

# Türkiye Denizleri'nden Yakalanan Dil Balığı (*Solea solea* L., 1758) Türünün Kas ve Karaciğer Dokularında Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi

Aysun TÜRKMEN\*

\* Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Giresun, TÜRKİYE

Sorumlu yazar: [aturkmen72@hotmail.com](mailto:aturkmen72@hotmail.com)

## Özet

Bu çalışmada Türkiye denizlerinden dil balığı (*Solea solea* L., 1758) türünün kas ve karaciğer dokularında ağır metal düzeyleri (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni and Zn) incelenmiştir. Analiz edilen balıklarda ağır metal düzeyleri mg kg<sup>-1</sup> olarak kas dokuda; Cd: 0,02-0,38, Co: <0,01-0,43, Cr: 0,11-1,78, Cu: 0,30-1,82, Fe: 7,19-59,7, Mn: 0,08-1,11, Ni: 0,01-3,27, Pb: 0,17-1,13, Zn: 4,05-6,80, karaciğerde; Cd: 0,07-0,91, Co: 0,19-0,95, Cr: 0,43-3,93, Cu: 1,61-41,7, Fe: 48,0-179, Mn: 0,59-3,64, Ni: 0,35-7,63, Pb: 0,89-4,29, Zn: 13,0-51,2 düzeylerinde bulunmuştur. Karaciğerdeki metal düzeyleri kas dokudakilerden daha yüksek bulunmuştur. Balıkların yenilebilir kas dokularındaki hesaplanan düzeyler insan tüketimi için önerilen tolere edilebilir günlük (TGA) ve haftalık (THA) alımlarla kıyaslandığında bu değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla analiz edilen balıklar, bölgeler ve çalışmanın yapıldığı zaman açısından değerlendirildiğinde yenilebilir kas dokudaki düzeylerin insan beslenmesinde metal kirliliği bakımından herhangi bir risk oluşturmadığı söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Metaller, Balık, Tolere Edilebilir Alımlar, Dokular, Denizler

## Determination of Heavy Metal Levels in Liver and Muscle Tissues of *Solea solea* L., 1758 Caught from Seas of Turkey

### Abstract

In this study examined that heavy metal levels (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Ni and Zn) in liver and muscle tissues of *Solea solea* caught from two Turkish seas. Analysis of heavy metal levels in fish muscle tissue were determined as mg kg<sup>-1</sup>; 0,02-0,38 for Cd, <0,01-0,43 for Co, 0,11-1,78 for Cr, 0,30-1,82 for Cu, 7,19-59,7 for Fe, 0,08-1,11 for Mn, 0,01-3,27 for Ni, 0,17-1,13 for Pb, 4,05-6,80 for Zn and in liver tissue as mg kg<sup>-1</sup>; Cd: 0,07-0,91, Co: 0,19-0,95, Cr: 0,43-3,93, Cu: 1,61-41,7, Fe: 48,0-179, Mn: 0,59-3,64, Ni: 0,35-7,63, Pb: 0,89-4,29, Zn: 13,0-51,2, respectively. The levels of heavy metals examined were higher in the liver than the muscle tissues. Heavy metal accumulation in the edible muscle tissue of fish compared with Provisional Tolerable Daily Intakes (PTDI) and Provisional Tolerable Weekly Intakes (PTDWI) values for human consumption and these values were found to be well below. Consequently, fish samples were evaluated in terms of the time of the study and the region, levels of metal accumulation in edible muscle tissue may not negative influence for human health

**Keywords:** Metals, Fish, Tolerable Intake, Tissue, Seas

## **Giriş**

Günümüzde, aşırı nüfus artışı ve yoğun endüstriyel gelişim sonucu kirletici maddelerin miktarında çok büyük artış gözlenmiştir. Bu kirletici maddelerin zorunlu olarak doğrudan ve dolaylı doğaya verilmesi doğanın dengesinin hızla bozulmasına neden olmuştur. Kirletici maddelerin son durak olarak özellikle sucul ortamlara verilmesi ve bu ortamlarda insanoğlunun yaşantısını olumsuz yönde etkileyen fizikokimyasal ve biyolojik değişmelere neden olması, dünya üzerinde bu konuya karşı ilgi ve endişenin her geçen gün hızla artmasına neden olmuştur (Sunlu, 1990). Günümüzde giderek artan boyutlarda önem kazanan bu konu dünya nüfusunun beslenmesi, gelişen endüstrilerin ve daha uygar yaşama düzeyi sağlamak amacıyla sürdürülen çabaların istenilmeyen bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır (Anonim, 1982).

Metaller ve diğer atıklardan oluşan kirleticilerin çok çeşitli kaynaklardan ortaya çıkabilmeleri, yaygın kirlenme sebebi oluşturmaları, çevre koşullarına dayanıklı olmaları, daima biyolojik sistemlere yönelik etki göstermeleri ve kolaylıkla besin zincirine girerek canlılarda artan yoğunluklarda birikebilmeleri nedeniyle diğer kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Gündüz, 1984). İnsanların bazı kimyasal maddelere ve özellikle ağır metallere maruz kalmaları halinde ortaya çıkan halk sağlığı problemleri her geçen gün daha da artmaktadır. Hg, Pb, Cd, Co gibi ağır metaller toksik metallerdir. Organizmalar, bu maddelerin çok az bulunduğu doğal ortamlarda gelişimlerini sürdürdüklerinden, bunların toksik etkilerini ortadan kaldıracak bir mekanizmaya sahip değildirler (Parlak, 1985). Biyolojik çevrimin bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen (balık, kabuklular, yosunlar) organizmalarda giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması, ekolojik dengenin korunması ve tüketici açısından bu organizmaların içerdiği kirletici madde miktarının belirlenmesi ve elde edilecek sonuçlara göre önlemlerin zamanında alınması gerekmektedir (Ünsal, 1979).

Denizel ekosistemlerdeki ağır metal kirliliğinin araştırılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önem arz etmektedir. Farklı balık türleri kullanılarak bu ekosistemlerdeki ağır metal kirliliği üzerinde pek çok çalışma yapılmıştır (Türkmen ve ark., 2006, Keskin ve ark., 2007, Mishra ve ark., 2007, Uluozlu ve ark., 2007, Verep ve ark., 2007, Türkmen ve ark., 2008, Türkmen ve ark., 2009).

Ayrıca ülkemiz denizlerinden gerçekleştirilen bazı çalışmalarda gerek doğrudan deniz suyundan izole edilen bakterilerde gerekse de balıkların farklı organlarından izole edilen bakterilerde de yüksek düzeyde ağır metal dirençliliklerinin olduğu saptanmıştır (Matyar ve ark., 2010, Matyar ve ark., 2009). Farklı nitelikte bu çalışmaların ortak noktası ülkemiz denizlerindeki ağır metal kirliliğinin hızlı bir şekilde giderek arttığıdır. Türkiye 8333 km uzunluğunda sahil çizgisine sahip dört denizle çevrili olup, en önemli gelir kaynaklarından birisi balıkçılıktır. Bu denizlerin her biri farklı ekolojik özelliklere sahip olup, kirlenici kaynakları farklı olabileceği gibi kirlilik düzeyleri de farklılık arz edebilir. Bu yüzden bu bölgelerdeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı farklı ekolojik özelliklere ve kirlenici kaynaklara sahip olan bu denizlerde dağılım gösteren dil balığı (*Solea solea* L., 1758) türünün kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve insan sağlığı açısından değerlendirilmesidir.

### **Materyal ve Metot**

Bu çalışmada incelenen toplam 29 adet dil balığı, *Solea solea* L., 1758 örneği Aralık 2004 ve Nisan 2005 tarihleri arasında beş farklı noktadan (Şekil 1) ticari balıkçı tekneleri yardımıyla toplanmıştır. Örnekleme noktaları sırasıyla; Marmara Denizi'nde Yalova sahili ve açıkları (YLV); Ege Denizi'nde Kuzey Ege Denizi (KED) ve Orta Ege Denizi (OED) sahili ve açıkları; Akdeniz'de Mersin körfezi (MK) ve İskenderun Körfezi'dir (İK). Örnekleme periyodu boyunca toplanan balıklar içinde buz bulunan polietilen kaplarda laboratuara getirilerek doku örnekleri alınmadan önce toplam boy (mm) ve ağırlık (g) değerleri kaydedilmiştir. Balıklardan alınan 0.5 gram kas ve karaciğer (küçük balıklarda karaciğerin tamamı alınmıştır) örnekleri distile su ile yıkanarak, polietilen kaplarda kimyasal analiz yapılabilecek kadar -18 C de saklanmıştır.



Şekil 1. Örneklem istasyonları (YLV; Yalova sahil ve açıkları, KED; Kuzey Ege Denizi, OED; Orta Ege Denizi, MK; Mersin Körfezi, İK; İskenderun Körfezi)

Dondurulmuş doku örnekleri oda sıcaklığında bekletildikten sonra mikser ile parçalanarak homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örneklerin üzerine 3 ml deiyonize su ve 7 ml %70'lik nitrik asit ( $\text{HNO}_3$ ) ilave edilmiştir. Bu karışım 190 psig basınç, 210 °C 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. Daha sonra, kalan solüsyona 1,5 ml hidrojen peroksit ilave edilip, tekrar fırın 100 psig basınç, 210 °C sıcaklık ve 10 dakikaya programlanıp işleme devam edilmiştir. Soğuduktan sonra renksiz ve berrak olan bu solüsyon süzülerek, üzerine deiyonize su ilavesiyle 25 ml'ye tamamlanarak 0,45  $\mu\text{m}$  membran filtrelerden geçirilmiştir. Daha sonra ICP (ICP-OES, VARIAN VISTA-MPX OES) cihazında ağır metal (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) içerikleri üç paralelli analiz edilmiştir. Metal konsantrasyonları  $\text{mg kg}^{-1}$  yaş ağırlık olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada "DORM-2" adlı iz elementler için köpek balığı dokusu ölçümlerinden elde edilen referans materyal kullanılmıştır. Ekstraksiyon ve analizler Hatay İl Kontrol Laboratuarında yapılmıştır. İstasyonlar arasındaki farklılıklar Varyans analizi, One Way ANOVA, yapılarak Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir. Bütün istatistiksel hesaplamalar SPSS 13.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

## Bulgular

Örnekleme yapılan denizlerden elde edilen balıkların kas ve karaciğerlerinde analiz edilen Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn düzeyleri Tablo 1 ve 2' te verilmiştir. Aynı istasyonlardaki balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metel düzeyleri kıyaslandığında karaciğerlerdeki birikimin daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, incelenen metaller arasında her iki dokuda da demirin en yüksek düzeyde birikim göstermesine rağmen, kadmiyum ve kobaltın en düşük düzeylerde birikim gösterdiği ortaya çıkartılmıştır. Kas ve karaciğer dokuda en düşük Cd düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak 0,02 ve 0,07 (YLV), en yüksek ise 0,38 ve 0,91 (MK) olarak bulunmuştur. Diğer bir metal olan Co düzeyleri incelendiğinde, en düşük düzey  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda  $<0,01$ , 0,19 (KED) ve en yüksek ise 0,43, 0,95 (MK) olarak saptanmıştır. En düşük ve en yüksek Cr düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak ele alındığında kas ve karaciğer dokuda 0,11 (YLV ve OED) , 0,43 (YLV) ve 1,78, 3,93 (MK) olarak ortaya çıkartılmıştır. Örnekleme yapılan balıkların kas ve karaciğer dokularındaki Cu düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak incelendiğinde en düşük 0,30 ve 1,61 (KED) olarak saptanmışken, en yüksek 1,82 ve 41,7 (İK) olarak bulunmuştur. Ayrıca, en düşük ve en yüksek Fe düzeyleri ise  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda 7,19 ve 48,0 (KED), 59,7 (İK) ve 179 (OED) olarak bulunmuştur. Son olarak, kas ve karaciğerde en düşük ve en yüksek Mn düzeyleri ise 0,08 ve 0,59 (KED), 1,11 (İK) ve 3,64 (OED)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Analiz edilen balıkların kas ve karaciğer dokularında Pb düzeyleri en düşük ve en yüksek 0,17 (YLV) ve 0,89 (KED), 1,13 ve 4,29 (İK)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak saptanmışken, çinko düzeyleri ise kas ve karaciğer dokuda en yüksek ve en düşük 4,05 ve 13,0 (KED), 6,80 (MK) ve 51,2 (OED)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak, Ni düzeyleri de en düşük ve en yüksek 0,01 ve 0,35 (YLV), 3,27 (MK) ve 7,63 (İK)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. İncelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 3). Tukey testine göre kas dokuda bakır ve demir, karaciğerde kobalt ve mangan hariç diğer metallerde istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 1 ve 2).

**Tablo 1. İncelenen balıklarda kas dokuda ağır metal düzeyleri (mg kg<sup>-1</sup> yaş ağırlık)**

Bölge	N	Kadmiyum	Kobalt	Krom	Bakır	Demir	Mangan	Nikel	Kurşun	Çinko
YLV	5	0.02±0.00 <sup>a</sup>	0.03±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>	0.51±0.07 <sup>a</sup>	20.5±9.69 <sup>a</sup>	0.16±0.04 <sup>a</sup>	0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.17±0.03 <sup>a</sup>	5.93±0.43 <sup>a</sup>
KED	6	0.07±0.03 <sup>a</sup>	<0.01±0.00 <sup>a</sup>	0.22±0.05 <sup>a</sup>	0.30±0.05 <sup>a</sup>	7.19±1.28 <sup>a</sup>	0.08±0.01 <sup>a</sup>	1.65±0.48 <sup>ab</sup>	0.25±0.04 <sup>a</sup>	4.05±1.23 <sup>a</sup>
OED	5	0.26±0.11 <sup>ab</sup>	0.06±0.02 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>	1.23±0.63 <sup>a</sup>	43.5±18.3 <sup>a</sup>	0.60±0.25 <sup>ab</sup>	1.01±0.36 <sup>ab</sup>	0.48±0.25 <sup>ab</sup>	4.17±1.17 <sup>a</sup>
MK	5	0.38±0.02 <sup>c</sup>	0.43±0.04 <sup>b</sup>	1.78±0.09 <sup>b</sup>	0.38±0.06 <sup>a</sup>	15.5±3.76 <sup>a</sup>	0.90±0.05 <sup>ab</sup>	3.27±0.40 <sup>c</sup>	0.37±0.17 <sup>a</sup>	6.80±0.35 <sup>a</sup>
İK	8	0.20±0.04 <sup>ab</sup>	0.17±0.05 <sup>a</sup>	0.29±0.09 <sup>a</sup>	1.82±0.40 <sup>a</sup>	59.7±17.4 <sup>a</sup>	1.11±0.22 <sup>b</sup>	0.83±0.06 <sup>ab</sup>	1.13±0.14 <sup>b</sup>	5.66±0.92 <sup>a</sup>

\*Farklı harflerle gösterilen bölgeler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

**Tablo 2. İncelenen balıklarda karaciğerde ağır metal düzeyleri (mg kg<sup>-1</sup> yaş ağırlık)**

Bölge	N	Kadmiyum	Kobalt	Krom	Bakır	Demir	Mangan	Nikel	Kurşun	Çinko
YLV	5	0.07±0.01 <sup>a</sup>	0.25±0.08 <sup>a</sup>	0.43±0.12 <sup>a</sup>	6.19±3.00 <sup>ab</sup>	93.4±14.0 <sup>ab</sup>	1.33±0.12 <sup>a</sup>	0.35±0.08 <sup>a</sup>	1.42±0.18 <sup>a</sup>	19.0±1.01 <sup>ab</sup>
KED	6	0.13±0.04 <sup>a</sup>	0.19±0.07 <sup>a</sup>	0.66±0.12 <sup>a</sup>	1.61±0.90 <sup>a</sup>	48.0±7.63 <sup>a</sup>	0.59±0.17 <sup>a</sup>	5.89±1.29 <sup>ab</sup>	0.89±0.32 <sup>a</sup>	13.0±2.81 <sup>a</sup>
OED	5	0.49±0.14 <sup>ab</sup>	0.37±0.13 <sup>a</sup>	1.61±0.38 <sup>a</sup>	10.6±2.16 <sup>ab</sup>	179±37.7 <sup>b</sup>	3.64±1.25 <sup>a</sup>	6.42±1.47 <sup>ab</sup>	2.94±0.97 <sup>ab</sup>	51.2±11.6 <sup>c</sup>
MK	5	0.91±0.14 <sup>b</sup>	0.95±0.08 <sup>a</sup>	3.93±0.36 <sup>b</sup>	21.5±6.33 <sup>ab</sup>	76.4±21.9 <sup>ab</sup>	3.21±0.31 <sup>a</sup>	7.59±2.29 <sup>b</sup>	0.96±0.07 <sup>a</sup>	27.1±0.46 <sup>abc</sup>
İK	8	0.50±0.06 <sup>ab</sup>	0.59±0.21 <sup>a</sup>	1.24±0.41 <sup>a</sup>	41.7±12.8 <sup>b</sup>	166±26.2 <sup>ab</sup>	3.60±0.49 <sup>a</sup>	7.63±1.23 <sup>b</sup>	4.29±0.48 <sup>b</sup>	44.9±5.89 <sup>bc</sup>

\*Farklı harflerle gösterilen bölgeler arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05)

## Tartışma

Örnekleme yapıldığı aynı istasyonlardaki balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metel düzeyleri kıyaslandığında karaciğerlerdeki birikimin daha yüksek olduğu görülmekle birlikte İncelenen metaller arasında her iki dokuda da demirin en yüksek düzeyde olmasına rağmen, kadmiyum ve kobaltın en düşük düzeylerde birikim gösterdiği bulunmuştur. Benzer sonuçlar, pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Farkas ve ark., 2003, Türkmen ve ark., 2005, Uluozlu ve ark., 2007, Dural ve ark., 2007, Tepe ve ark., 2008).

En düşük Cd düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda 0,02 ve 0,07 (YLV), en yüksek ise 0,38 ve 0,91 (MK) olarak bulunmuştur. Balıklarda kas dokuda Cd düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak literatürlerde, 0,008-1,13 (Keskin ve ark., 2007), 0,02 (Mishra ve ark., 2007), 0,02-1,32 (Sivaperumal ve ark., 2007) olarak bildirilmektedir. En düşük Co düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda <0,01 ve 0,19 (KED), en yüksek ise 0,43 ve 0,95 (MK) olarak bulunmuştur. Balıklarda Co düzeyleri kas dokuda 0,07 (Mishra ve ark., 2007), 0,02-0,67 (Sivaperumal ve ark., 2007), 0,03-0,44, karaciğerde ise 0,11-1,45 (Tepe ve ark., 2007)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir. En düşük ve en yüksek Cr düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda 0,11 (YLV ve OED) ve 0,43 (YLV), 1,78 ve 3,93 (MK) olarak bulunmuştur. Balıklarda Cr düzeyleri kas dokuda 0,59-1,69 (Türkmen ve ark., 2006), 0,95-1,98 (Uluozlu ve ark., 2007), 0,04-1,75, karaciğerde 0,19-2,63 (Türkmen ve ark., 2008)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir. En düşük Cu düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda 0,30 ve 1,61 (KED), 1,82 ve 41,7 (İK) olarak bulunmuştur. Balıklarda Cu düzeyleri kas ve karaciğer dokuda 2,19-4,41 ve 18,2-203 (Canlı ve Atlı, 2003), 3,4-8,3 ve 20,8-260 (Çoğun ve ark., 2005), 0,15-5,06 ve 1,11-46,2 (Tepe ve ark., 2007)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak rapor edilmiştir.

En düşük ve en yüksek Fe düzeyleri  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak kas ve karaciğer dokuda 7,19 ve 48,0 (KED), 59,7 (İK) ve 179 (OED) olarak bulunmuştur. Pek çok araştırmacı balıkların kas dokuları için Fe düzeylerini 68,6-163 (Uluozlu ve ark., 2007), karaciğer için 48.1-384 (Dural ve ark., 2007), kas ve karaciğer için 18,5-72,3 ve 61,3-253 (Türkmen ve ark., 2007)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak bildirmişlerdir. Kas ve karaciğerde en düşük ve en yüksek Mn düzeyleri ise 0,08 ve 0,59 (KED), 1,11 (İK) ve 3,64 (OED)  $\text{mg kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Yapılan araştırmalarda kas dokuda Mn düzeyleri 0,092-9,23 (Anan ve ark., 2005), 11,1-72,9 (Mendil ve ark., 2005), 0,14-3,36 (Sivaperumal ve ark., 2007),

kas ve karaciğerde 0,11-1,20 ve 2,17-24,2 (Yılmaz ve ark., 2007), 0,18-2,78 ve 0,47-9,90 (Türkmen ve ark., 2009). İncelenen balıkların kas ve karaciğer dokularında Ni düzeyleri en düşük ve en yüksek 0,01 ve 0,35 (YLV), 3,27 (MK) ve 7,63 (İK) mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Literatürlerde kas ve karaciğer dokuda Ni düzeyleri 1,89-6,07 ve 1,70-11,2 (Kalay ve ark., 1999), 0,02-4,22 ve 0,40-9,70 (Tepe ve ark., 2007), kas dokuda 1,92- 5,68 (Uluozlu ve ark., 2007) mg kg<sup>-1</sup> olarak bildirilmektedir.

Analiz edilen balıkların kas ve karaciğer dokularında Pb düzeyleri en düşük ve en yüksek 0,17 (YLV) ve 0,89 (KED), 1,13 ve 4,29 (İK) mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Yapılan çalışmalarda kas ve karaciğer dokuda Pb düzeyleri 2,98-6,12 ve 8,87-41,2 (Canlı ve Atlı, 2003), 0,40-2,44 ve 1,41-3,92 (Dural ve ark., 2007), 0,04-1,31 ve 0,86-1,53 (Türkmen ve ark., 2007), kas dokuda 1,26-2,09 (Türkmen ve ark., 2006) mg kg<sup>-1</sup> olarak bildirilmektedir. Çinko düzeyleri kas ve karaciğer dokuda en yüksek ve en düşük 4,05 ve 13,0 (KED), 6,80 (MK) ve 51,2 (OED) mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda kas doku için Zn düzeyleri 12,5-201 (Anan ve ark., 2005), 4,36 (Türkmen ve ark., 2005), 3,71-122,8 (Kosanovic ve ark., 2007), yine kas dokuda 4,49-11,2, karaciğerde ise 26,2-43,5 (Türkmen ve ark., 2008) mg kg<sup>-1</sup> olarak bildirilmektedir. Tukey testine göre kas dokuda bakır ve demir, karaciğerde kobalt ve mangan hariç diğer metallerde istasyonlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 1 ve 2).

İncelenen balıkların kas dokuları için elde edilen birikim düzeyleri esas alınarak günlük ve haftalık alım miktarları hesaplanmıştır (Tablo 3). Türkiye’ de kişi başına ortalama günlük balık tüketimi 20 gr olarak bildirilmektedir (FAO 2008). 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’ te sunulmaktadır. Yetişkin bir kişi için elde edilen Tablo 3’ deki HHA değerleri Tablo 1’ de kaslardaki maksimum birikim değerleri kullanılarak hesaplanmıştır [HHA (µg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)=en yüksek metal düzeyi (µg/kg)X balık tüketim miktarı (kg/70 kg vücut ağırlığı/hafta)]. Daha sonra HHA’lar HGA değerleri kullanılarak elde edilmiştir. Tablo 3’ de HHA ve HGA değerleri ile tavsiye edilen tolere edilebilir haftalık (THA) ve günlük ve (TGA) alımların kıyaslanmaları verilmektedir. Tablo 3’ ten de görülebileceği gibi bu çalışmada dil balığı için elde edilen



HHA ve HGA değerleri tavsiye edilen değerlerin çok altındadır (FAO/WHO 2004, WHO 1993, EPA 2008).

**Tablo 3. Dil balığında hesaplanan günlük ve haftalık alımlarla önerilen değerlerin karşılaştırılması**

Metal	THA <sup>a</sup>	THA <sup>b</sup>	TGA <sup>c</sup>	<i>S.solea</i> HHA <sup>d</sup> (HGA) <sup>e</sup>
Cd	7 <sup>a</sup>	490	70	60.2 (8.6)
Co	-	-	-	56.0 (8.0)
Cr	-	-	-	249 (35.6)
Cu	3500 <sup>a</sup>	245000	35000	255 (36.4)
Fe	5600 <sup>a</sup>	392000	56000	8358 (1194)
Ni	35 <sup>g</sup>	2450	350 <sup>f</sup>	458 (65.4)
Mn	980 <sup>g</sup>	68600	9800 <sup>h</sup>	155 (22.1)
Pb	25 <sup>a</sup>	1750	250	158 (22.6)
Zn	7000 <sup>a</sup>	490000	70000	952 (136)

<sup>a</sup> (FAO/WHO, 2004)

<sup>b</sup> THA, 70 kg ağırlığında yetişkin bir kişi için (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı)

<sup>c</sup> TGA, tolöre edilebilir günlük alım (µg/gün/70 kg vücut ağırlığı)

<sup>d</sup> HHA, hesaplanan haftalık alım, µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı

<sup>e</sup> HGA, hesaplanan günlük alım, µg/gün/70 kg vücut ağırlığı

<sup>f</sup> WHO (1993) 1 kg vücut ağırlığı için günlük 5 µg'lık bir TGA önermektedir (yani 70 kg ağırlığındaki bir kişi için 350 µg)

<sup>g</sup> Bir hafta için hesaplanan değer (µg/hafta/kg vücut ağırlığı)

<sup>h</sup> EPA (2008) 1 kg vücut ağırlığı için 0.14 mg referans doz önermektedir (yani 70 kg vücut ağırlığında bir kişi için 9800 µg)

\* Tolöre edilebilir haftalık alım (µg/hafta/70 kg vücut ağırlığı)

\*\* Türkiye'de kişi başına ortalama haftalık balık tüketimi 0.14 kg'dır (FAO, 2008)

Sonuç olarak, balıkların analiz edilen dokularındaki ağır metal düzeyleri açısından örnekleme yapılan istasyonlar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar gözlenmiştir (Tablo 1 ve 2). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, örnekleme yapılan istasyonlardan analiz edilen balıkların kas ve karaciğer dokularındaki ağır metal birikimleri açısından önemli bilgiler sağlamakla birlikte kıyısal bölgeler boyunca çevresel kirliliğinin boyutları hakkında da fikir vermektedir. Üstelik bu sonuçlar incelenen balıkların kimyasal kalitesini anlamamıza ve tüketimi ile ilgili muhtemel riskleri de değerlendirmemize olanak sağlamaktadır. Çünkü bu çalışmada kas doku için hesaplanan günlük ve haftalık alımlar (HGA ve HHA) uluslar arası otoriteler tarafından

önerilen sınırların çok altında olması (FAO/WHO 2004, WHO 1993, EPA 2008) tüketimlerinin insan sağlığı açısından herhangi bir problem oluşturmayacağını göstermektedir.

### **Teşekkür**

Mikrodalga ve ICP cihazında yapılan ekstraksiyon ve ağır metal analizlerinde yardımlarını gördüğüm Hatay İl Kontrol Laboratuvarı uzmanlarından Kamil Yerdoğan'a teşekkür ederim.

### **Kaynaklar**

- Anan, Y. Kunito, T. Tanabe, S. Mitrofanov, I. Aubrey, D. G. 2005. Trace element accumulation in fishes collected from coastal water of the Caspian Sea, *Marine Pollution Bulletin*, 51: 882–888.
- Anonim, 1982. *Türkiye İl İl Dünü Bugünü Yarını* 5: 3383–3422.
- Canlı, M. Atlı, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, *Environmental Pollution*, 121: 129-136.
- Çoğun, H. Yüzereroğlu, T. A. Kargin, F. Firat, Ö. 2005. Seasonal Variation and Tissue Distribution of Heavy Metals in Shrimp and Fish Species from the Yumurtalık Coast of Iskenderun Gulf, Mediterranean, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75: 707-715.
- Dural, M. Göksu, M. Z. L. Özak, A. A. 2007. Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon, *Food Chemistry*, 102: 415-421.
- EPA, 2008. U.S. Environmental Protection Agency, *Manganese compounds* <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/manganes.html> (Erişim, 18.03.2010).

- FAO, 2008. FAO, (Food and Agriculture Organization of the United Nations) ,*Fisheries and Aquaculture, Turkey*, [http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso\\_turkey](http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_turkey).
- 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*.
- Farkas, A. Salánki, J. Specziár, A. 2003. Age and size-specific patterns of heavy metals in the organs of freshwater fish *Abramis Brama* L. populating a low-contaminated site, *Water Research*, 37: 959-964.
- Kalay, M. Ay, Ö. Canlı, M. 1999. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63: 673-681.
- Keskin, Y. Baskaya, R. Ozyaral, O. Yurdun, T. Luleci, N. E. Hayran, O. 2007. Cadmium, lead, mercury and copper in fish from the Marmara Sea, Turkey, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 78: 258-261.
- Kosanovic, M. Hasan, M. Y. Subramanian, D. Al Ahbabi, A. A. F. Al Kathiri, O. A. A. Aleassa, E. M. A. A. Adem, A. 2007. Influence of urbanization of the western coast of the United Arab Emirates on trace metal content in muscle and liver of wild Red-spot emperor (*Lethrinus lentjan*), *Food and Chemical Toxicology*, 45: 2261-2266.
- Matyar, F. Akkan, T. Uçak, Y. Eraslan, B. 2010. *Aeromonas* and *Pseudomonas*: antibiotic and heavy metal resistance species from Iskenderun Bay, Turkey (northeast Mediterranean Sea), *Environmental Monitoring and Assessment*, 167(1–4): 309–320.
- Matyar, F. Eraslan, B. Akkan, T. Kaya, A. Dinçer, S. 2009. İskenderun Körfezi balıklarından izole edilen bakterilerde antibiyotik ve ağır metal dirençliliklerinin araştırılması, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 2 (2): 1-5.
- Mendil, D. Uluözlü, Ö. D. Hasdemir, E. Tüzen, M. Sari, H. Suiçmez, M. 2005. Determination of trace metal levels in seven fish species in lakes in Tokat, Turkey, *Food Chemistry*, 90: 175-179.

- Mishra, S. Bhalke, S. Saradhi I. V. Suseela, B. Tripathi, R. M. Pandit, G. G. Puranik, V.D. 2007. Trace metals and organometals in selected marine species and preliminary risk assessment to human beings in Thane Creek area, Mumbai, *Chemosphere*, 69: 972-978.
- Parlak, H. 1985. *Mugil spp.* ve *Chasmichtys glusus* Üzerinde Kadmiyum, Demir ve Kurşunun Ayrı Ayrı ve Birlikte Oluşturdukları Toksik Etkilerin Araştırılması, *Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Hidrobiyoloji Anabilim Dalı, İzmir.*
- Sivaperumal, P. Sankar, T.V. Nair, P.G.V. 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standarts, *Food Chemistry*, 102: 612-620.
- Tepe, Y. Türkmen, M. Türkmen, A. 2008. Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas, *Environmental Monitoring and Assessment*, 146: 277-284.
- Türkmen, A. Türkmen, M. Tepe, Y. Akyurt, İ. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from İskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey, *Food Chemistry*, 91: 167-172.
- Türkmen, A. Türkmen, M. Tepe, Y. Mazlum, Y. Oymael, S. 2006. Heavy metal levels in Blue Crab (*Callinectes sapidus*) and Mullet (*Mugil cephalus*) in İskenderun Bay (North Eastern Mediterranean, Turkey), *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 77: 186-193.
- Türkmen, M. Türkmen, A. Tepe, Y. 2007. Metal contaminations in five fish species from Black, Marmara, Aegean and Mediterranean seas, Turkey. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 52: 1314-1318.
- Türkmen, M. Türkmen, A. Tepe, Y. Ateş, A. Gökkuş, K. 2008. Determination of metal contaminations in sea foods from Marmara, Aegean and Mediterranean seas: twelve fish species, *Food Chemistry*, 108: 794-800.
- Türkmen, M. Türkmen, A. Tepe, Y. Ateş, A. Töre, Y. 2009. Determination of Metals in Fish Species from Aegean and Mediterranean Seas, *Food Chemistry*, 113: 233-237.

- Uluozlu, O. D. Tuzen, M. Mendil, D. Soylak, M. 2007. Trace metal content in nine species of fish from the Black and Aegean Seas, Turkey, *Food Chemistry*, 104: 835-840.
- WHO, 1993. Guidelines for Drinking Water Quality, 2nd edn, *Chemical aspects*. Available at [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq2v1/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq2v1/en/) (erişim, 18.03.2010), (Geneva: WHO).
- Yılmaz, F. Özdemir, N. Demirak, A. Tuna, A. L. 2007. Heavy metal levels in two fish species *Leuciscus cephalus* and *Lepomis gibbosus*, *Food Chemistry*, 100: 830–835.