

Determination of Heavy Metal Level in Grey Mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758) Fish Caught from Bafa Lake

Süleyman ÖNER¹, Murat METLİ²

¹Muğla Sıtkı Koçman University, Milas Vocational School, Hotel Restaurant and Catering Services Department, 48200, Milas/Muğla, Turkey.

²Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Milas Veterinary Medicine, Food Hygiene and Technology Department, 48200, Milas/Muğla, Turkey.

ABSTRACT

Seafood are an ideal animal products as adequate and balanced nutrition for human. However, fish affected by environmental pollution maybe transfer the harmful effects of pollution to humans at the end of the food chain. Bafa Lake has been frequently mentioned with the environmental pollution problems in recent years. In this study, the accumulation of copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), cadmium (Cd), and lead (Pb) heavy metal elements were investigated in the fillet, gonad, liver, and gills of grey mullet fish, which is one of the most caught fish species from Bafa Lake. According to the results obtained, more element concentration levels were determined in the liver and gills than ones in the muscle tissue. Cu concentration was ranked according to tissues, liver > gill > gonad > fillet form; Zn amount, liver > gonad > gill > fillet form; Fe amount, liver > gill > gonad > fillet shaped; Cd amount, liver > filet > gill > gonad. The amount of Pb was found in the form of gonat > liver > filet > gill. It was determined that 16% Cd and 68% Pb out of all the muscle tissue in the samples had above the consumable limit respectively. So, these results are a very risky situation for public health. In order to prevent environmental pollution in Bafa Lake and its harmful effects on humans and other living things, it should not be disconnected from the Meander (Büyük Menderes) River, industrial discharges to be made in the Meander River should be done after treatment, and basin management should always be at the forefront in the development works around the lake.

Keywords: Heavy Metal, Bafa Lake, Grey Mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758), AAS.

Bafa Gölü'nden Avlanan Topan Kefal (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758) Türü Balıklarda Ağır Metal Düzeyinin Belirlenmesi

ÖZ

Su ürünleri yeterli ve dengeli beslenme için ideal hayvansal ürünlerdir. Ancak çevre kirliliğinden etkilenen balıklar, beslenme zincirinin sonundaki insana, kirliliğin zararlı etkilerini aktarabilmektedir. Bafa Gölü, son yıllarda görülen çevre kirliliği problemleriyle adından sıkça söz ettirmektedir. Bu çalışmada, Bafa Gölü'nden en çok avlanan balık türlerinden olan topan kefalın fileto, gonat, karaciğer ve solungaçlarında, bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) elementlerinin birikimleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, karaciğer ve solungaçlarda kas dokuya göre daha fazla miktarda element konsantrasyonu belirlenmiştir. Cu konsantrasyonu sıralaması dokulara göre, karaciğer > solungaç > gonat > fileto şeklinde; Zn miktarı, karaciğer > gonat > solungaç > fileto şeklinde; Fe yoğunluğu, karaciğer > solungaç > gonat > fileto şeklinde; Cd miktarı, karaciğer > fileto > solungaç > gonat şeklinde; Pb miktarı ise gonat > karaciğer > fileto > solungaç şeklinde bulunmuştur. Kas doku örneklerinin %16'sında Cd, % 68'inde Pb miktarlarının tüketilebilirlik sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç insan sağlığı açısından oldukça riskli bir durumdur. Bafa Gölü'nde çevre kirliliğinin ve bunun insanlara ve diğer canlılara olan zararlı etkilerinin önüne geçebilmek için, gölün Büyük Menderes Nehri ile olan bağlantısı kesilmemeli, Büyük Menderes Nehri'ne yapılacak endüstriyel deşarjlar, arıtım sonrası yapılmalı, göl çevresindeki imar çalışmalarında havza yönetimi hep ön planda olmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Bafa Gölü, Topan Kefal (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758), AAS.

To cite this article: Öner S, Metli M. Determination of Heavy Metal Level in Grey Mullet (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758) Fish Caught from Bafa Lake. Kocatepe Vet J. (2021) 14(1):65-70

Submission: 07.01.2021

Accepted: 18.02.2021

Published Online: 19.02.2021

ORCID ID; S.Ö.: 0000-0002-0593-9610, M.M.: 0000-0001-9247-3347

*Corresponding author e-mail: muratmetli@mu.edu.tr

GİRİŞ

Su ürünleri yeterli ve dengeli beslenme için ideal hayvansal ürünlerdir. Esansiyel aminoasitlere sahip proteinleri, birden fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitlerine sahip lipidleri, çok düşük karbonhidrat miktarı, dengeli bir şekilde içerdiği vitamin ve mineral içeriği ile su ürünleri özellikle de balıklar değerli besinlerdir (Varlık, 2004).

Ancak su ürünlerinin yaşamını sürdürdüğü su ortamları, endüstriyel, zirai ve evsel kaynaklı çevre kirleticilerinin en sonunda biriktiği alıcı ortamlar olmaktadır (Nassouhi ve ark. 2018). Su canlılarından hareketli olanlar, çevre kirleticilerinin olumsuz etkilerinden temiz alanlara kaçarak nispeten daha az etkilenenler de biyolojik özellikleri nedeniyle sabit yaşam sürdüren su canlıları (midye, istiridye v.b.) en çok etkilenenlerdir. Göl, lagün gibi su sirkülasyonunun çok az veya hiç olmadığı kapalı havzalarda ise durum daha da kötü olabilmektedir. Çevresel kirleticiler gölün tamamına sirayet edip, hareketli su canlılarını dahi kontamine ederek zararlı maddelerin organizmalarda birikimine neden olabilmektedir (Łuczynska ve ark., 2018).

Su alıcı ortamlarını kirlüten ve canlı ekosisteminde dengeyi bozan kirleticiler, inorganik ve organik yapıda olabilmektedir. Bu kirleticiler metaller, pestisitler, poliklorlu bifeniller (PCB), polibromlu difenil eterler (PBDE), dioksinler, furanlar ve poliaromatik hidrokarbonlar (PAH)'dır. Bu kirleticiler, suda yaşayan organizmalara toksik etki yaptığı gibi su canlılarıyla beslenen, beslenme zincirinin tüm aşamalarındaki canlıları ve insanları da etkilemektedir (Webb ve Gagnon, 2002, Hernández ve ark. 2017).

5 g/cm³ 'ten daha yüksek yoğunlukta ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etkiler gösteren metaller ve metaloidlere ağır metal adı verilmektedir. Bunlardan Bakır (Cu), çinko (Zn), demir (Fe) gibi ağır metaller, canlı vücudunda önemli işlevlerin yerine getirilmesinde görev alırlar ve esansiyel metaller olarak sınıflandırılırlar. Non-esansiyel metaller olarak bilinen kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), civa (Hg) gibi ağır metaller ise canlı organizması için bilinen bir fonksiyona sahip olmamasına rağmen, çok düşük dozlarda dahi toksik etkiler gösterebilmektedirler. Bu arada esansiyel metallerin de belirli yoğunluğun üzerinde alındıklarında toksik etki gösterebileceği, gözden kaçırılmaması gereken bir konudur (Järup, 2003, Nassouhi ve ark. 2018).

Topan kefal, tropik ve subtropik sığ sularda yaşayan, zaman zaman haliç ve lagünlere de girip çıkan, ekonomik bir balık türüdür. Hem yetişkin hem de genç balıklar, zooplankton larvaları, organik atıklar ve mikro alglerle beslenirler. Ekolojik açıdan önemli olmaları ve gıda zincirinde anahtar rol oynamaları

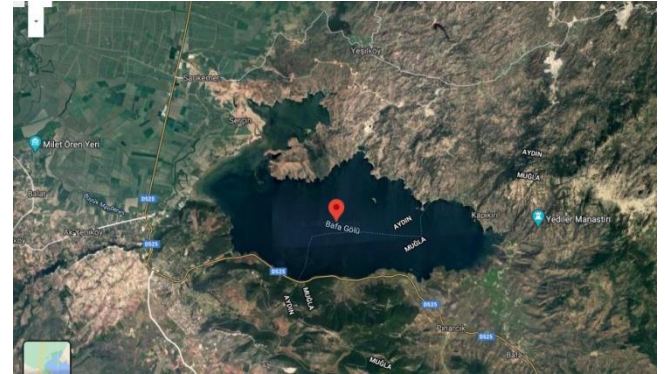
nedeniyle toksisite çalışmaları için test organizması olarak kullanılmaktadırlar (Nagarjuna, Mohan, 2017). Bafa Gölü'nde ekonomik olarak en çok avlanan balık çeşitleri kefal türleridir (Mugil spp.). Kefal türleri içinde de topan kefal öne çıkmaktadır (Şaşı ve Yabanlı, 2015).

Bu araştırma, Bafa Gölü'nde avlanan topan kefal balıklarında seçilmiş ağır metal (Cu, Zn, Fe, Cd, Pb) kontaminasyon düzeyinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL ve METOT

Çalışma Alanı

Bafa Gölü, Ege Bölgesi Kıyı Ege Bölümü'nde antik Milet Şehrinin doğusunda yer alan Türkiye'nin en büyük kıyı göllerinden biridir (Müllenhoff ve ark., 2004), (Resim 1). Büyük Menderes Nehir Havzasının güneydoğu kesiminde, Teke Dağlarının kuzeyinde, Batı Menteşe Dağlarının batısında bulunan sığ bir tatlı su gölüdür. Göl, 37° 31' Kuzey, 27° 27' Doğu koordinatlarında yer alır (Şaşı ve Yabanlı, 2015). Antik çağlarda Ege Denizi ile birleşik bir körfez olan (Latmos Körfezi) Bafa Gölü'nün kuzey batı yönünün, Büyük Menderes Nehri'nin taşıdığı alüvyonlarla set şeklinde kapatılmasıyla günümüzde göl halini almıştır (Müllenhoff ve ark., 2004).



Resim 1: Bafa Gölü Haritası (Yandex Harita)

Figur 1: Bafa Lake Map (Yandex Map)

Örneklerin Toplanması ve Analize Hazırlanması:

Bafa Gölü'nden Ekim 2015 ile Mart 2016 arasında avlanan topan kefal numuneleri, haftada bir steril şartlarda alınıp soğuk zincir içerisinde Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Araştırma Laboratuvarları Merkezine getirilmiştir. Analiz öncesinde balıkların fileto (kas), gonat (eşey organı), karaciğer ve solungaçları diseke edilerek tüm dokuların ayrı ayrı homojenizasyonları yapılmıştır. 24 hafta boyunca örnek alım işlerine devam edilerek 25 örnek toplanmıştır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Örneklerin Analizi:

Doku örnekleri, sabit tartıma gelmesi için 120 °C'de kurutulmuştur. Kuru örneklerden 0,5 g alınmış ve üzerine 8 mL HNO₃ ve 2 mL H₂O₂ ilave edilerek mikrodalga fırında (Cem Mars 5) 200 °C'de 300 psi basınçta yaş yakma yapılmıştır. Cu, Fe ve Zn elementlerinin analizi alevli atomik absorpsiyon spektrometrede (AAS) (Agilent240FS AA), Cd ve Pb elementlerinin analizi ise grafit fırın AAS'de (Agilent GTA 120) yapılmıştır.

Bu çalışmada, toplanan 25 adet topan kefal örneğinden diseksiyonla fileto, gonat, karaciğer ve solungaç dokuları elde edilmiştir. Her bir dokudan 25 adet olmak üzere toplamda 100 dokuda Cu, Zn, Fe, Cd, Pb elementlerinin düzeylerine bakılmıştır. Topan kefal balık örneklerinin çeşitli organ ve kısımlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg) Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Topan kefal balık örneklerinin çeşitli organ ve kısımlarında belirlenen ağır metal düzeyleri (mg/kg)
Table 1: Heavy metal levels determined in various organs and parts of topan grey mullet fish samples (mg/kg)

		Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Demir (Fe)	Kadmiyum (Cd)	Kurşun (Pb)
Fileto	X±Sx	1,87±2,25	4,11±2,08	4,10±3,28	0,036±0,104	0,34±0,15
	Min	0,000	2,37	0,00	0,000	0,03
	Max	8,73	9,75	9,83	0,501	0,60
Gonat	X±Sx	1,96±2,28	13,82±8,23	12,26±13,21	0,016±0,044	0,51±0,44
	Min	0,00	0,20	0,00	0,000	0,14
	Max	10,41	28,09	48,79	0,225	2,47
Karaciğer	X±Sx	42,33±38,65	27,10±23,91	137,24±78,19	0,128±0,099	0,39±0,13
	Min	1,71	9,88	22,24	0,000	0,15
	Max	165,33	115,54	311,78	0,377	0,56
Solungaç	X±Sx	7,85±16,38	12,72±5,15	58,51±21,87	0,028±0,075	0,34±0,13
	Min	0,00	1,33	8,04	0,000	0,08
	Max	58,94	28,05	114,19	0,322	0,50

Elde edilen element konsantrasyonlarının dokulara göre dağılımı incelendiğinde karaciğer ve solungaçlarda kas dokuya göre daha fazla miktarda element belirlenmiştir. Cu konsantrasyonu sıralaması dokulara göre, karaciğer > solungaç > gonat > fileto şeklinde; Zn miktarı, karaciğer > gonat > solungaç > fileto şeklinde; Fe yoğunluğu, karaciğer > solungaç > gonat > fileto şeklinde; Cd miktarı, karaciğer > fileto > solungaç > gonat şeklinde; Pb miktarı ise gonat > karaciğer > fileto > solungaç şeklinde bulunmuştur.

Türkiye ve Avrupa Birliği mevzuatında, bu çalışmada incelenen ağır metallere sadece Cd ile Pb için balıklarda tüketilebilirlik sınırı belirlendiğinden söz konusu elementlerde bu mevzuata göre değerlendirme yapılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği, 1881/2006/EC). Cu, Zn ve Fe için ise Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) bildirdiği tüketilebilirlik sınırı dikkate alınmıştır (FAO/WHO, 1989; Aşgedom ve ark., 2012). Mevzuatta limitler yaş ağırlık üzerinden verildiği için karşılaştırma yapılabilmesi için çalışmamızda kuru madde oranı üzerinden elde edilen sonuçlar, rutubet oranı kullanılarak düzeltilmiştir.

Buna göre yenilebilir kısım olan filetolarda, Cu, Zn ve Fe miktarı tespit edilemeyen örnekler olduğu gibi tüketilebilir limitin üzerinde miktara rastlanmamıştır. Gonatlarda da Cu, Zn ve Fe miktarı tespit edilemeyen örnekler olduğu gibi tüketilebilir limitin üzerinde miktara rastlanmamıştır. Fileto örneklerinin %16'sında Cd, % 68'inde Pb miktarlarının tüketilebilirlik sınırının üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Gonatların % 4'ünde Cd, % 80'inde Pb miktarlarının tüketilebilirlik sınırının üzerinde olduğu

tespit edilmiştir. Karaciğer örneklerinin % 56'sında Cu ve Fe, % 12'sinde Zn, % 76'sında Cd, % 72'sinde Pb miktarlarının tüketilebilirlik sınırının üzerinde olduğu görülmüştür. Solungaçların da % 16'sında Cu, % 4'ünde Fe, % 12'sinde Cd, % 64'ünde Pb miktarlarının tüketilebilirlik sınırının üzerinde olduğu belirlenmiştir. Solungaçların hiçbiri Zn açısından tüketilebilirlik sınırını aşmamıştır.

Bafa Gölü ve Büyük Menderes Nehri'nin bağlantısı iki kanal vasıtası ile sürdürülmektedir. Böylece gölün taze su girişi çıkışı sağlanmaktadır. Ancak tarımsal sulama faaliyeti için Büyük Menderes Nehri'nin suyuna ihtiyaç duyulduğu sezonlarda (yılda yaklaşık 5-6 ay) bu bağlantı kesilmekte ve Bafa Gölü'nün su sirkülasyonu engellenmektedir. Ayrıca Büyük Menderes Nehri'nin beslediği Afyon, Uşak, Aydın ve Denizli havzalarından kaynaklanan evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyet atıkları nehir vasıtasıyla Bafa Gölü'ne taşınmaktadır. Göle ulaşan atıklar kanal tabanına göre daha derin olan Bafa Gölü'nde birikmektedir (Anonim, 2018; Kesici ve Kesici, 2014). Gölün yakın havzasında yapılan tarımsal faaliyetler, zeytinyağı üretim tesisleri, turistik tesis kaynaklı atıklar ile evsel atıklar da gölün kirliliğini arttıran unsurlardır (Kesici ve Kesici, 2014).

Çevre kirliliği doğrudan temas halindeki canlıları etkilediği gibi beslenme zinciri vasıtasıyla kirlilik odağından uzak yaşayan insanları da olumsuz etkileyebilmektedir. Çevre kirliliğini oluşturan başat unsurlardan ağır metaller arasında insan sağlığını olumsuz etkileyen Pb ve Cd önemli elementler olmakla birlikte; Fe, Cu ve Zn elementleri de canlılar için esansiyel fakat belirli düzeyin üzerinde alındığında yine insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Yipel ve Yarsan 2014).

Ağır metal birikimi, kas dokularında, diğer doku ve organlara göre (karaciğer, gonat ve solungaç gibi) daha az olmasına rağmen kas dokunun gıda olarak tüketilen kısım olması nedeniyle buradaki birikim daha önemlidir. Balıklarda solungaçlar, çözünmüş metalin organizmaya girdiği yer ve karaciğer de detoksifikasyonunun gerçekleştirildiği organ olduğu için ağır metal yoğunluğuna bu iki organda daha çok rastlanabilmektedir (Yipel, 2012).

Yılmaz (2009) Köyceğiz Gölü'nden yakalanan 44 adet topan kefal örneğinde Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini indüktif eşleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi (ICP/AES) ile araştırmış ve örneklerin kas dokularında Cu, Zn, Cd ve Pb miktarlarını ortalama olarak sırasıyla 6,34; 98,6; 0,12; 0,43 mg/kg; karaciğer dokularında 749,76; 402,61; 3,32; 0,78 mg/kg; solungaçlarında da 5,68; 176,93; 0,37; 1,96 mg/kg düzeyinde olduğunu bildirmiştir. Bizim

çalışmamızda ise tüm ağır metallerin daha düşük tespit edildiği gözlenmektedir.

Yabanlı ve ark. (2013) Bafa Gölü'nden elde edilen 22 adet levreğin kas, karaciğer ve solungaçlarında Cu, Cd, ve Pb elementlerinin miktarını indüktif eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) ile analiz etmiş ve kas dokularında Cu, Cd, ve Pb yoğunluğunu ortalama olarak sırasıyla 0,61; 0,05; 0,23 mg/kg; karaciğer dokularında 1,09; 0,02; 0,25 mg/kg; solungaçlarda 0,48; 0,04; 0,34 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Kas dokudaki ağır metal oranı bizim çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Ancak karaciğerde özellikle Cu yoğunluğunun bizim çalışmamıza göre daha fazla olduğu görülmektedir.

Aydın-Önen ve ark. (2015) Bafa Gölü'nden Eylül 2010 ile Mayıs 2011 arasında toplanan topan kefal balıklarında ağır metal miktarlarını AAS ile analiz etmişler, kas dokularında Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini sırasıyla ortalama 1,18; 16,01; 0,02; 0,73 mg/kg; karaciğerlerinde de 190,62; 160,31; 0,59; 0,57 mg/kg bulmuşlardır. Aydın-Önen ve arkadaşlarının çalışmasında ağır metal oranının bir miktar fazla olduğu gözlenmektedir.

Bayhan ve Ünübol Aypak (2016) Büyük Menderes Nehri'nin Deltasında avlanan kefal örneklerini indüktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) ile analiz etmişler ve kas dokularında Cu, Zn ve Cd konsantrasyonunu sırasıyla ortalama 25,21; 101,83; 6,07 mg/kg; karaciğerlerinde 378,56; 527,60; 9,13 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Ağır metal miktarının hem kas dokuda hem de karaciğerde bizim çalışmamızdan oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Damodharan ve Reddy (2013) kurak ve yağışlı mevsimlerde olmak üzere Hindistan Uppanar Nehri'nin aşağı ve yukarı kesimlerinden elde edilen 56 adet topan kefalın kas dokularında Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerinin yoğunluğuna AAS ile analiz etmişlerdir. Kurak mevsimde Uppanar Nehri'nin yukarı kesiminden elde edilen balıklarda Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini sırasıyla ortalama 0,04; 14,09; 0,01; 0,055 mg/kg, aşağı kesiminden elde edilen balıklarda aynı elementleri 0,18; 16,26; 0,01; 0,19 mg/kg tespit etmişlerdir. Yağışlı sezonda yukarı kesimden avlanan örneklerde yine Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini sırasıyla ortalama 0,02; 3,11; 0,002; 0,02 mg/kg; aşağı kesimden elde edilen balıklarda 0,13; 8,32; 0,01; 0,10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Zn miktarının bizim çalışmamıza göre yüksek diğer ağır metallerin ise düşük olduğu gözlenmektedir.

Krishna ve ark. (2014) Hindistan, Machilipatnam Sahili'nden toplanan topan kefal örneklerinde Cu, Zn,

Cd elementlerinin miktarını AAS ile araştırmışlardır. Balıkların kas dokularında Cu, Zn, Cd elementlerinin yoğunluğunu sırasıyla ortalama 25,21; 101,83; 6,07 mg/kg; karaciğerlerde 378,56; 527,60 ve 9,13 mg/kg tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamıza göre Krishna ve arkadaşlarının bulduğu sonuçlar oldukça yüksek görülmektedir.

Makedonski ve ark. (2017) Bulgaristan'ın Kara Deniz kıyılarından elde ettikleri 6 adet topan kefalde Cu, Zn, Cd ve Pb elementlerini AAS ile analiz etmişler ve kas dokuda Cu, Zn, Cd ve Pb miktarını sırasıyla ortalama 0,34; 5,2; 0,012; 0,05 mg/kg; solungaçlarda ise 0,96; 7,3; 0,013; 0,07 mg/kg bulmuşlardır. Bizim araştırmamıza göre bu araştırmada bulunan ağır metal içeriklerinin düşük olduğu görülmektedir.

Bizim çalışmamız ile diğer araştırma sonuçları arasındaki farklılıkların sebebinin, alıcı ortamların kirlilik düzeylerinin değişken olması, balık türleri arasındaki metabolizma farklılığı, ağır metal miktarı hesabının kuru ağırlık üzerinden yapılması, çalışmanın su debisinin azaldığı ve ağır metal konsantrasyonunun yükseldiği yaz aylarında yapılmış olması gibi sebeplerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

SONUÇ

Bafa Gölü'nde yaptığımız bu çalışmada özellikle iz elementlerden olan Cd ve Pb'nin balığın yenilebilir kısımlarında, mevzuatta belirtilen tüketilebilir limitlerin üstünde olduğu görülmektedir. Bu sonuç insan sağlığı açısından oldukça riskli bir durumdur. Bilinçli veya bilinçsiz olarak doğaya bırakılan atıklar, genel olarak beslenme zincirinin son halkası olan insana sağlık riski olarak geri yansımaktadır. Beslenme yoluyla organizmaya alınan ağır metallerin sağlığa olan etkilerinin uzun vadede ortaya çıkması, bu sorunun göz ardı edilmesine sebep olmaktadır. Bafa Gölü'nde kirliliğin önlenmesi için Büyük Menderes ile olan bağlantısının kesilmemesi gerekmektedir. Ayrıca çok geniş bir havzanın alıcı ortamı olan Büyük Menderes Nehri'ne yapılacak endüstriyel deşarjlar, arıtım sonrası yapılmalıdır. Bafa Gölü'nün ve Büyük Menderes Nehri'nin kirlilik parametreleri bir plan dahilinde izlenmelidir. Tarımsal ilaç kutularının, ilaçlama alet ve ekipmanların temizliği; atıklarının alıcı ortamlara (akarsu, göl) ulaşacağı şekilde yapılmamalıdır. Bunun için çok geniş bilgilendirme kampanyaları düzenlenmelidir. Göl çevresindeki imar çalışmalarında havza yönetimi hep ön planda olmalıdır. Artık, çevre kirliliği göz zevkini bozan bir durum olmaktan çıkmış, insan sağlığına kasteden bir vaka haline gelmiştir.

Çıkar çatışması: Yazarlar bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Etik izin: Bu çalışma "Hayvan Deneyleri Etik Kurullarının Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik" Madde 8 (k) gereği HADYEK iznine tabi değildir.

Finansal destek: Bu çalışma Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından "15/069" proje numarası ile desteklenmiştir.

Açıklama: Bu çalışmada desteklerini veren Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Gıda Analizleri Uygulama ve Araştırma Merkezi araştırmacılarına Teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- Anonim,** Aydın Büyükşehir Belediyesi. Aydın-2040, 1/25.000 ölçekli nazım imar planı açıklama raporu. 2018. Erişim Adresi: <https://aydin.bel.tr/Content/assets/Videolar/2312019143104.pdf>
- Asgedom AG, Desta MB, Gebremedhin YW.** Bioaccumulation of heavy metals in fishes of Hashenge Lake, Tigray, Northern Highlands of Ethiopia, American Journal of Chemistry, 2012; 2(6): 326-334.
- Aydın-Önen S, Küçüksezgin F, Koçak F, Açık S.** Assessment of heavy metal contamination in *Hediste diversicolor* (O.F. Müller, 1776), *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758), and surface sediments of Bafa Lake (Eastern Aegean), Environ Sci Pollut Res., 2015; 22:8702–8718.
- Bayhan T, Ünübol Aypak S.** Büyük Menderes Deltasından avlanan kefal ve levreklerde Cu, Zn ve Cd düzeylerinin belirlenmesi ve metalotiyonin ile ilişkisinin araştırılması, GIDA, 2016; 41 (5): 359-365
- Commission Regulation** 2006/1881/ EC European Commission (2006) setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs, Brussels.
- Damodharan U, Reddy M.V.** Heavy metal bioaccumulation in edible fish species from an industrially polluted river and human health risk assessment, Arch. Pol. Fish., 2013; 21: 19-27.
- Hernández ÁR, Camacho M, Henríquez-Hernández LA, Boada LD, Valerón PF, Zaccaroni A, Zumbado M, Almeida-González M, Rial-Berriel C, Luzardo OP.** Comparative study of the intake of toxic persistent and semi persistent pollutants through the consumption of fish and seafood from two modes of production (wild-caught and farmed). Science of the Total Environment, 2017;575: 919–931.
- Järup L.** Hazards of heavy metal contamination, British Medical Bulletin, 2003; 68: 167–182
- Kesici E ve Kesici C.** Bafa Gölü Tabiat Parkında yaşam son bulurken son çığlık eylemi, Tabiat ve İnsan, 2014; 48(188): 25-31

- Krishna PV, Madhusudhana Rao K, Swaruparani V.** Heavy metals concentration in fish *Mugil cephalus* from Machilipatnam Coast and Possible Health Risks to Fish Consumers, *British Biotechnology Journal*, 2014; 4(2): 126-135
- Łuczynska J, Paszczyka B, MJ. Łuczynski MJ.** Fish as a bioindicator of heavy metals pollution in aquatic ecosystem of Pluszne Lake, Poland, and risk assessment for consumer's health, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2018; 153:60–67.
- Makedonski L, Peycheva K, Stancheva M.** Determination of heavy metals in selected black sea fish species, *Food Control*, 2017; 72: 313-318.
- Müllenhoff M, Handl M, Knipping M, Brückner H.** The evolution of Lake Bafa (Western Turkey)–Sedimentological, microfauna and palynological results, 2004; *Coastline Rep* 1:55–66.
- Nagarjuna A, Mohan D.** Biochemical and histopathological changes induced by nickel in the striped mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus 1758), *Bull Environ Contam Toxicol*. 2017; 98: 33-40.
- Nassouhi D, Ergönül MB, Fikirdeşici Ş, Karacakaya P, Atasagun S.** Ağır metal kirliliğinin biyoremediasyonunda bazı su içi ve yüzücü sucül makrofitlerin kullanımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 2018; 14(2), 148-165.
- Şaşı H, Yabanlı M.** Bafa Gölü'nün biyo-çeşitliliği ve çevresel sorunları, Tuna M, (Proje Yürütücüsü) Bafa Gölü Havzasında toplum destekli ekoturizm faaliyetlerinin belirlenmesi projesi sonuç raporu, Proje No: GEKA TR32 14 DFD 0043, 2015; Erişim adresi: https://geka.gov.tr/uploads/pages_v/bafa-golu-havzasinda-toplum-destekli-ekoturizm-faaliyetlerinin-belirlenmesi-2014.pdf
- Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği** (2011, 29 Aralık). Resmi Gazete (Sayı: 28157 (3. Mükerrer)). Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm>
- Varlık C, Erkan N, Baygar T.** Su ürünleri besin bileşimi, In *Su ürünleri işleme teknolojisi*, Ed; Varlık C. İstanbul Üniversitesi Yayınları, Yayın No:4465, İstanbul, 2004; p.p. 1-43.
- Webb D, Gagnon M.M.** Biomarkers of Exposure in fish inhabiting the swan-canning Estuary, Western Australia- A Preliminary Study, *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 2002; 9:259-269.
- WHO/FAO.** National Research Council Recommended Dietary 626 Allowances (10th ed). National Academy Press. Washington, DC. USA. 1989.
- Yabanlı M, Coşkun Y, Öz B, Yozukmaz A, Sel F, Öndeş S.** Bafa Gölü'nden elde edilen levreklerde (*Dicentrarchus Labrax*) ve göl suyunda ağır metal içeriğinin belirlenmesi ve balık/halk sağlığı açısından durum değerlendirmesi, *Bornova Vet. Bil. Derg.*, 2013; 35 (49): 15-23.
- Yandex Harita.** (2020) Bafa Gölü Haritası [Harita]. Erişim Adresi: https://yandex.com.tr/harita/983/turkey/geo/bafa_golu/2525113833/?l=sat%2Cskl&ll=27.453045%2C37.515059&z=12
- Yılmaz F.** The comparison of heavy metal concentrations (Cd, Cu, Mn, Pb, and Zn) in tissues of three economically important fish (*Anguilla anguilla*, *Mugil cephalus* and *Oreochromis niloticus*) inhabiting Köyceğiz Lake-Mugla (Turkey), *Turkish Journal of Science & Technology*, 2009; Volume 4, No 1: 7-15.
- Yipel M, Yarsan E.** A Risk Assessment of heavy metal concentrations in fish and an invertebrate from the Gulf of Antalya, *Bull Environ Contam Toxicol.*, 2014; 93:542–548
- Yipel M.** Akdeniz Antalya Körfezi'nde avlanan barbunya (*Mullus barbatus*, Linnaeus, 1758), kefal (*Mugil cephalus*, Linnaeus, 1758), yeşil kaplan karidesi (*Panaeus semisulcatus*, De Haan, 1844) türlerinde bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi (Doktora Tezi) 2012. Erişim Adresi: <https://dspace.ankara.edu.tr/xmlui/handle/20.500.12575/35394>