduvar, İskenderun ve Samandağ istasyonlarından elde edilen balık türlerinin kas dokularında ortalama Cr derişimlerinin 2.15 – 7.10 $mg\ kg^{-1}$ y.a. arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Mersin (Merkez) istasyonundan elde edilen *D. sargos* türünde ortalama Cr derişimlerinin en yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz'den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Cr derişimlerinin, 1.06 – 2.07 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [17], 1.14 – 1.71 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [28], 0.07 – 6.46 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [29] ve 0.04 – 0.07 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [30] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Karayakar, Karayutug [31], Mersin Körfezi'nden elde edilen balık türlerinde Cr derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında olduğunu rapor etmişlerdir.

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Cr derişimlerinin 0.06–0.84 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [32], 0.95 - 1.98 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [33], 0.07 - 1.48 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [34] ve 0.03 - 2.08 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [35] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Türkiye'de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Cr derişimlerinin 0.05 – 2.23 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [36] ve 0.19 – 2.80 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [22] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Cr derişimlerinin geçmiş çalışmalar ile karşılaştırıldığında daha yüksek seviyelerde olduğu ve Doğu Akdeniz bölgesi sucul ekosisteminde yıllar içinde Cr konsantrasyonlarının artış göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

3.2 Manganez

Günlük düşük miktarlarda manganez alımının insanlarda büyüme ve sağlıklı gelişim için gerekli olduğu bildirilmiştir [27]. US EPA Mn'in oral RfD'in günlük 140 $\mu g/kg$ olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde Mn alımının insanlarda sağlık sorunlarına yol açabileceğini rapor etmiştir.

Çalışmada Taşucu, Erdemli, Mersin (Merkez), Karaduvar, İskenderun ve Samandağ istasyonlarından elde edilen balık türlerinin kas dokularında ortalama Mn derişimlerinin $<0.0002 - 0.39\ mg\ kg^{-1}$ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Mn derişimi Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz'den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Mn derişimlerinin, 0.05 – 4.64 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [29], 0.11 – 0.64 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [30] ve 0.37 – 0.83 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [37] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Mn derişimlerinin, 0.90-2.50 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [38], 1.28–7.40 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [33], 0.03-1.72 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [34] ve 0.07-3.62 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [35] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir. Türkiye'de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Mn derişimlerinin 0.07 – 1.13 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [36] ve 0.08 – 3.88 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [22] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Mn derişimlerinin geçmiş çalışmalar ile karşılaştırıldığında benzer düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.3 Demir

Demir, birçok canlı için esansiyel bir element olup, demir eksikliğinin insanlarda anemiye neden olabileceği bilinmektedir [27]. Fe için US EPA tarafından belirlenmiş bir oral RfD'i bulunmamaktadır. Fakat Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Fe'in tolere edilebilir üst limitinin (PTWI) değerinin günlük 800 $\mu g/kg$ olduğunu ve yüksek derişimlerde demir alımının insanlarda Parkinson, Alzheimer ve tip 2 diabet gibi hastalıklara yol açabileceği belirtilmiştir [39].

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Fe derişimlerinin $<0.001 - 19.02\ mg\ kg^{-1}$ y.a. arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz'den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Fe derişimlerinin 30.70 – 57.20 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [40], 32.20 – 129.00 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [17], 20.65 – 56.7 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [28], 20.65 – 66.38 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [29], 29.70 – 56.70 $mg\ kg^{-1}$ k.a. [41] ve 0.21 – 3.59 $mg\ kg^{-1}$ y.a. [30] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında

ortalama Fe derişimlerinin 68.60 – 163.00 mg kg⁻¹ k.a. [33], 9.18 – 136.00 mg kg⁻¹ y.a. [34] ve 5.15 -135.00 mg kg⁻¹ y.a. [35] arasında değişiklik rapor edilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Fe derişimlerinin 10.03 – 13.52 [22] ve 6.64 – 8.67 mg kg⁻¹ y.a. [42] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Fe derişimlerinin geçmiş çalışmaların birçoğu ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.4 Nikel

Nikel yer kabuğunda düşük derişimlerde doğal olarak bulunun bir element olup, demirin bağırsaklardan emilim sürecinde ko-faktör olarak rol oynadığı düşünölmektedir [43]. US EPA Ni’in oral RfD’in günlük 20 µg/kg olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde Ni alımının insanlarda dolaşım sistemi hasarlarına ve karsinogenik etkilere sebep olabileceğini rapor etmiştir.

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Ni derişimlerinin <0.0006 – 0.50 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Cr derişimi Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz’den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Ni derişimlerinin 1.89 – 6.07 mg kg⁻¹ k.a. [17], 0.11–12.88 mg kg⁻¹ k.a. [29], 0.29 – 1.34 mg kg⁻¹ y.a. [28], 0.06 – 0.37 mg kg⁻¹ y.a. [30] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Ni derişimlerinin, 0.42–0.85 mg kg⁻¹ [38], 1.92–5.68 mg kg⁻¹ k.a [33], 0.03–1.72 mg kg⁻¹ y.a [34] ve 0.01-3.43 mg kg⁻¹ y.a. [35] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Ni derişimlerinin 0.14 -0.19 mg kg⁻¹ y.a. [36] ve 0.14 – 0.26 mg kg⁻¹ y.a. [22] arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Ni derişimlerinin geçmiş çalışmaların birçoğu ile benzer düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.5 Bakır

Bakır insanların sağlıklı yaşam ve gelişimleri için ihtiyaç duydukları esansiyel bir element olup, yüksek derişimlerde vücuda alındığında karaciğer ve böbrek hasarları gibi sağlık sorunlarına yol açabileceği rapor edilmiştir [26]. Cu için US EPA tarafından belirlenmiş bir oral RfD’i bulunmamaktadır. Fakat WHO Cu’nun günlük PTWI değerinin 500 µg/kg olduğunu rapor etmiştir.

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Cu derişimlerinin <0.0006 – 0.74 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Cu derişimi İskenderun istasyonundan elde edilen *M. cephalus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz’den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Cu derişimlerinin 2.26 – 6.15 mg kg⁻¹ k.a. [17], 0.04 – 5.43 mg kg⁻¹ k.a. [29], 8.30 – 17.50 mg kg⁻¹ k.a. [41], 1.06 – 2.09 mg kg⁻¹ y.a. [30] ve 1.06 – 3.41 mg kg⁻¹ k.a. [31] arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir. Mersin Körfezinden elde edilen sucul canlıların kas

dokularında yapılan yakın tarihli bir çalışmada Cu düzeylerinin 0.77 – 9.20 mg kg⁻¹ k.a. arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir [44].

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Cu derişimlerinin, 1.10–2.50 mg kg⁻¹ y.a., [38], 0.73–1.83 mg kg⁻¹ k.a. [33] ve 0.51–7.05 mg kg⁻¹ y.a. [34] arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Cu derişimlerinin 0.35 – 0.72 mg kg⁻¹ y.a., [22] ve 1.23 – 3.03 mg kg⁻¹ y.a., [42] arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Cu derişimlerinin geçmiş çalışmaların birçoğu ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.6 Çinko

Çinko tüm canlılar için ihtiyaç duyulan esansiyel bir element olup metalloenzim, DNA, protein sentezi ve hücre bölünmesi gibi fizyolojik olaylarda görev almaktadır [26]. Zn için US EPA tarafından belirlenmiş bir oral RfD’in bulunmamaktadır. WHO Zn’nun PTWI değerinin günlük 500 µg/kg olduğunu bu limitlerin üzerinde Zn alımının büyüme ve üreme sistemi üzerinde olumsuz etkiler gösterebileceği bildirilmiştir [45].

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Zn derişimlerinin 3.82 – 55.05 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Zn derişimi Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz’den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Zn derişimlerinin 16.10 – 33.60 mg kg⁻¹ k.a. [17], 0.60 – 11.57 mg kg⁻¹ k.a. [29], 19.31 – 47.25 mg kg⁻¹ y.a. [28], 21.5 – 34.5 mg kg⁻¹ k.a. [41], 1.06 – 2.09 mg kg⁻¹ y.a. [30] ve 2.36 – 15.78 mg kg⁻¹ k.a. [31] arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir. Mersin Körfez’inde avlanılan sucul canlıların kas dokularında Zn derişimlerinin ise yapılan başka bir çalışmada 24.32 – 67.65 mg kg⁻¹ k.a. arasında değişim gösterdiği bildirilmiştir [44].

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Zn derişimlerinin, 7.57–34.4 mg kg⁻¹ w.w. [38], 35.4–106 mg kg⁻¹ k.a. [33] ve 3.51–53.50 mg kg⁻¹ y.a [34] arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Zn derişimlerinin 11.75 – 23.58 mg kg⁻¹ y.a., [22] ve 14.18 – 17.63 mg kg⁻¹ y.a., [42] arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Zn derişimlerinin geçmiş çalışmaların birçoğu ile karşılaştırıldığında benzer düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.7 Arsenik

Arsenik yer kürede doğal olarak oluşan ve geniş yayılım gösterebilen bir elementtir. İnsanlar için arseniğin temel bulaşma kaynaklarının içme suları ve besinler olduğu bilinmektedir. US EPA As’in oral RfD’in günlük 0.3 µg/kg olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde As alımının insanlarda dermatit, düşük nöron iletişimi ve akciğer kanserlerine neden olabileceğini rapor etmiştir [27].

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama As derişimlerinin 1.08 – 15.06 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek As derişimi Erdemli istasyonundan elde edilen *M. barbatus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz’den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama As derişimlerinin 5.57 – 52.41 mg kg⁻¹ y.a. [46], 0.01–54.80 mg kg⁻¹ y.a [47], 1.53 – 11.02 mg kg⁻¹ y.a. [5] ve 30.76–59.91 mg kg⁻¹ y.a. [48] değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama As derişimlerinin 5.43 – 28.57 mg kg⁻¹ y.a., [36] ve 3.04 – 10.24 mg kg⁻¹ y.a. [22] arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama As derişimlerinin geçmiş çalışmaları birçoku ile karşılaştırıldığında daha düşük düzeylerde olduğu görülmektedir.

3.8 Kadmiyum

Kadmiyum doğada genellikle düşük miktarlarda bulunan bir element olup çinko, bakır, kurşun gibi maden çalışmalarının yan ürünü olarak oluşmaktadır [26]. Sigara içmeyen insanlar için en temel kadmiyum kaynağının besinler olduğu bilinmektedir [49]. US EPA Cd’un oral RfD’in günlük 1 µg/kg olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde Cd alımının insanlarda böbrek, karaciğer, iskelet ve üreme sistemi hasarlarına neden olabileceğini rapor etmiştir.

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinin kas dokularında Cd derişimlerinin tüm örneklerde tespit edilebilir limitlerin altında bulunduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda Akdeniz’den elde edilen çeşitli balık ve sucul canlı türlerinin tüketilebilir kas dokularında ortalama Cd derişimlerinin 0.61 -1.43 mg kg⁻¹ k.a. [17], 0.64 – 1.26 mg kg⁻¹ k.a. [50], 0.01 – 4.16 mg kg⁻¹ k.a. [29], 1.10 – 3.10 mg kg⁻¹ k.a. (Coğun et al., 2006), 0,03 – 0,20 mg kg⁻¹ y.a. (Ersoy & Çelik, 2010), 0,20 – 0,73 mg kg⁻¹ k.a. [31] arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir. Yakın zamanda yapılan başka bir çalışmada Mersin Körfez’inde avlanılan sucul canlıların kas dokularında Cd derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında bulunduğu bildirilmiştir [44].

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Cd derişimlerinin, 0.06–0.25 mg kg⁻¹ y.a [38], 0.45–0.90 mg kg⁻¹ k.a. [33] ve <0.01–0.39 mg kg⁻¹ y.a [34] arasında değişiklik gösterdiği rapor edilmiştir.

Son yıllarda yapılan çalışmalarda Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Cd derişimlerinin tespit edilebilir limitlerin altında bulunduğu [22, 42] ve bu çalışma ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak Türkiye’nin Doğu Akdeniz bölgesinde Cd kirliliğinin yıllara bağlı olarak azalış gösterdiği ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturacak düzeylerde olmadığı düşünülmektedir.

3.9 Kalay

Kalay insan vücuduna genel olarak konserve ürünler, diş pastaları ya da sucul ürünlerin tüketilmesi yolu ile girebilmektedir [26]. Sn için US EPA tarafından belirlenmiş bir oral RfD değeri bulunmamaktadır. Fakat

WHO Sn’in PTWI değerinin günlük 2000 µg/kg olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde kalayın insanlarda böbrek ve karaciğer hasarlarına, gastrointestinal iritasyon, ishal, bulantı, kusma ve anemi gibi sorunlara yol açabileceği belirtilmiştir [27].

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Sn derişimlerinin <0.0004 – 0.92 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Sn derişimi Mersin (Merkez) istasyonundan elde edilen *D. sargus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

Sucul canlı türlerinde kalay derişimleri ile ilgili Doğu Akdeniz bölgesinden ya da Türkiye’nin diğer denizlerinden elde edilmiş çalışma bulunmamaktadır. Fakat yakın zamanlarda yapılan çalışmalarda Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinin kas dokularında ortalama Sn derişimlerinin 0.14 – 0.46 mg kg⁻¹ y.a [36] ve 0.30 – 1.54 mg kg⁻¹ y.a [22] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Araştırma sonucu ile edilen bulgular incelendiğinde, Sn derişimlerinin geçmiş yıllar ile benzerlik taşıdığı görülmektedir.

Buna ek olarak, Gürcistan, İspanya ve İran’da tüketime sunulan sucul canlılarda Sn derişimlerinin sırasıyla 0.04–28.7 mg kg⁻¹ y.a. [27], 0.01-0.75 mg kg⁻¹ y.a. [51] ve 0.05-0.9 mg kg⁻¹ y.a. [52] arasında değişim gösterdiği rapor edilmiştir.

3.10 Kurşun

Pb için US EPA tarafından belirlenmiş bir oral RfD değeri bulunmamaktadır. Fakat WHO Pb’un PTWI değerinin haftalık 25 µg/kg olduğunu ve bu derişimlerin üzerinde kurşun alımının insanlarda hafıza kayıpları, zeka gerilikleri, nörotransmitter dengesizliklere, kardiyovasküler hastalıklara, böbrek ve karaciğer hasarlara neden olabileceği bildirilmiştir [27].

Çalışmada farklı istasyonlardan elde edilen balık türlerinde ortalama Pb derişimlerinin <0.0003 – 0.06 mg kg⁻¹ y.a. arasında değişim göstermiştir. En yüksek Pb derişimi Samandağ istasyonundan elde edilen *L. mormyrus* türünün kas dokularında tespit edilmiştir.

4.43 – 9.11 mg kg⁻¹ k.a. [17], 0.09 – 6.95 mg kg⁻¹ k.a. [29], 5.70 – 9.4 1.10 – 3.10 mg kg⁻¹ k.a. [41] ve 0.12 – 0.58 mg kg⁻¹ y.a. [30] arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Mersin Körfezinden elde edilen balık türlerinde yapılan çalışmalarda ise Pb derişimleri tespit edilebilir limitlerin altında bulunmuştur [31, 44].

Akdeniz, Karadeniz, Ege ve Marmara gibi çeşitli denizlerden elde balık ve su ürünlerinin kas dokularında ortalama Pb derişimlerinin 0.21–1.28 mg kg⁻¹ y.a (Türkmen et al, 2009) ve 0.33–0.93 mg kg⁻¹ k.a (Uluozlu et al. 2007) arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir.

Türkiye’de tüketime sunulan sucul canlı türlerinde ise ortalama Pb derişimlerinin 0.16 – 0.91 mg kg⁻¹ y.a. [22] ve 0.29 – 0.81 mg kg⁻¹ y.a. [42] değişim gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada balık türlerinde tespit edilen ortalama Pb derişimlerinin özellikle geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar ile karşılaştırıldığında düşük düzeylerde olduğu ve Doğu Akdeniz’de yıllar içerisinde kurşun derişimlerinin azalmış olabileceği düşünülmektedir.

3.11 Risk Analizi

Dünyada çeşitli organizasyonlar bazı ağır metallerin gıda maddelerinde bulunabilme oranlarına sınırlamalar

Sn	980000	<0.0004	<0.0004	<0.0004 – 96.60	<0.0004 – 19.95	<0.0004 – 53.55	<0.0004
Pb	1750	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003 – 3.15	<0.0003 – 6.30

^a 70 kg ağırlığında erişkin bir insan için PTWI değeri ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı).

^b EWI, her istasyon için balık tüketimi ile vücuda alınabilecek ortalama metal miktarı ($\mu\text{g}/\text{hafta}/70 \text{ kg}$ vücut ağırlığı)

^w Kas dokularında krom iyonlarının tamamen Cr^{+3} yada Cr^{+6} olduğu farz edilerek hesaplanmıştır.

^z Arsenik konsantrasyonları total arsenic olarak hesaplanmış ve 3.5 dönüştürme katsayısı kullanılarak inorganik arsenic miktarına dönüşümleri yapılmıştır [22].

Tolere edilebilir günlük alım miktarı, bir maddenin vücut ağırlığı temel alınarak ifade edilen ve tüm yaşam boyunca herhangi bir risk olmadan her gün tüketilebilir olan miktardır. Bir metalin tolere edilebilir günlük alım miktarı tüketilen besinin içerisindeki metal derişimine ve tüketilen besinin miktarına bağlı olarak değışiklik göstermektedir. TÜİK (2017), verilerine göre Türkiye’de günlük ortalama balık tüketim miktarı kişi başı 15 g’dır. Buda kişi başı haftalık 105 gr balık tüketimine denk gelmektedir. Tablo 4’da 70 kg ağırlığında bir insanın haftalık 105 gr balık tüketimi varsayılarak vücuda alınabilecek metal derişimleri hesaplanmış ve elde edilen veriler metallerin PTWI değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonunda analiz edilen örneklerde tüketim ile vücuda alınabilecek ortalama metal derişimlerinin, metallerin PTWI değerlerinin oldukça altında olduğu tespit edilmiş ve balık örneklerinin insan tüketimi açısından sağlık sorunlarına yol açmayabileceği düşüncesine varılmıştır. Fakat Erdemli ve Mersin (Merkez) istasyonundan elde edilen *M. barbatus* ve *P. pagrus* türlerinde As için hesaplanan EWI değerlerinin risk seviyesinden yaklaşık olarak 3 kat düşük olmasına rağmen sırasıyla haftalık 278.88 ve 376.34 g tüketilmesi durumunda, As konsantrasyonları açısından risk taşıyabileceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkürler

Bu proje Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklemiştir (**Proje Numarası: 2018-2-TP2-2918**).

Kaynaklar

- Martí-Cid, R., et al., *Intake of chemical contaminants through fish and seafood consumption by children of Catalonia, Spain: health risks*. Food and Chemical Toxicology, 2007. **45**(10): p. 1968-1974.
- Jevšnik, M., V. Hlebec, and P. Raspor, *Consumers’ awareness of food safety from shopping to eating*. Food control, 2008. **19**(8): p. 737-745.
- Uysal, K., Y. Emre, and E. Köse, *The determination of heavy metal accumulation ratios in muscle, skin and gills of some migratory fish species by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry (ICP-OES) in Beymelek Lagoon (Antalya/Turkey)*. Microchemical journal, 2008. **90**(1): p. 67-70.
- Tou, J.C., J. Jaczynski, and Y.-C. Chen, *Krill for human consumption: nutritional value and potential health benefits*. Nutrition reviews, 2007. **65**(2): p. 63-77.
- Copat, C., et al., *Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: consumption advisories*. Food and Chemical Toxicology, 2013. **53**: p. 33-37.
- Sidhu, K.S., *Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil*. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2003. **38**(3): p. 336-344.
- Castro-González, M. and M. Méndez-Armenta, *Heavy metals: Implications associated to fish consumption*. Environmental toxicology and pharmacology, 2008. **26**(3): p. 263-271.
- Costa, L.G., *Contaminants in fish: risk-benefit considerations*. Arhiv za higijenu rada i toksikologiju, 2007. **58**(3): p. 367-374.
- Verbeke, W., et al., *Consumer perception versus scientific evidence about health benefits and safety risks from fish consumption*. Public health nutrition, 2005. **8**(4): p. 422-429.
- Zhao, Y.G., et al., *Risk assessment for human consumption of perfluorinated compound-contaminated freshwater and marine fish from Hong Kong and Xiamen*. Chemosphere, 2011. **85**(2): p. 277-283.
- Julshamn, K., et al., *Norwegian monitoring programme on the inorganic and organic contaminants in fish caught in the Barents Sea, Norwegian Sea and North Sea, 1994–2001*. Food additives and contaminants, 2004. **21**(4): p. 365-376.
- Has-Schön, E., I. Bogut, and I. Strelec, *Heavy metal profile in five fish species included in human diet, domiciled in the end flow of River Neretva (Croatia)*. Archives of environmental contamination and toxicology, 2006. **50**(4): p. 545-551.
- Bettini, S., F. Ciani, and V. Franceschini, *Recovery of the olfactory receptor neurons in the African Tilapia mariae following exposure to low copper level*. Aquatic toxicology, 2006. **76**(3-4): p. 321-328.
- Imamura, T., H. Ide, and H. Yasunaga, *History of public health crises in Japan*. Journal of public health policy, 2007. **28**(2): p. 221-237.
- Woody, C.A., et al., *The mining law of 1872: Change is overdue*. Fisheries, 2010. **35**(7): p. 321-331.
- Hyndman, D., *Academic responsibilities and representation of the Ok Tedi crisis in postcolonial Papua New Guinea*. The Contemporary Pacific, 2001. **13**(1): p. 33-54.
- Kalay, M., Ö. Ay, and M. Canli, *Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea*. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1999. **63**(5): p. 673-681.
- TÜİK. *Türkiye İstatistik Kurumu Yıllara Göre İl Nüfusları*. 2016; Available from: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059 Erişim:27.01.2017.
- Yılmaz, D., et al., *Assessment of biological effects of environmental pollution in Mersin Bay (Turkey, northeastern Mediterranean Sea) using Mullus barbatus and Liza ramada as target organisms*. Environmental Pollution, 2016. **208**: p. 361-370.
- Say, N., et al., *Transformation of Land Use/Land Cover (LULC) Under Rapid Urbanization in Adana, Turkey*. Fresen. Environ. Bull, 2017. **26**(5): p. 3479-3485.
- Sarihan, E., et al., *İskenderun Demir Çelik Fabrikasından Çıkan Cürufun Yapısı, Çözünürlüğü ve Denizel Ortama Olası Etkileri*. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 2006. **23**: p. 127-134.
- Korkmaz, C., et al., *Heavy metal levels in muscle tissues of Solea solea, Mullus barbatus, and Sardina pilchardus marketed for consumption in Mersin, Turkey*. Water, Air, & Soil Pollution, 2017. **228**(8): p. 315.
- Wang, X., et al., *Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish*. Science of the Total Environment, 2005. **350**(1-3): p. 28-37.

24. Muramoto, S., *Elimination of copper from Cu-contaminated fish by long-term exposure to EDTA and fresh water*. Journal of Environmental Science & Health Part A, 1983. **18**(3): p. 455-461.
25. El-Moselhy, K.M., et al., *Bioaccumulation of heavy metals in some tissues of fish in the Red Sea, Egypt*. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences, 2014. **1**(2): p. 97-105.
26. Eisler, R., *Handbook of Chemical Risk Assessment: Health Hazards to Humans, Plants, and Animals, Three Volume Set*. 2000: CRC press.
27. Ikem, A. and N.O. Egiebor, *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, 2005. **18**(8): p. 771-787.
28. Yılmaz, A.B., *Comparison of heavy metal levels of grey mullet (*Mugil cephalus* L.) and sea bream (*Sparus aurata* L.) caught in Iskenderun Bay (Turkey)*. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 2005. **29**(2): p. 257-262.
29. Türkmen, A., et al., *Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey*. Food Chemistry, 2005. **91**(1): p. 167-172.
30. Ersoy, B. and M. Çelik, *The essential and toxic elements in tissues of six commercial demersal fish from Eastern Mediterranean Sea*. Food and chemical toxicology, 2010. **48**(5): p. 1377-1382.
31. Karayakar, F., et al., *Heavy metal levels in five species of fish caught from Mersin Gulf*. Fresenius Environmental Bulletin, 2010. **19**(10): p. 2222-2226.
32. Topcuoğlu, S., Ç. Kırbasoğlu, and N. Güngör, *Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997–1998*. Environment International, 2002. **27**(7): p. 521-526.
33. Uluozlu, O.D., et al., *Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey*. Food chemistry, 2007. **104**(2): p. 835-840.
34. Türkmen, M., et al., *Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas*. Food chemistry, 2009. **113**(1): p. 233-237.
35. Ateş, A., M. Türkmen, and Y. Tepe, *Assessment of heavy metals in fourteen marine fish species of four turkish seas*. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 2015. **44**(1): p. 49-55.
36. Korkmaz, C., A. Özcan, and Ç. Çolakfakioğlu, *Mersin İlinde Tüketime Sunulan Kabuklu ve Yumuşakça Türlerinin Kas Dokularında Ağır Metal Düzeyleri*. Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2016. **12**(2): p. 101-109.
37. Elnabris, K.J., S.K. Muzyed, and N.M. El-Ashgar, *Heavy metal concentrations in some commercially important fishes and their contribution to heavy metals exposure in Palestinian people of Gaza Strip (Palestine)*. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences, 2013. **13**(1): p. 44-51.
38. Tuzen, M. and M. Soylak, *Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey*. Food Chemistry, 2007. **101**(4): p. 1378-1382.
39. Killilea, D.W., et al., *Iron accumulation during cellular senescence in human fibroblasts in vitro*. Antioxidants and Redox Signaling, 2003. **5**(5): p. 507-516.
40. Kargin, F., *Seasonal changes in levels of heavy metals in tissues of *Mullus barbatus* and *Sparus aurata* collected from Iskenderun Gulf (Turkey)*. Water, Air, and Soil Pollution, 1996. **90**(3-4): p. 557-562.
41. Coğun, H., et al., *Metal concentrations in fish species from the northeast Mediterranean Sea*. Environmental monitoring and assessment, 2006. **121**(1-3): p. 431-438.
42. Korkmaz, C., et al., *Heavy Metal Levels in some Edible Crustacean and Mollusk Species Marketed in Mersin*. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences, 2018: p. 1-7.
43. Das, K., S. Das, and S. Dhundasi, *Nickel, its adverse health effects & oxidative stress*. Indian Journal of Medical Research, 2008. **128**(4): p. 412.
44. Karayakar, F., O. Bavbek, and B. Cıçık, *Mersin Körfezi'nde Avlanan Balık Türlerindeki Ağır Metal Düzeyleri*. Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research, 2017. **3**(3): p. 141-150.
45. Duruibe, J.O., M. Ogwuegbu, and J. Egwurugwu, *Heavy metal pollution and human biotoxic effects*. International Journal of physical sciences, 2007. **2**(5): p. 112-118.
46. Storelli, M. and G. Marcotrigiano, *Interspecific variation in total arsenic body concentrations in elasmobranch fish from the Mediterranean Sea*. Marine pollution bulletin, 2004. **11**(48): p. 1145-1149.
47. Bilandžić, N., M. Đokić, and M. Sedak, *Metal content determination in four fish species from the Adriatic Sea*. Food Chemistry, 2011. **124**(3): p. 1005-1010.
48. Perugini, M., et al., *Heavy metal (As, Cd, Hg, Pb, Cu, Zn, Se) concentrations in muscle and bone of four commercial fish caught in the central Adriatic Sea, Italy*. Environmental monitoring and assessment, 2014. **186**(4): p. 2205-2213.
49. Cirillo, T., et al., *Survey of lead, cadmium, mercury and arsenic in seafood purchased in Campania, Italy*. Food Additives and Contaminants: Part B, 2010. **3**(1): p. 30-38.
50. Canli, M., M. Kalay, and Ö. Ay, *Metal (Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Cr, Ni) concentrations in tissues of a fish *Sardina pilchardus* and a prawn *Peaenus japonicus* from three stations on the Mediterranean Sea*. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 2001. **67**(1): p. 75-82.
51. Olmedo, P., et al., *Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers*. Environment international, 2013. **59**: p. 63-72.
52. Pourjafar, H., R. Ghasemnejad, and N. Noori, *Heavy metals content of canned tuna fish marketed in Tabriz, Iran*. Iranian Journal of Veterinary Medicine, 2014. **8**(1): p. 9-14.