

Kastamonu Kıyılarından Yakalanan Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Tespiti

*Adem Yavuz SÖNMEZ**, *Ali Eslem KADAK*, *Rahmi Can ÖZDEMİR*, *Soner BİLEN*
Kastamonu Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Kastamonu
*e-posta: aysonmez@kastamonu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 21.10.2016 Kabul Tarihi/Accepted: 15.12.2016

Öz: Bu çalışma İnebolu ve Cide Limanları arasında kalan bölgeden yakalanan Mezgıt (*Merlangius euxmus*), Palamut (*Sarda sarda*), İstavrit (*Trachurus trachurus*) ve Barbun (*Mullus barbatus*) balıklarında ağır metal birikiminin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Örneklem; 2014 Eylül ayında başlayıp Nisan 2015'e kadar devam etmiştir. Her bir türden 25-30 adet arasında olmak üzere balık örnekleri uygun av araçlarıyla toplanarak laboratuvara taşınmıştır. Her balıktan iki solungaç dikenini, ciğerin tümü ve 5gr'lık kas dokusu alınmıştır.

Ağır metal analiz sonuçları; demir verileri tüm dokularda ve bütün türlerde diğer metallere göre yüksek olduğu izlenmiştir. En düşük ortalama palamut kasında 23,23 mg kg⁻¹ olarak ölçülürken kastaki en yüksek ortalama 48,89 mg kg⁻¹ ile Barbun kasında ölçülmüştür. Karaciğer ve solungaç dokularında ise en düşük ve en yüksek ortalamalar 189,65-267,45 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Kadmiyum en düşük ortalama İstavrit kasında 0,16 mg kg⁻¹ olarak belirlenirken en yüksek ortalama Palamut kasında 0,28 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Solungaç ve karaciğer dokularında birikim kas dokularına göre daha fazla tespit edilmiştir. Elde edilen kurşun verileri kas dokularında ortalama 5,48 mg kg⁻¹ ile 7,21 mg kg⁻¹ arasında değişirken solungaç ve karaciğer dokularında diğer metallere benzer şekilde yüksek olarak 8,87-12,26 mg kg⁻¹ arasında değişmiştir. Çinko verileri avlanan balık türlerinin kasında 5,45-9,89 mg kg⁻¹ ortalamaları arasında değişirken, karaciğerde 12,56-14,45 mg kg⁻¹, solungaçta ise 9,92-12,45 mg kg⁻¹ arasında izlenmiştir. Nikel için kaslardaki en düşük ortalama 2,21 mg kg⁻¹ olarak belirlenirken, bakır ortalamaları kaslarda 2,35-4,52 mg kg⁻¹ arasında izlenmiştir.

Sonuç olarak demir, bakır, nikel, çinko verileri Türk gıda kodeksi, Avrupa birliği direktifleri ve dünya sağlık örgütü standartları çerçevesinde kabul edilebilir limitler içerisinde belirlenirken kadmiyum ve kurşun bu limitlerin üzerinde tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnebolu, Cide, ağır metal, Mezgıt, Palamut, İstavrit, Barbun

Establishing on Heavy Metal Accumulation in Some Economically Important Fish Species Captured from Kastamonu Costal

Abstract: This study aimed at examining heavy metal accumulation in haddock (*Merlangius euxmus*), bony fish (*Sarda sarda*), mackerel (*Trachurus trachurus*) and red mullet (*Mullus barbatus*) captured between İnebolu and Cide harbor region.

Fish samples were collected during 2014 to 2015 covering a whole year. From each different fish samples, including at least 25-30 for each species were collected using appropriate crafts and gears, and transferred to the laboratory on the same day in cold chain. Two gill spines, whole liver and 5 g muscle tissues taken from each fish species.

Heavy metal analysis results showed that iron content in the tissue of all species was higher compared to other metals. The lowest average was 23.23 mg kg⁻¹ in bony fish muscle and the highest level was 48.89 mg kg⁻¹ in red mullet muscle. The lowest and the highest average values ranged between 189.65-267.45 mg kg⁻¹. Cadmium content was measured as the lowest in mackerel muscle (0.16 mg kg⁻¹) and the highest in bony fish muscle (0.28 mg kg⁻¹). Gills and liver contained higher cadmium accumulation compared to muscle tissue. Although, lead content was between 5.48 mg kg⁻¹ and 7.21 mg kg⁻¹ in muscle tissue, its higher level in gills and liver was between 8.87-12.26 mg kg⁻¹. While the lowest nickel content was 2.21 mg kg⁻¹ in the muscle, copper value in the muscle ranged between 2.35-4.52 mg kg⁻¹.

In this context, iron, copper, nickel and zinc levels were found to be within acceptable limits in regard to Turkish Food Codex, European Union Directives and World Health Organization, although cadmium and lead contents were higher.

Keywords: İnebolu, Cide, Port, heavy metal, fish

1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme sonucu özellikle sucul ortamdaki toksik ağır metal seviyelerinin arttığına dikkat çeken birçok çalışma yapılmaktadır. (Karadede ve Ünlü, 2000; Wagner ve Boman, 2003). Ağır metaller jeolojik ve antropojik kaynaklardan sürekli artan miktarlarda sulara karışmaktadırlar. (Eisler, 1988; Nimmo ve ark., 1998). Ağır metaller az miktarda bulunsalar bile sucul canlıların bünyelerinde toksik olabilecek konsantrasyonlarda birikerek zehir etkisi yapabilmektedir (Ikuta, 1985).

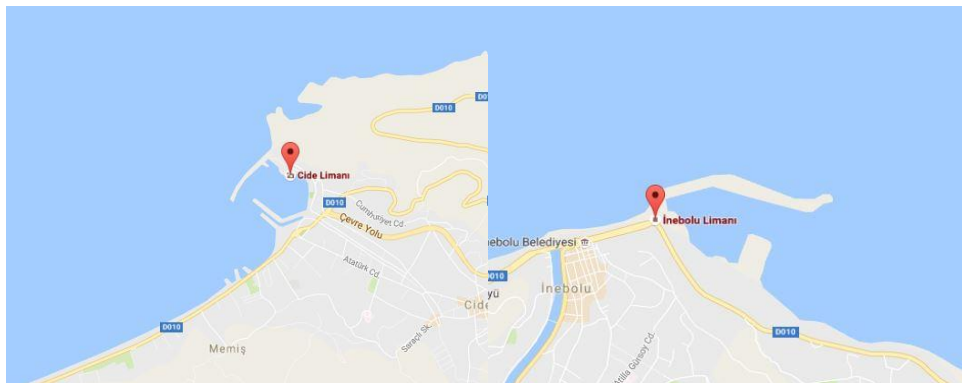
Balıklar genellikle sucul gıda zincirinin en üstünde yer almaktadır ve ortamdaki ağır metaller balıkların çeşitli doku ve organlarında birikmektedirler (Allen-Gil ve Martynov, 1995; Mansour ve Sidky, 2002). Ayrıca, balıklar eser miktarda metal kirlenmesi ve insanlar tarafından tüketilmesindeki potansiyel risklerin tahmini açısından tatlı su sistemlerindeki en belirgin faktörlerden biridir (Barak ve Mason, 1990; Papagiannis ve ark., 2004). Ağır metallerin ortamdan alınımı başlıca solungaçlar, besin, tatlısu balıklarında besinle birlikte alınan su ve deri aracılığı ile olmakta ve alınan ağır metaller taşıyıcı proteinlere bağlı bir şekilde kan yoluyla doku ve organlara taşınmakta ve bu dokulardaki metal bağlayıcılar vasıtası ile bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir. Ayrıca ağır metallerin balıkların doku ve organlarındaki birikiminin yanı sıra çeşitli kan parametrelerini, enzim aktivitelerini, büyüme ve gelişmeyi etkilediği belirtilmiştir (Dick ve Dixon 1985; Dave ve Xiu 1991). Bundan dolayı, balık tüketiminin potansiyel risklerini değerlendirmek açısından tüketilen ticari balıklardaki ağır metal konsantrasyonlarının tayin edilmesi önemlidir (Cid ve ark., 2001).

İnebolu ve Cide liman bölgeleri Kastamonu ilinin balık üretimi açısından önemli bir yükünü karşılamaktadır. Genel itibarı ile Kastamonu'daki avcılığın çok büyük bir bölümü bu iki ilçe sınırlarında yapılmaktadır. Fakat bu av sahasını içine alan bu iki liman bölgesi hem liman faaliyetlerinden hem de iç suların bu aralıkta denize karışmasından dolayı önemli bir kirlilik unsuru etkisinde kalmaktadır. Özellikle İnebolu limanı pozisyonu itibarı ile maden taşımacılığı ve içerisinde bulunan tersane faaliyetlerinden dolayı mühim bir etkileşimdedir. İşte tüm bunlardan dolayı bu bölgelerden avcılıkla elde edilen ve insan tüketimine oldukça sık sunulan ekonomik balık türlerinin metal riski unsurlarını takip etmek önemlidir.

Bu çalışmada bahsi geçen iki liman bölgesinden çeşitli dönemlerde avlanan ekonomik dört balık türünün farklı doku ve organlarındaki ağır metal konsantrasyonları araştırılmış ve ulusal ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma sahası İnebolu limanı ve Cide limanı bölgelerinde uygun av derinliğine sahip ve iki liman arasındaki 35 millik bir mesafeyi kapsamaktadır.



Şekil 1. Cide ve İnebolu Limanları

Örnekleme Eylül 2014'te başlayıp 2015 yılı Nisan ayına kadar sürmüştür. Her bir türden en az yirmi adet olmak üzere türün özelliklerine göre av araçları kullanılarak örnekleme yapılmıştır. Balık örnekleri aynı gün soğuk zincir çantası içerisinde laboratuvara taşınmıştır. Analizden önce yaklaşık 5 g'lık kas, her örnekten iki solungaç dikenini ve ciğerin

tümü çıkarılarak deiyonize suyla yıkanmış, tartılmış, polietilen torbalara konularak - 20°C'de saklanmıştır (Karadede ve ark., 2004; Papagiannis ve ark., 2004; Tüzen, 2003).

Örneklerin ağır metal içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C' de %75 mikrodalga gücünde 5 dakika, 2. adım; 180°C' de %90 mikrodalga gücünde 10 dakika ve 3. adım 100°C' de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof products +Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Germany) tabi tutulduktan sonra ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) 2 paralel okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens, 2005).

Çalışma sırasında deiyonize su kullanılmıştır. Bütün reaktifler analitik kalitededir. Çalışmada kullanılan plastik ve cam malzemeler kullanmadan önce 15 dakika nitrik asitle yıkanmış ve deiyonize suyla çalkalanmıştır. İnert gaz olarak yüksek saflıkta argon kullanılmıştır (Karadede ve ark., 2004).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Avlanan balıklara ait toplam boy ve ağırlık ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Avlanan balıkların boy ve ağırlık ortalamaları.

Balık Türü	Total Boy(cm)	Ağırlık(gr)	Fert Sayısı
Mezgit (<i>Merlangius euxmus</i>)	13,59±2,23	48,44±4,56	35
Palamut (<i>Sarda sarda</i>)	26,42±3,45	758,13±15,45	20
İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i>)	12,89±1,88	41,34±9,56	28
Barbun (<i>Mullus barbatus</i>)	14,48±0,98	50,28±10,28	22

Çalışma boyunca avlanan balık türlerine ilişkin analiz edilen metal düzeyleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Avlanan balık türlerinden ölçülen metal düzeyleri(mg kg⁻¹).

	Kadmium	Kurşun	Çinko	Demir	Bakır	Nikel	
Kas	Palamut	0,20 0,01	5,48±0,56	9,89±2,21	23,23±7,32	2,78±0,56	2,21±0,91
	İstavrit	0,16±0,04	6,49±1,12	7,67±1,48	35,67±8,90	3,21±0,60	4,39±1,21
	Mezgit	0,24±0,02	6,12±1,45	5,45±1,12	24,46±6,78	4,52±0,70	3,75±1,56
	Barbun	0,28±0,03	7,21±1,56	6,14±1,46	48,89±5,67	2,35±0,38	4,89±1,59
Karaciğer	Palamut	0,48±0,07	10,79±1,38	14,45±2,45	203,49±12,24	25,97±1,63	9,87±1,90
	İstavrit	0,40±0,09	9,58±2,17	12,56±1,88	189,65±8,49	34,93±1,65	11,21±2,34
	Mezgit	0,52±0,08	8,87±1,67	12,87±2,65	177,42±7,17	29,34±3,34	10,87±2,78
	Barbun	0,79±0,06	12,26±2,72	13,80±3,13	190,64±7,91	19,87±4,32	14,44±3,01
Solungaç	Palamut	0,73±0,1	9,90±1,70	11,34±1,98	221,12±13,25	14,56±2,65	13,65±2,90
	İstavrit	0,89±0,09	10,23±0,93	11,50±2,35	199,65±10,24	17,89±3,78	14,90±3,13
	Mezgit	0,66±0,11	8,89±1,39	9,92±1,13	267,45±15,32	15,45±1,88	16,23±4,21
	Barbun	0,97±0,12	11,40±1,82	12,45±3,27	210,24±23,65	12,23±1,65	12,22±3,55

Ağırlıklar yaş ağırlık üzerinden verilmiştir

Çizelge 2 incelendiğinde dört balık türünde doku ve organlarda metal birikim düzeylerinde farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan bütün türlerde ortak olarak karaciğer ve solungaçlarda biriken metal düzeyleri kaslarda birikenden daha yüksek seyretmiştir. Türler arasındaki ağır metal seviyelerinde izlenen farklılıkların beslenme alışkanlıklarına (Romeo ve ark., 1999), ekolojik ihtiyaçlarına, metabolizma durumlarına (Canlı ve Furness, 1993), balığın yaşına, büyüklüğüne ve uzunluğuna (Linde ve ark., 1998) ve yaşama ortamına (Canlı ve Atlı, 2003) bağlı olduğu bildirilmiştir. Balıklarda kas dokusunun ağır metalleri bağlamada aktif bir doku olmadığı ve birikimin diğer doku ve organlara göre düşük seviyede kaldığı ortaya koyulmuştur (DeConto ve ark., 1999).

Demir verileri tüm dokularda ve bütün türlerde diğer metallere göre yüksek olduğu izlenmiştir. En düşük veri palamut kasında 15,91 mg kg⁻¹ olarak ölçülürken kastaki en

yüksek değer 54,56 mg kg⁻¹ ile barbun kasında ölçülmüştür. Karaciğer ve solungaç dokularında ise en düşük ve en yüksek değerler 170,25-282,77 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Demir bulguları Kalay ve ark., (1999) ile Canlı ve Atlı (2003) tarafından Akdeniz’de, Yılmaz (2003) tarafından İskenderun Körfezinde, Topçuoğlu ve ark. (2002) tarafından Orta Karadeniz’de ve Türkmen ve ark. (2005) tarafından Akdeniz’de farklı türlerde yapılan çalışma verilerinde kas dokularında benzerlik gösterirken, solungaç ve karaciğer verileri nispeten yüksek izlenmiştir.

Kadmiyum hem sulara hem de insan tüketiminde kullanılan gıdalarda fazlaca bulunması halinde önemli toksin etki oluşturabilen bir ağır metaldir. Çalışmada kadmiyum en düşük İstavrit kasında 0,12 mg kg⁻¹ olarak belirlenirken en yüksek kas ortalaması Palamut kasında 0,31 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür. Solungaç ve karaciğer dokularında birikim kas dokularına göre daha fazla tespit edilmiştir. Barbun solungacında en yüksek ortalama 1,09 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Genel itibarı ile kadmiyum verileri Kalay ve ark. (1999) tarafından Akdeniz’de, Canlı ve Atlı (2003) tarafından Akdeniz’de, Cohen ve ark. (2001) tarafından Kaliforniya lagününde, Türkmen ve ark. (2005) tarafından İskenderun Körfezinde ve Topçuoğlu ve ark. (2003) tarafından Karadeniz’de yapılan çalışma verileri ile benzer sonuçlar verirken, Bustamante ve ark. (2003) tarafından Kerguelen adasında, Kwon ve Lee (2001) tarafından Kore’de yapılan çalışmalardan yüksek bulunmuştur. Kadmiyum verileri Türk Gıda Kodeksinde, Avrupa Birliği Çerçeve Direktifi (EUD) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) raporlarında belirtilen balıkta bulunması gereken maksimum limitin üzerinde izlenmiştir. Kadmiyuma en fazla sebebiyet veren unsurların başında endüstriyel faaliyetler sonucunda doğal dengeye arıtılmadan verilen atık sular gelmektedir. Bu sular önemli ölçüde ağır metal yükü bulundurur ve karışıkları iç su kaynağı ile denizlere taşınırlar. Araştırma bölgesinden denize dökülen su kaynakları madencilik ve ağaç endüstrisinin yoğun olduğu bölgelerden geçerek gelmektedirler. Bu nedenle önemli ölçüde metal yükünü denize taşımaktadırlar. Avlanan balık türlerinde kadmiyum miktarının tahammül edilebilir limitlerin üzerinde oluşu bu gerekçe ile izah edilebilir.

Kurşun ağır metalinin kaynağı olan birçok unsur sulara ve dolayısıyla sucul canlılarda bulunmaktadır. Sanayi faaliyetlerinden, taşımacılık, madencilik ve tarımsal faaliyetler bunlardan birkaçıdır. Çalışmamızda elde edilen kurşun verileri genel olarak kas dokularında ortalama 5,48 mg kg⁻¹ ile 7,21 mg kg⁻¹ arasında iken solungaç ve karaciğer dokularında diğer metallerle benzer şekilde yüksek olarak 8,87-12,26 mg kg⁻¹ ortalama arasında değişmiştir. Elde edilen bulgular ulusal ve uluslararası standartların üzerinde bulunmuştur (Türk gıda Kodeksi, EUD, WHO). İskenderun Körfezinde üç balık türü üzerine yapılan çalışmada kurşun verileri 1,477-4,149 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur (Türkmen ve ark., 2005). Akdeniz’de yapılan bir başka çalışmada altı balık türü incelenmiş ve kurşun bulguları kaslarda 2,98-6,12 mg kg⁻¹ arasında ortalama olarak bulunurken karaciğer ve solungaçlarda 8,87-41,24 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir (Canlı ve Atlı 2003). Benzer çalışmalarda Kurşun verileri avlanan balık türlerinin kaslarında Kalay ve ark. (1999) tarafından Akdeniz’de yapılan çalışmada 7,33-9,11 mg kg⁻¹ arasında, Tüzen (2003) tarafından Karadeniz’de yapılan çalışmada 0,22-0,85 mg kg⁻¹, Cohen ve ark. (2001) tarafından Kaliforniya Lagünü’nde yapılan çalışmada 0,8-4,1 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Örnekleme bölgesine çok yakın yerlerde iki ilçe merkezi, limanlar, tersane ile birçok fabrika bulunmakta ve faaliyetleri az ya da çok deniz suyuna karışmaktadır.

Çinko verileri avlanan balık türlerinin kasında 5,45-9,89 mg kg⁻¹ ortalamaları arasında değişirken, karaciğerde 12,56-14,45 mg kg⁻¹, solungaçta ise 9,92-12,45 mg kg⁻¹ arasında izlenmiştir. Kas dokusunda en yüksek ortalama palamutta tespit edilmiştir. Deniz balıklarının tüketimi için Zn konsantrasyonunun güvenilirlik sınırını Türk Gıda Kodeksi ve Avrupa Konseyi 50 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir (Council of Europe, 1996). Elde edilen bulgular ulusal ve uluslararası standartlar doğrultusunda sağlık açısından tüketilebilir limitler içerisinde yer almaktadır.

Topçuoğlu ve ark. (2002) Karadeniz’den yakalanan farklı türdeki balıklar arasında en yüksek Ni değerini hamsi balığında 2,04 µg g⁻¹ olarak, levrek balığında ise 0,06 µg g⁻¹ tespit etmiştir. Yılmaz (2003), iki farklı türün (*Mugil cephalus* ve *Trachurus mediterraneus*) kas dokusundaki Ni seviyeleri 1,22 ve 0,94 µg g⁻¹ olarak belirlemiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise Türkmen ve ark. (2005), üç farklı türün (*Sparus undosquamis*, *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata*) kas dokusundaki Ni seviyelerini 6,531-

1,359-2,537 mg kg⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Kalay ve ark. (1999), Akdeniz’de yaptığı çalışmada 4,25-6,7 mg kg⁻¹ arasında, Cohen ve ark. (2001) tarafından yapılan çalışmada ise 0,61-12 mg kg⁻¹ arasında tespit edilmiştir. Çalışma verileri kaslarda 2,21-4,89 mg kg⁻¹, karaciğerde 9,87-14,44 mg kg⁻¹, solungaçta ise 12,22-16,23 mg kg⁻¹ arasında bulunmuştur. Tespit edilen Ni verileri literatür verileri ile benzerlik gösterirken gıda tüketimi açısından risk teşkil edebilecek seviyede belirlenmemiştir.

Çalışma boyunca elde edilen Cu verileri tüm türler için kas dokusunda 2,35-4,52 mg kg⁻¹ arasında gerçekleşirken yapılan çalışmalar açısından benzerlik göstermektedir. Romeo ve ark. (1999), pelajik bir tür olan *Sardinella aurita*’nın kas dokusunda en yüksek Cu değerini 2,8 µg g⁻¹ olarak belirlemiştir. Demersal bir tür olan *Serranus scriba*’da en düşük Cu konsantrasyonunu 0,3µg g⁻¹ olarak belirlemiştir. Bustamante ve ark. (2003), pelajik beslenen balıkların kas dokularındaki en düşük Cu konsantrasyonunun 0,1-0,8 µg g⁻¹ arasında değiştiği, buna karşın dipten beslenen balıklarda en yüksek Cu konsantrasyonu 1,9-3,4 µg g⁻¹ arasında değiştiğini belirlemiştir. Topçuoğlu ve ark. (2002), Karadeniz’den yakalanan tirsî, hamsî, levrek ve mezigit balığının kas dokusundaki Cu konsantrasyonlarını sırasıyla 4,23; 2,21-3,09; 1,01 ve 1,86-4,54 µg g⁻¹ olarak bulmuşlardır. Kargın (1996), farklı dönemlerde yakalanan *Sparus aurata*’nın kas dokusundaki Cu konsantrasyonunu sırasıyla 5,8; 10,7; 7,6; 6,0 µg g⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Canlı ve Atlı (2003), *Sparus aurata*’nın kas dokusundaki Cu konsantrasyonunu 2,84 µg g⁻¹ olarak saptamışlardır. Yılmaz (2003), *Mugil cephalus* ve *Trachurus mediterraneus*’un kas dokusunda Cu seviyelerini 1,45 ve 1,29 µg g⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise Türkmen ve ark. (2005), üç farklı (*Sparus undosquamis*, *Mullus barbatus* ve *Sparus aurata*’nın) türün kas dokularındaki Cu seviyelerini 1,32; 2,20; 1,24 mg kg⁻¹ (kuru ağırlık) olarak belirlemişlerdir. Kalay ve ark. (1999), Karataş sahilinden yakaladıkları üç farklı türün (*Mugil cephalus*, *Mullus barbatus*, *Caranx crysos*) kas dokusundaki Cu seviyelerini sırasıyla 5,12µg g⁻¹, 2,87µg g⁻¹, 6,15µg g⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Bütün türler için elde edilen Cu verileri tüketilen kısımlar olan kas dokularında TürkGıda Kodeksi ve Avrupa Birliği standartlarına göre sağlığa zarar vermeyecek limitler dâhilinde ölçülürken üst limite yakın olarak belirlenmiştir. Bu durum bakır açısından ileriki yıllarda tehlike oluşturabilecek bir mahiyete erişebileceğini göstermektedir. Burada özellikle kıyıda bulunan dağlarda bakır madenlerinin bol oluşu tatlı sular ve yağışlar vasıtası ile denize taşınımı ve birikimi arttırırken liman faaliyetlerinde bakır yüklemesi ile tersane faaliyetleri de kısmen sebepler arasında sayılabilecektir.

Öte yandan pelajik bir tür olan, sürüler oluşturan ve mevsimsel olarak göç eden balıklardan olan palamut balığı elde edilen sonuçlara bazı ağır metaller bakımından diğer türlere nazaran daha yüksek gözlenmiştir. Balıkta tespit edilen bu birikim tüm yaşamı boyunca avcılık yapılan bölgede bulunmadığından, avcılığı yapılan bölgenin kirlilik düzeyinin yüksek olduğu kesin sonucuna varılmasını mümkün kılmamaktadır. Fakat bununla birlikte yapılan çalışmalar besin piramidinde aşağıdan yukarı doğru çıkıldıkça enerji, birey sayısı, biyokütle ile aktarılan enerji sayısı azalırken, vücut büyüklüğünün zehirli madde birikimi ve ağır metallerin arttığını ortaya koymuştur (Kayhan ve ark., 2006). Palamut balığı besin zincirinde pradator bir tür olarak istavrit, hamsî, barbun gibi küçük balıkların üzerinde olmasından ötürü bahsedilen ağır metal birikiminin artmış olması gayet olası bir sonuç olarak karşımıza çıkmıştır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kastamonu kıyılarından yakalanan ve ekonomik öneme haiz olan Palamut, İstavrit, Mezigit ve Barbun balıklarının kas, karaciğer ve solungaç dokularında ağır metal düzeylerinin tespit edildiği çalışmada bütün türlerde kas dokularındaki birikim solungaç ve karaciğere göre daha düşük izlenmiştir. Bu bağlamda demir, bakır, nikel, çinko verileri Türk gıda kodeksi, Avrupa birliği direktifleri ve dünya sağlık örgütü standartları çerçevesinde kabul edilebilir limitler içerisinde belirlenirken kadmiyum ve kurşun bu limitlerin üzerinde tespit edilmiştir. Elde edilen kadmiyum ve kurşun verilerinin yüksek bulunması özellikle örnekleme bölgelerinin maden yataklarına yakın oluşuna bağlanabilecektir ki avcılık yapılan alanlara bu dağlardan gelen iç sular dökülmektedir. Ülke ortalamasına göre fazlaca yağış alan örnekleme bölgelerine iç sularında bağlanması hem yağışlarla taşınan metallerin hem de liman ve endüstri faaliyetleri sonucu ortaya çıkan metallerin suya aktarımı ile açıklanabilecektir. Ayrıca liman içerisinde bulunan tersane faaliyetleri de bu yönlü olarak

önemli ölçüde olumsuz katkı sağlamaktadır. Bu nedenle ilgili faaliyetleri düzenleyici tedbirlerin ilgili kurumlarca alınması gereklidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kastamonu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetimi Koordinatörlüğü tarafından KÜBAP-01/2014-01 numarası ile finanse edilmiştir

KAYNAKLAR

- Allen-Gil, S. M., and Martynov, V. G. 1995. Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, northern Russia. *Science of the Total Environment*, 160, 653-659.
- Barak, N. E., and Mason, C. F. 1990. Mercury, cadmium and lead concentrations in five species of freshwater fish from eastern England. *Science of the Total Environment*, 92, 257-263.
- Bustamante, P., Bocher, P., Cherel, Y., Miramand, P., and Caurant, F. 2003. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. *Science of the total environment*, 313(1), 25-39.
- Canlı, M. ve Atlı, G. 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*, 121(1), 129-136.
- Canlı, M. and Furness, R. W. 1993. Toxicity of heavy metals dissolved in sea water and influences of sex and size on metal accumulation and tissue distribution in the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. *Marine environmental research*, 36(4), 217-236.
- Cid, B. P., Boia, C., Pombo, L., and Rebelo, E. 2001. Determination of trace metals in fish species of the Ria de Aveiro (Portugal) by electrothermal atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 75(1), 93-100.
- Cohen, T., Hee, S. S. Q., and Ambrose, R. F. 2001. Trace metals in fish and invertebrates of three California coastal wetlands. *Marine Pollution Bulletin*, 42(3), 224-232.
- Council, Of Europe 1996. *Modern Languages: Learning, Teaching, Assessment. A Common European Framework of Reference*. Council of Europe, Strasbourg, 1998, 2001.
- Dave, G. and Xiu, R. 1991. Toxicity of mercury, copper, nickel, lead, and cobalt to embryos and larvae of zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 21(1), 126-134.
- DeConto Cinier, C., Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin, D., and Bouvet, Y. 1999. Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Pharmacology, Toxicology and Endocrinology*, 122(3), 345-352.
- Dick, P. T., and Dixon, D. G. 1985. Changes in circulating blood cell levels of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, following acute and chronic exposure to copper. *Journal of Fish Biology*, 26(4), 475-481.
- Eisler, R. 1988. *Lead Hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review*. Biological Report 85. Laurel, Maryland: US Fish and Wildlife Service.
- EU, 2001. Commission Regulation as regards heavy metals, Directive 2001/22/EC, No: 466/2001.
- WHO/FAO 1987. *Principles of the Safety Assessment of Food Additives and Contaminants in Food*. Environmental Health Criteria, Geneva, No: 70.
- Ikuta, S. 1985. Ab initio MO calculations on the stable conformations and their binding energies of the ion-molecule complexes: Ion= H⁺, Li⁺, Na⁺, K⁺ Be²⁺, and molecule= CO and N₂. *Chemical physics*, 95(2), 235-242.
- Kalay, M., Ay, Ö., and Canlı, M. 1999. Heavy metal concentrations in fish tissues from the Northeast Mediterranean Sea. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63(5), 673-681.
- Kargin, F. 1996. 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*, 90(3-4), 557-562.
- Karadede, H. ve Ünlü, E. 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Chemosphere*, 41(9), 1371-1376.
- Karadede, H., Oymak, S. A., Ünlü, E. 2004. Heavy metals in mullet, *Liza abu*, and catfish, *Silurus triostegus*, from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey. *Environment International*, 30(2), 183-188.
- Kayhan, F.E., Balkıs, N., Aksu, A., 2006. İstanbul Balık Halinden Alınan Akdeniz Midyelerinde (*Mytilus gallaprocincialis*) Arsenik Düzeyleri. *Ekoloji Dergisi*, 15, 61, 1-5.

- Kwon, Y. T., and Lee, C. W. 2001. Ecological risk assessment of sediment in wastewater discharging area by means of metal speciation. *Microchemical Journal*, 70(3), 255-264.
- Linde, A. R., Sanchez-Galan, S., Izquierdo, J. I., Arribas, P., Maranon, E., and García-Vázquez, E. 1998. Brown trout as biomonitor of heavy metal pollution: effect of age on the reliability of the assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 40(1), 120-125.
- Mansour, S. A., and Sidky, M. M. 2002. Ecotoxicological studies. 3. Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. *Food Chemistry*, 78(1), 15-22.
- Mertens, D. 2005. AOAC official method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis*, 18th edn. Horwitz, W., and GW Latimer,(Eds), 3-4.
- Nimmo, D. R., Willox, M. J., Lafrancois, T. D., Chapman, P. L., Brinkman, S. F., and Greene, J. C. 1998. Effects of metal mining and milling on boundary waters of Yellowstone National Park, USA. *Environmental management*, 22(6), 913-926.
- Papagiannis, I., Kagalou, I., Leonardos Petridis, D., and Kalfakaou, V. 2004. Copper and zinc in four freshwater fish species from Lake Pamvotis (Greece), *Environmental International* 30: 357-362.
- Romeo, M., Siau, Y., Sidoumou, Z., and Gnassia-Barelli, M. 1999. Heavy metal distribution in different fish species from the Mauritania coast. *Science of the Total Environment*, 232(3), 169-175.
- Topçuoğlu, S., Kırbaçoğlu, Ç. ve Güngör, N. 2002. Heavy metals in organisms and sediments from Turkish Coast of the Black Sea, 1997-1998. *Environment International*, 27(7), 521-526.
- Topçuoğlu, S., Güven, K. C., Balkıs, N. ve Kırbaçoğlu, Ç. 2003. Heavy metal monitoring of marine algae from the Turkish Coast of the Black Sea, 1998-2000. *Chemosphere*, 52(10), 1683-1688.
- Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., and Akyurt, I. 2005. Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91(1), 167-172.
- Tüzen, M. 2003. Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food chemistry*, 80(1), 119-123.
- Yılmaz, A. B. 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research*, 92(3), 277-281.
- Wagner, A., and Boman, J. 2003. Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 58(12), 2215-2226.