

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**BİNGÖL'DE TÜKETİLEN BAZI BALIKLARDA AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Murat GÜLTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA

TUNCELİ-2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BİNGÖL'DE TÜKETİLEN BAZI BALIKLARDA AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Murat GÜLTÜRK
(171106104)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA

TUNCELİ – 2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BİNGÖL'DE TÜKETİLEN BAZI BALIKLARDA AĞIR METAL
DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

MURAT GÜLTÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez / / 2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza

Doç. Dr. Gülderen KURT
KAYA
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza

Doç. Dr. M. Zülfü ÇOBAN
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

İmza

Doç. Dr. Fahrettin YÜKSEL
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı "Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu"ndaki hükümlere tabidir.

...../...../2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

İmza
Murat GÜLTÜRK

Danışman
Doç. Dr. Gülderen KURT KAYA

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her aőamasında yardım, öneri ve desteğini esirgmeden beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Gülden KURT KAYA'ya, laboratuvar aőamasında yardımlarını esirgemeyen Bingöl Üniversitesi Merkezi Labaratuvar çalıőanlarına, hayatımın her aőamasında olduğu gibi, çalışmamın baőından sonuna kadar maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür eder saygılar sunarım.

Murat GÜLTÜRK
TUNCELİ – 2021



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLOLAR LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ	VI
SEMBOLLER LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL VE METOT	4
2.1. Balık Örneklerinin Alınması	4
2.2. Örnek Hazırlama ve Metal Analizleri	4
2.3. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi	6
2.3.1 Maksimum İzin Verilen Metal Değerleri	6
2.3.2. Metallerin Tahmini Günlük Alım Miktarı.....	7
2.3.3. Kanser ve Kanser Dışındaki Sağlık Riskleri	7
2.4. İstatiksel Analiz	8
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	9
3.1. Bulgular	9
3.1.1. Kobalt (Co)	9
3.1.2. Arsenik (As)	9
3.1.3. Kadmiyum (cd).....	10
3.1.4. Alüminyum (Al)	11
3.1.5. Krom (Cr)	11
3.1.6. Bakır (Cu).....	12
3.1.7. Demir (Fe)	13
3.1.8.1. Manganez (Mn).....	13
3.1.9. Nikel (Ni).....	14
3.1.10. Kurşun (Pb)	14
3.1.11. Çinko (Zn)	15
3.12. Toksik ve Toksik Olmayan Metaller	17
3.13. Balık Boyu ve Ağırlığı ile Metal Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler.....	19
3.14. Risk Değerlendirmesi	19
3.15. Tartışma.....	21
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	28
4.1. Sonuç	28
4.1.1. İnsan sağlığı risk değerlendirme	28
4.2. Öneriler.....	30
5. KAYNAKLAR.....	31
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 3.1.** Toksik metallerin (Al, As, Cd ve Pb) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı 18
- Şekil 3.2.** Toksik metaller dışındaki diğer metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı 18



TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. İncelenen ağır metallerin insan sağlığına etkileri.....	3
Tablo 2.1. İncelenen balık türlerinin isimleri ve genel özellikleri.....	4
Tablo 2.2. Kalibrasyon standartları.....	5
Tablo 2.3. Referans materyalin geri kazanım düzeyleri ile metallerin LOD değerleri.....	5
Tablo 2.4. Cihaz koşulları.....	6
Tablo 3.1. İncelenen balık türlerindeki Co düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	9
Tablo 3.2. İncelenen balık türlerindeki As düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	10
Tablo 3.3. İncelenen balık türlerindeki Cd düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	11
Tablo 3.4. İncelenen balık türlerindeki Al düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	11
Tablo 3.5. İncelenen balık türlerindeki Cr düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	12
Tablo 3.6. İncelenen balık türlerindeki Cu düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	12
Tablo 3.7. İncelenen balık türlerindeki Fe düzeyleri(mg/kg yaş ağırlık).....	13
Tablo 3.8. İncelenen balık türlerindeki Mn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	14
Tablo 3.9. İncelenen balık türlerindeki Ni düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	14
Tablo 3.10. İncelenen balık türlerindeki Pb düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	15
Tablo 3.11. İncelenen balık türlerindeki Zn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık).....	16
Tablo 3.12. İncelenen balık türlerindeki metallerin ortalama düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) ve türler arasındaki istatistiksel farklar.....	16
Tablo 3.13. Balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal konsantrasyonları ile bu çalışma belirlenen metallerin ortalama değerleri (birimler mg/kg yaş ağırlık).....	17
Tablo 3.14. Balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak önemli olan korelasyonlar ($p < 0,05$).....	19
Tablo 3.15. Balık türlerinde 11 metal için hesaplanan EDI değerleri ve bu metaller için belirlenen TDI değerleri.....	20
Tablo 3.16. Balık türlerinde 11 metalin THQ değerleri ve inorganik As için hesaplanan CR değerleri.....	21
Tablo 3.17. İncelenen balık türleri üzerinde farklı bölgelerde rapor edilen ortalama metal konsantrasyonları (Orijinal değerler kuru ağırlık üzerinden verilmiştir ve burada yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır (yaş ağırlık= kuru ağırlık/4) TL: tespit limiti).....	22

KISALTMALAR LİSTESİ

CR	: Kanser riski
EC	: Avrupa Komisyonu
EDI	: Metallerin tahmini günlük alım değeri
EFSA	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
FAO	: Gıda ve Ziraat Örgütü
FSANZ	: Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları
HI	: Tehlike indeksi, toplam THQ
JECFA	: Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzman Komitesi
LOD	: Tespit limiti
MHPRC	: Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı
TDI	: Tolere edilebilir günlük alım değeri
THQ	: Hedef tehlike katsayısı
USEPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

SEMBOLLER LİSTESİ

Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Kg	: Kilogram
M	: Metre
mg	: Miligram
mL	: Mililitre
mg/L	: 1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Miligram Cinsinden Miktarı
µg/L	: 1 Litre Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
µg/g	: 1 Gram Çözelti İçerisinde Çözünmüş Maddenin Mikrogram Cinsinden Miktarı
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko

ÖZET

Bu araştırmada Bingöl balık halinden temin edilen; deniz ve tatlısu balıklarından oluşan 8 farklı balık türünden [gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), ıपुरa (*Sparusaurata*), mercan (*Sparus pagrus*), inekop (*Pomatomus saltatrix*) ve barbun (*Mullus barbatus*)] 5'er adet satın alınarak, örneklerin kas dokusunda 11 elementin (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) konsantrasyonları saptanmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, en yüksek ortalama Al konsantrasyonu ıपुरada(1,53 mg/kg), en yüksek ortalama As konsantrasyonu barbunda(50,40 mg/kg), en yüksek ortalama Cd (0,0098 mg/kg) ve Co 0,105 mg/kg konsantrasyonu istavrit balığında, en yüksek ortalama Cr (0,077 mg/kg), Cu (0,9 mg/kg), Fe (21,43 mg/kg), Mn (2,026 mg/kg) ve Zn (39,56 mg/kg) konsantrasyonu ise hamside bulunmuştur. En yüksek ortalama Ni (0,256 mg/kg) ve Pb (0,075 mg/kg) konsantrasyonları ise barbun balığında tespit edilmiştir.

Ayrıca bu çalışmada balık türlerinde belirlenen metal düzeyleri ile ilgili olarak insan sağlığı risk tayin metotları kullanılmıştır. Bunun için metallerin tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanarak, tolere edilebilir günlük alım (TDI) değerleri veya referans doz değerleri (RfD) ile karşılaştırılmıştır. Metallerin kanser dışı sağlık risklerini belirlemek için hedef tehlike katsayısı (THQ) ve tehlike indeksi (HI) değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca kanser eğim faktörü kullanılarak inorganik arsenik için kanser riski (CR) hesaplanmıştır. İncelenen balık türlerinin yenilmesi sonucu insan vücuduna giren 11 metale ait EDI değerlerinin TDI veya RfD değerlerini geçmediği belirlenmiştir. Çalışmada balık türlerinde belirlenen metallerin THQ ve HI değerleri eşik değer olan 1'den düşük bulunmuştur. Bu durum, kanser dışı sağlık risklerinin olmadığını göstermektedir. Barbun hariç diğer balık türlerine ait CR değerleri kabul edilebilir aralıkta bulunmuştur. Dolayısıyla CR sonuçlarına göre, barbun balığının tüketilmesi sonucu inorganik arseniğe maruz kalan insanların kansere yakalanma riski bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Balık, arsenik, insan sağlığı risk değerlendirmesi, ağır metaller.

ABSTRACT

Investigation of Heavy Metal Levels in Some Fishes Consumed in Bingöl

In this study, 8 different fish species rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), sea bass (*Dicentrarchus labrax*), anchovy (*Engraulis encrasicolus*), Mediterranean horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*), sea bream (*Sparus aurata*), coral (*Sparus pagrus*), bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and red mullet (*Mullus barbatus*) were purchased at the fish market of Bingöl. For each species, five samples were collected and the concentrations of 11 elements (Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn) were determined in muscle tissue of fish samples. According to the results obtained in the study, the highest average Al concentration in sea bream (1.53 mg / kg), highest average As concentration in red mullet (50,40 mg / kg), the highest average Cd (0.0098 mg / kg) and Co (0.105 mg / kg) concentration in horse mackerel fish, the highest average concentration of Cr (0.077 mg / kg), Cu (0.9 mg / kg), Fe (21.43 mg / kg), Mn (2.026 mg / kg) and Zn (39.56 mg / kg) found in anchovy. The highest average Ni (0.256 mg / kg) and Pb (0.075 mg / kg) concentrations were detected in red mullet.

In this study, human health risk assessment methods were used in relation to metal levels determined in fish species. For this, estimated daily intake (EDI) values of metals were calculated and compared with tolerable daily intake (TDI) values or reference dose values (RfD). The target hazard quotient (THQ) and hazard index (HI) values were calculated to determine the non-cancer health risks of metals. Cancer risk (CR) was also calculated for inorganic arsenic by using cancer slope factor. The EDI values of the 11 metals entering the human body from ingestion of the fish species examined were determined not to exceed the TDI or RfD values. In addition, the THQ and HI values of the metals determined in fish species were lower than the threshold value of 1. This shows that there are no health risks for non-cancer. CR values for all fish species except red mullet were found within the acceptable range. Therefore, according to CR results, people who are exposed to inorganic arsenic as a result of consumption of red mullet are at risk of developing cancer.

Keywords: Fish, arsenic, human health risk assessment, heavy metals.

1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfustaki hızlı artışın yanı sıra, endüstrinin gelişimi, enerji ve gıda ihtiyacı yetersizliği ve insanların aşırı tüketim isteği çevre kirliliği sorununun önemini iyice hissettirir hale getirmiştir (Çulfaz, 2015).

Çevre kirliliği denildiğinde hava, su ve toprak kirlenmesi akla gelir. Toprakta ve havadaki kirleticiler de sonunda su ortamına ulaşır ve su kirliliğine neden olur. Çünkü toprağa ve havaya bırakılan kirleticiler buldukları bölgede kalmaz. Yağmur, sel gibi yollarla yer üstü ve yer altı sularına karışarak kirlenmesine yol açar (Köse, 2007).

Çevre kirliliğinin bir sonucu olarak 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).

Ağır metaller nispeten yüksek yoğunluklara, atom ağırlıklarına veya atom numaralarına sahip metaller olarak tanımlanır. Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd ve Pb gibi elementler ağır metallere örnek verilebilmektedir. Ağır metaller yer kabuğunda doğal olarak bulunan bileşiklerdir, bozulmaz ve yok edilemezler.

Metaller yüksek konsantrasyonlarda hücre membranına zarar verirler, enzim spesifitesini değiştirirler, hücresel fonksiyonları durdurabilirler ve DNA'nın yapısını bozabilirler. Ağır metalin yarattığı toksisite ağır metalin türünden, konsantrasyonundan, ortam pH'ından ya da metal iyonlarının çözünürlüğünden kaynaklanabilir (Volesky, 1990).

Ağır metaller doğal proseslerin ve insan aktivitelerinin bir sonucu olarak doğal su çevrelerine girerler. Toksik metallerin en önemli kaynaklarını evsel ve endüstriyel atık sular, taşıt emisyonları, madencilik aktiviteleri, petrol döküntüleri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan pestisitler ve gübreler oluşturmaktadır (Suthar ve ark., 2009; Li ve Zhang, 2010).

Ağır metaller çevre kirliliği açısından son derece ciddi kaygılar oluşturmaktadır. Metallerin az miktarlarda bulunmaları büyüme açısından gereklidir, ancak artan oranlarda bulunmaları toksik sonuçlar doğurmaktadır. Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir (Çulfaz 2015).

Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir (Çulfaz, 2015).

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 kirlenici madde miktarının belirlenmesi ve elde edilecek sonuçlara göre önlemlerin zamanında alınması gerekmektedir (Kalantzi ve ark., 2016).

Doğal sularda besin zincirinin en son halkasını balıklar oluşturur. Balıklar besin zincirindeki metallerle kontamine olmuş organizmaları (plankton, kerevit, midye vb.) tüketerek ya da solungaçları vasıtasıyla su ortamından metalleri absorbe ederek vücutlarına alırlar. Metallerle kontamine olmuş balıkların sürekli yenilmesi sonucu insanlarda çeşitli sağlık problemleri ortaya çıkacağından, metallerle kontamine olmuş balıkların tüketilmesi son derece tehlikelidir. Dolayısıyla bu şekilde bulaşanlara maruz kalmış balıklar, metallerin insanlara ulaşmasında en önemli rolü oynarlar (Saha ve ark., 2016). Sucul ortamdaki ağır metallerin balıklar tarafından alınımı başlıca solungaçlar, vücut yüzeyi (deri) ve sindirim sistemi ile olmaktadır. Vücuda alınan metaller, taşıyıcı proteinlere bağlı bir halde kan yolu vasıtasıyla doku ve organlara taşınmakta ve dokulardaki metal bağlayıcı proteinler tarafından bağlanarak yüksek konsantrasyonlara ulaşmaktadırlar. Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda giderek artan ağır metal birikimi hem balıklarda toksik etki yapmakta hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir (Karadede, 1997; Alam ve ark., 2002; Ferreire ve ark., 2008).

Ağır metal tanımlanırken; atomik ağırlığına, yoğunluğuna, kimyasal özelliklerine ya da toksisitesine bağlı olarak birçok tanım yapılmakla birlikte, genellikle yoğunluğu 5g/cm^3 'den daha büyük olan metaller olarak ifade edilirler. Ağır metaller esansiyel ve esansiyel olmayanlar olarak sınıflandırılırlar. Esansiyel olanlar; enzimatik reaksiyonlarda kofaktör olarak işlev görürler, organizma yapısında belirli bir derişimde bulunması gerekli olan vitamin ve hormonların bileşenlerinde bulunurlar. Bunlar esansiyel olmakla birlikte belirli bir derişimden sonra toksik olarak etki gösterirler (Fe, Cu, Zn, Ni ve Se). Buna karşın, esansiyel olmayan ağır metaller ise (Hg, Cd ve Pb), çok düşük derişimlerde bile toksik etki

göstermekte ve sağlık sorunlarına neden olabilmekteler. İnsan vücudu için esansiyel olan ve olmayan metaller basta besinler olmak üzere diğer bazı yollarla (su ve hava gibi) alınır. Vücuda giren ağır metallerin bazıları doku ve organlarda birikerek derişimleri artar (Güray, 1999). Su ürünlerinde biriken ağır metaller, güvenli tüketim sınırlarını aşan miktarlarda tüketildiğinde insanlarda ciddi sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle su ürünlerinin kirlenmesi, sinir sistemi bozuklukları, kalp damar hastalıkları, karaciğer ve böbrek hasarı, gelişmekte olan fetüslerde hasar ve küçük çocukların gelişimsel anormallikleri, hematolojik etkiler, üreme etkileri ve kanser gibi insanlar için sağlık açısından risk oluşturmaktadır. Çalışmamızda incelenen metallerin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri genel olarak Tablo 1.1’de özetlenmiştir.

Tablo 1.1. İncelenen ağır metallerin insan sağlığına etkileri (Köse, 2007)

Ağır Metaller	İnsan Sağlığına Etkileri
Alüminyum (Al)	Maruziyet miktarına bağlı olarak hafıza kaybı, koordinasyon yetersizliği, denge problemleri, kemik hassasiyeti ve ağrısı, kaslarda güç kaybı, mental durum değişiklikleri oluşturur.
Kursun (Pb)	Dis eti mavilesmesi, kansızlık, kas kilitlenmesi, inme, akıl bozukluğu,
Bakır (Cu)	Karın ağrısı, kusma, kanama, bitkinlik, kansızlık, sarılık, soluma zorluğu,
Kadmiyum (Cd)	Böbrek üstü bezi etkileri, kansızlık, indirgenmiş hemoglobin düzeyleri
Demir (Fe)	Özellikle sanayi bölgelerinin çevresinde yaşayan insanlarda zaman zaman demir toksitesine rastlanır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi hastalıklar ortaya çıkar.
Arsenik (As)	Arsenik solunum, sindirim ve deri yoluyla alınır. Saç, tırnak, karaciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Kanserojen etkiye sahiptir.
Kobalt (Co)	Kobalt toksikliği çok nadir görülen bir olaydır. Kobalt düzeyinin 3000 katı
Çinko (Zn)	Buharlarının solunması ile akut metal duman humması, boğaz tahrişi,
Krom (Cr)	Deri lezyonları, ülser, kanser, sindirim yaraları, solunum yolları
Nikel (Ni)	Asırı dozları kansere sebep olabilir.

Bu tez çalışmasında; Bingöl ilinde en çok tercih edilen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), istavrit (*Trachurus mediterraneus*), çipura (*Sparus aurata*), barbun (*Mullus barbatus*), çinekop (*Pomatomus saltatrix*) ve mercan (*Sparus pagrus*) balıklarında ağır metal düzeyleri ölçülerek, insan sağlığı açısından bir risk oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1. Balık Örneklerinin Alınması

Bu tez çalışmasında, Bingöl balık halinden menşei belirli olan deniz ve tatlısu balıklarından oluşan 8 farklı balık türü satın alınmıştır. Her balık türünden 5 adet alınarak temiz polietilen torbalara konulmuş ve içerisinde buz aküleri bulunan taşınabilir soğutucu içerisine yerleştirilerek en kısa zamanda laboratuvara ulaştırılmıştır. Laboratuvarda balık örneklerinin ağırlık ve total boy ölçümleri yapılmıştır. Bu çalışmada incelenen balık türlerinin bilimsel isimleri, genel özellikleri, total boy ve ağırlıkları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1.1. İncelenen balık türlerinin isimleri ve genel özellikleri

Balık ismi	Menşei	Yaşam alanı	Yetiştirme şekli	Çevre	T. boy (mm)	Ağırlık (gr)
Gökkuşuğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	Bingöl	Tatlısu	Kültür	Ağ kafesler	263-275	240-270
Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	İskenderun	Deniz	Kültür	Ağ kafesler	260-362	200-580
Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	Karadeniz	Deniz	Yabani	Pelajik-neritik	105-125	7,6-11,2
İstavrit (<i>Trachurus mediterraneus</i>)	Karadeniz	Deniz	Yabani	Pelajik-oseanik	115-120	12-15
Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	İskenderun	Deniz	Kültür	Ağ kafesler	239-310	320-640
Barbun (<i>Mullus barbatus</i>)	İskenderun	Deniz	Yabani	Demersal	133-215	30-145
Mercan (<i>Sparus pagrus</i>)	İskenderun	Deniz	Yabani	Demersal	200-250	40 - 150
Çinekop (<i>Pomatomus saltatrix</i>)	İskenderun	Deniz	Yabani	Pelajik-neritik	150-180	100-120

2.2. Örnek Hazırlama ve Metal Analizleri

ICP-MS analizi için mikrodalga fırınında çözündürme işlemi ICP-MS metodu, numune hazırlanmasında N1, N2, N3 ve N4...numunelerinden yaklaşık 0,5 gram tartılarak mikrodalga fırının teflon kaplarına aktarılarak her bir numunenin üzerine derişik 10 ml nitrik asit eklendi. Teflon kapların kapağı sıkıca kapatılarak CEM marka MARS6 ONE TOUCH(USA) model mikrodalga parçalayıcı fırınına yerleştirildi. 15 dakika içinde maksimum sıcaklık 200°C’ye kadar yükselttilerek bu sıcaklıkta 15 dakika bekletildi. Toplamda 30 dakika kapalı sistemde bekletilerek çözündürme işlemi gerçekleştirildi.

Mikrodalga fırın sıcaklığının ortam koşullarına dönmesinden sonra teflon kaplarda bulunan çözelti ultra saf su ile teflon kaplar kapakları ile beraber iyice yıkanarak 50 mL’lik balon jojeye alınarak tamamlandı. Element analizi için ICP-MS Metodu ICP-MS kalibrasyon çözeltileri ticari olarak satılan çoklu element standartları % 1’lik (suprapurenitrik asit-ultra saf su) ile seyreltilerek kalibrasyon grafiği Tablo 2.2’ de belirtilen konsantrasyonlar hazırlanarak oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada numunelerin element analizleri için kuarz nebulizer (sisleştirici), cyclonic spraychamber (sisleştirme odası) ve entegre bir auto-sampler bulunduran ICP-MS NexION® 2000 C (PerkinElmer® Inc., USA) cihazı kullanıldı. Human power I cihazından elde edilen 18,3 MΩ ultra saf su kullanılarak %1 suprapure nitrik asit-ultra saf su içeren yıkama çözeltisi hazırlanarak Tablo 2.2.’de belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Ayrıca, her ölçümden önce ICP-MS kalibrasyonu yapılmıştır. Element analizlerinin kontrolü için 25 ppb ⁴⁵Sc, ⁸⁹Y, ⁷³Ge internal standart kullanılmıştır.

Tablo 2.2.1. Kalibrasyon standartları

	1.Standart 1 (ppb)	2.Standart 10 (ppb)	3.Standart 20 (ppb)	4.Standart 30 (ppb)	5.Standart 40 (ppb)	6.Standart 50 (ppb)	Internal standart
Analitler		⁵⁵ Mn, ⁵⁷ Fe, ⁵⁹ Co, ⁶³ Cu, ⁶⁶ Zn					⁴⁵ Sc
		⁸² Se					⁸⁹ Y

Tablo 2.2.2. Referans materyalin geri kazanım düzeyleri ile metallerin LOD değerleri

	l	s	d	o	r	u	e	n	i	b	n
Sertifikalı değerler (mg/kg)		59,5	42,3	1,95	1,06	497	179	15,6	5,3	0,225	136
Ölçülen değerler (mg/kg)		55,8	38,9	1,78	1,13	468	169	14,6	4,9	0,204	127
Geri kazanım (%)		93,8	92,0	91,3	106,6	94,2	94,4	93,6	92,5	90,7	93,4
Tespit limiti (LOD) (mg/kg yaş ağırlık)	0,005	0,018	0,0012	0,006	0,004	0,004	0,005	0,004	0,006	0,005	0,005

Bir peristaltik pompa yardımıyla numuneler argon gazı akışı ile cyclonic spray chamber’e gönderildi. Ölçümlerde ayarlama, girişimler, veri toplama ve veri analizi dahil olmak üzere cihazı kontrol etmek için ICP-MS NexION cihaz yazılımı kullanıldı. Girişimleri

önlemek için argon gazına ek olarak yüksek oranda helyum gazı kullanılmıştır. ICP cihazının tüm çalışma koşulları Tablo 2.4'te gösterilmiştir.

Tablo 2.2.3. Cihaz koşulları

Parametre	Açıklama/ Değer
Nebulizer	MEINHARD® plus Glass Type C
Spray Chamber	Glass cyclonic (baffled), 2 °C
Injector	2.0 mm i.d.
Nebulizer Flow	Optimized for < 2% oxides
RF Power	1600 W
Cones	Ni
Replicates	3
Dwell time	50 ms
Aerosol Dilution	Set to 2.5x
Sample Delivery Rate	350 µL/min
Rinse time	45 saniye
Nebulizer gas flow rate	0,93 L/min
deflector voltage	-12 V,
analog stage voltage	-1750 V
pulse stage voltage	1100 V,
discriminator threshold	26,
Alternating current (AC) rod offset	-4,

Standartlar: Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn

2.3. İnsan Sağlığı Risk Değerlendirmesi

2.3.1 Maksimum izin verilen metal değerleri

Balık türlerinin kas dokusunda tespit edilen ortalama metal değerleri, Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları (FSANZ, 2013), Avrupa Komisyonu (EC, 2006), Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı (MHPRC, 2013), Kodeks Alimentarius Komisyonu (WHO/FAO, 2015) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO, 1983) tarafından tavsiye edilen maksimum izin verilen değerlerle karşılaştırılmıştır.

2.3.2. Metallerin tahmini günlük alım miktarı

Metallerin tahmini günlük alımı, balığın kasında bulunan metal konsantrasyonuna ve günlük balık tüketim miktarına bağlı olarak değişmektedir. Metallerin tahmini günlük alım (EDI) değerleri hesaplanarak, Gıda Katkıları FAO/WHO Ortak Uzman Komitesi (JECFA 1982, 1983, 1989, 2011a, 2011b), Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA 2010, 2014) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) tarafından önerilen tolere edilebilir günlük alım (TDI) değerleri veya Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (USEPA, 2018) tarafından önerilen referans doz değerleri ile karşılaştırılmıştır. Yetişkinler için tahmini günlük alım değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (Griboff ve ark., 2017):

$$EDI = (MC \times IRd) / BW$$

Burada, MC balıktaki metal konsantrasyonunu (mg/kg yaş ağırlık), IRd günlük balık tüketim miktarını (gr/gün) ve BW yetişkinler için ortalama vücut ağırlığını (70 kg) ifade etmektedir. Bingöl'de yapılan bir çalışmaya göre kişi başına düşen günlük balık tüketim miktarı 33,42 gr olarak belirlendiği için hesaplamada bu değer kullanılmıştır. (Karakaya ve KIRICI 2016)

2.3.3. Kanseri ve kanser dışındaki sağlık riskleri

Metallerin insanlar tarafından balıkların tüketilmesi sonucu neden oldukları kanser dışındaki sağlık riskleri, hedef tehlike katsayısı (THQ) ile hesaplanmaktadır. USEPA (1989) tarafından geliştirilen bu risk tahmin metodu, aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$THQ = [(EF \times ED \times IRd \times MC) / (RfD \times BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

Burada, EF maruz kalma sıklığını (365 gün/yıl), ED maruz kalma süresini (26 yıl), RfD her bir metalin oral referans doz değerini (mg/kg/gün), AT kanser dışındaki etkiler için ortalama zamanı (365 gün/yıl \times ED)) ifade etmektedir.

Ayrıca bu çalışmada tehlike indeksi (HI) (toplam THQ olarak da isimlendirilmekte)de hesaplanmıştır. HI, her bir metalin THQ değerinin toplamını ifade etmektedir. HI aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$HI = THQ(Al) + THQ(As) + THQ(Cd) + \dots + THQ(Ni) + THQ(Pb) + THQ(Zn)$$

Kanserojenik risk, kişinin potansiyel bir kanserojen maddeye maruz kalması sonucunda, bir ömür boyunca kansere yakalanma olasılığının artması olarak

tanımlanmaktadır (USEPA, 1989). USEPA (2016), çalışılan 11 metal arasında sadece inorganik arsenik için kanser eğim faktörü (CSF) belirlediğinden, bu çalışmada kanser riski inorganik arsenik için hesaplanmıştır. Kanser riski (CR) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$CR = [(EF \times ED \times IRd \times MC \times CSF) / (BW \times AT)] \times 10^{-3}$$

Burada, CSF kanser eğim faktörü olup, USEPA (2018) inorganik arsenik için CSF değerini 1.5mg/kg/gün olarak belirlemiştir. AT kanserojenik etkiler için ortalama zamanı (365 gün/yıl \times ömür boyu maruz kalma süresi (70 yıl)) ifade etmektedir.

Bu çalışmada, EDI, THQ ve CR hesaplamaları için balık türlerinin kasında tespit edilen 11 metalin ortalama değerleri kullanılmıştır. Arsenik formları arasında, sadece inorganik arsenik formu toksik olup, toplam arseniğin %1-10'unu oluşturmaktadır (Kalantzi ve ark., 2016). Bu nedenle, EDI, THQ ve CR hesaplamaları için toplam arsenik değerleri yerine inorganik arsenik değerleri kullanılmıştır. Bu çalışmada inorganik As, toplam arseniğin %3'üvar sayılmıştır (Copat ve ark., 2013).

2.4. İstatiksel Analiz

Bu çalışmada balık türlerinde araştırılan 11 metalin ortalama, standart sapma, minimum, maksimum ve ortanca değerleri hesaplanmıştır. Araştırılan metaller açısından balık türleri arasında farklılıklar olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Duncan testi ile belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ayrıca balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi ile değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular

Çalışmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve verilerin sunulması her metal türü için yapıldığı gibi, incelenen balık türlerindeki metallerin ortalama düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) ve türler arasındaki istatistiksel farklar açısından da değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin toksisite açısından yorumlanması, balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal konsantrasyonları ile bu çalışma belirlenen metallerin ortalama değerleri (birimler mg/kg yaş ağırlık) göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

3.1.1. Kobalt (Co)

Yapılan araştırmada en yüksek Co konsantrasyonu 0,194 mg/kg olarak istavrit balığında belirlenmiştir. Co konsantrasyonu tüm balık türlerinde en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiştir. Ortalama Co değerleri ise 0,015-0,105 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama Co değerlerine göre balık türlerinin sıralanması ise; istavrit> hamsi>levrek>gökkuşığı alabalığı>mercane>çipura>barbun>çinekop şeklinde olmuştur (Tablo 3.4.1.). Ortalama Co konsantrasyonları açısından türler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 3.11.2).

Tablo 3.1. İncelenen balık türlerindeki Co düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Co	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercane	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,045	0,052	0,083	0,105	0,020	0,031	0,019	0,015
Std. sapma	0,033	0,049	0,059	0,080	0,022	0,029	0,020	0,024
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,073	0,092	0,153	0,194	0,042	0,054	0,039	0,048
Ortanca	0,052	0,066	0,094	0,102	0,012	0,045	0,022	0

3.1.2. Arsenik (As)

Bu çalışmada en yüksek As konsantrasyonu 105,77 mg/kg ile barbunda, en düşük As konsantrasyonu ise 0,08 mg/kg ile gökkuşığı alabalığında belirlenmiştir. Ortalama As

konsantrasyonları 0,26-50,40 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama As konsantrasyonları balık türlerine göre barbun> hamsi> istavrit>çipura >çinekop>mercan> levrek>gökkuşığı alabalığı şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.2.1.). Ortalama As konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 3.11.2.). Ortalama inorganik As değerleri ise 0,0078-1,5118 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türleri arasında sadece barbun (0,15203 mg/kg) ve hamsiye (0,1050 mg/kg) ait ortalama inorganik As değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değeri (0,1 mg/kg) geçmiştir. (Tablo3.11.3.). Bununla birlikte, tüm balıklarda kaydedilen ortalama inorganik As değerleri, FSANZ (2013) tarafından önerilen maksimum izin verilen değeri geçmemiştir (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.2. İncelenen balık türlerindeki As düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

As	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,26	0,64	3,36	1,44	1,18	0,98	50,40	1,16
Std. sapma	0,15	0,26	1,97	0,41	0,36	0,35	39,65	0,37
Minimum	0,10	0,22	1,55	0,86	0,88	0,64	12,15	0,59
Maksimum	0,46	0,81	6,74	1,92	1,57	1,43	105,77	1,56
Ortanca	0,25	0,74	2,96	1,39	0,98	0,97	28,89	1,25

3.1.3. Kadminyum (cd)

Yapılan bu çalışmada en yüksek Cd konsantrasyonu 0,0195 mg/kg olarak gökkuşığı alabalığında belirlenmiştir. Cd konsantrasyonumuzda incelenen 8 balık türünde en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiş olup, ortalama Cd değerleri 0,0019-0,0098 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Çalışmanın sonunda elde edilen ortalama Cd değerlerine göre balık türleri istavrit>çinekop> gökkuşığı alabalığı> çipura> levrek> hamsi>> barbun > mercan şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.3.1). Çalışmada saptanan ortalama Cd konsantrasyonlarına göre, balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar göstermiştir ($p<0.05$) (Tablo 3.11.2). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Cd değerleri, hem MHPRC (2013) hem de EC (2006) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin çok altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.3. İncelenen balık türlerindeki Cd düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cd	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,0084	0,0033	0,0032	0,0098	0,0042	0,0019	0,0022	0,0091
Std. sapma	0,0086	0,0044	0,0043	0,0073	0,0031	0,0026	0,0029	0,0068
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,0195	0,0076	0,0086	0,0179	0,0069	0,0049	0,0057	0,0180
Ortanca	0,0044	0	0	0,0118	0,0038	0	0	0,0091

3.1.4. Alüminyum (Al)

Yapılan incelemelere göre en düşük Al konsantrasyonu 0,13 mg/kg ile mercan, en yüksek Al konsantrasyonu ise 6,21 mg/kg ile çipurada kaydedilmiştir. Ortalama Al konsantrasyonları ise 0,26-1,53 mg/kg arasında değişmiştir. Ortalama Al konsantrasyonları balık türlerine göre sıralamaları: çipura> hamsi> gökkuşığı alabalığı> barbun>istavrit>levrek>çinekop> mercan > (Tablo 3.1.1) olarak sıralanmıştır. Ortalama Al konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p>0.05$) belirlenmemiştir (Tablo 3.11.2).

Tablo 3.4. İncelenen balık türlerindeki Al düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Al	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,77	0,57	1,25	0,58	1,53	0,26	0,59	0,56
Std. sapma	0,20	0,30	1,16	0,33	2,74	0,15	0,37	0,45
Minimum	0,48	0,26	0,62	0,35	0,35	0,13	0,22	0,26
Maksimum	0,91	0,94	3,15	1,02	6,21	0,36	1,13	1,33
Ortanca	0,83	0,69	0,88	0,56	0,38	0,31	0,54	0,46

3.1.5. Krom (Cr)

Yapılan analizler neticesinde en yüksek Cr konsantrasyonu 0,278 mg/kg olarak hamsi balığında, en düşük Cr konsantrasyonu ise 0,010 mg/kg olarak barbun balığında kaydedilmiştir. Çalışmada incelenen türlerin ortalama Cr konsantrasyonları 0,02-0,077 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama Cr konsantrasyonlarının sıralamaları;

hamsi> levrek> gökkuşağı alabalığı> çipura> istavrit> barbun>mercan> çinekop şeklinde saptanmıştır (Tablo 3.5.1). Ortalama Cr konsantrasyonları bakımından balık türleri arasında önemli farklılıklar belirlenmemiştir ($p>0.05$) (Tablo 3.11.2). Balık türlerinde kaydedilen ortalama Cr değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değer çok altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.5. İncelenen balık türlerindeki Cr düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cr	Gökkuşağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,034	0,041	0,077	0,031	0,032	0,023	0,029	0,021
Std. sapma	0,008	0,021	0,114	0,011	0,015	0,016	0,014	0,006
Minimum	0,026	0,011	0,013	0,021	0,021	0,011	0,010	0,013
Maksimum	0,042	0,063	0,278	0,046	0,056	0,046	0,044	0,025
Ortanca	0,037	0,047	0,038	0,033	0,030	0,018	0,028	0,024

3.1.6. Bakır (Cu)

Yapılan incelemeler neticesinde en düşük Cu konsantrasyonu 0,14 mg/kg ile levrekte, en yüksek Cu konsantrasyonu ise 1,18 mg/kg ile hamside kaydedilmiştir. Ortalama Cu konsantrasyonları ise 0,19-0,94 mg/kg arasında saptanmıştır. Ortalama Cu konsantrasyonları hamsi> istavrit>çinekop> gökkuşağı alabalığı>mercan > barbun= levrek>çipura şeklinde sıralanmıştır(Tablo 3.6.1). Ortalama Cu konsantrasyonları açısından balık türleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 3.11.2). Çalışmamızda incelenen türlerde kaydedilen ortalama Cu değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değer çok altında tespit edilmiştir (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.6. İncelenen balık türlerindeki Cu düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Cu	Gökkuşağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,31	0,24	0,94	0,78	0,19	0,28	0,24	0,55
Std. sapma	0,08	0,13	0,19	0,15	0,08	0,09	0,10	0,22
Minimum	0,27	0,14	0,78	0,70	0,15	0,22	0,17	0,29
Maksimum	0,37	0,33	1,18	0,96	0,26	0,32	0,31	0,71
Ortanca	0,30	0,25	0,91	0,73	0,18	0,30	0,23	0,61

3.1.7. Demir (Fe)

Bu çalışmada en yüksek Fe konsantrasyonu 37,91 mg/kg ile hamsi balığında, en düşük Fe konsantrasyonu ise 1,47 mg/kg ile çipura balığında belirlenmiştir. Ortalama Fe konsantrasyonları 2,75-21,43mg/kg arasında değişim göstermiştir.

Türlerinin ortalama Fe konsantrasyonlarına göre sıralamaları hamsi> istavrit> levrek> çinekop> mercan> gökkuşağı alabalığı>çipura>barbun şeklinde olmuştur (Tablo3.7.1.). Ortalama Fe konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar saptanmıştır ($p<0.05$) (Tablo 3.11.2).

Tablo 3.7. İncelenen balık türlerindeki Fe düzeyleri(mg/kg yaş ağırlık)

Fe	Gökkuşağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	3,40	5,24	21,43	10,68	2,80	4,12	2,75	4,87
Std. sapma	0,41	3,61	9,58	3,54	1,77	1,22	0,77	1,63
Minimum	2,91	1,58	14,12	8,33	1,47	2,93	1,99	2,41
Maksimum	3,68	10,02	37,91	16,22	5,63	5,69	3,79	6,72
Ortanca	3,57	4,08	18,62	8,45	2,50	3,67	2,78	5,18

3.1.8.1. Mangan (Mn)

Çalışmada elde edilen en yüksek Mn konsantrasyonu 2,549 mg/kg olarak hamside, en düşük Mn konsantrasyonu ise 0,060 mg/kg ile mercan balığında belirlenmiştir. Ortalama Mn konsantrasyonları 0,096-2,026 mg/kg arasında değişim göstermiş vebalık türlerinin ortalama Mn konsantrasyonları hamsi> istavrit> levrek> barbun> gökkuşağı alabalığı> çinekop> çipura> şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.8.1). Ortalama Mn konsantrasyonları açısından türler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p<0.05$)tespit edilmiştir (Tablo 3.11.2).

Tablo 3.8. İncelenen balık türlerindeki Mn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Mn	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,149	0,230	2,026	0,335	0,130	0,096	0,180	0,143
Std. sapma	0,051	0,052	0,484	0,019	0,029	0,035	0,032	0,049
Minimum	0,114	0,167	1,342	0,311	0,100	0,060	0,151	0,096
Maksimum	0,217	0,310	2,549	0,355	0,167	0,146	0,217	0,203
Ortanca	0,116	0,220	2,131	0,334	0,119	0,094	0,167	0,120

3.1.9. Nikel (Ni)

Elde ettiğimiz analiz sonuçlarına göre en yüksek Ni konsantrasyonu 0,529 mg/kg olarak barbun balığında kaydedilmiştir. Gökkuşığı alabalığı, levrek ve istavrit türlerinin Ni konsantrasyonu en az bir kez deteksiyon limitinin altında tespit edilmiştir. Ortalama Ni konsantrasyonları 0,018-0,256 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Ortalama Ni konsantrasyonlarına göre balık türleri barbun> hamsi> çipura> çinekop> istavrit> gökkuşığı alabalığı> mercan> levrek şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.9.1). Ortalama Ni konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar ($p<0.05$) tespit edilmiştir (Tablo 3.11.2).

Tablo 3.9. İncelenen balık türlerindeki Ni düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Ni	Gökkuşığı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,040	0,018	0,108	0,046	0,067	0,031	0,256	0,063
Std. sapma	0,034	0,021	0,091	0,058	0,061	0,017	0,181	0,033
Minimum	0	0	0,044	0	0,008	0,017	0,115	0,009
Maksimum	0,087	0,040	0,261	0,141	0,166	0,054	0,529	0,085
Ortanca	0,035	0,009	0,068	0,025	0,051	0,028	0,159	0,069

3.1.10. Kurşun (Pb)

Yaptığımız analiz sonuçlarına göre en yüksek Pb konsantrasyonu 0,240 mg/kg olarak barbunda belirlenmiştir. Pb konsantrasyonu levrek ve çinekop türlerine ait örneklerin tümünde deteksiyon limitinin altında tespit edilirken, diğer 6 balık türünde en az bir kez deteksiyon limitinin altında bulunmuştur. Ortalama Pb değerleri 0-0,075 mg/kg arasında

değişmiş olup, ortalama Pb değerlerine göre balık türleri barbun> gökkuşaağı alabalığı>mercan> istavrit> hamsi>çipura>levrek= çinekop şeklinde sıralanmıştır (Tablo 3.10.1). Ortalama Pb konsantrasyonları açısından balık türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<0.05$) (Tablo 3.11.2). Çalışmada incelenen türlerde kaydedilen ortalama Pb değerleri, FSANZ (2013), MHPRC (2013), EC (2006) ve WHO/FAO (2015) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin altında bulunmuştur (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.10. İncelenen balık türlerindeki Pb düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Pb	Gökkuşaağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	0,059	0	0,024	0,026	0,012	0,031	0,075	0
Std. sapma	0,075	0	0,031	0,040	0,019	0,052	0,102	0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
Maksimum	0,169	0	0,058	0,084	0,034	0,112	0,240	0
Ortanca	0,031	0	0	0	0	0	0,059	0

3.1.11. Çinko (Zn)

En yüksek Zn konsantrasyonu 48,88 mg/kg ile hamside saptanırken, en düşük Zn konsantrasyonu ise 2,26 mg/kg değeri ile çinekop balığında belirlenmiştir. Türlerin ortalama Zn konsantrasyonları hamsi>istavrit>gökkuşaağı alabalığı>çipura>mercan>levrek>barbun> çinekop şeklinde sıralanmış olup (Tablo 3.11.1), ortalama Zn konsantrasyonları ise 2,52-39,56 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Balık türlerinin Ortalama Zn konsantrasyonları açısından çalışmada incelenen türler arasında istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) değişimler saptanmıştır (Tablo 3.11.2). Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; incelen türler arasında sadece hamsi ve istavritte kaydedilen ortalama Zn değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin üstünde olduğu görülmüştür (Tablo 3.11.3).

Tablo 3.11. İncelenen balık türlerindeki Zn düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık)

Zn	Gökkuşaağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Ortalama	5,33	4,29	39,56	39,32	4,76	4,60	3,07	2,52
Std. sapma	0,97	0,49	8,59	5,74	0,54	1,09	0,81	0,31
Minimum	4,30	3,56	30,71	33,98	3,94	3,68	2,35	2,26
Maksimum	6,58	4,64	48,90	46,58	5,22	6,01	4,33	2,98
Ortanca	4,93	4,53	37,72	37,67	4,82	3,96	2,99	2,44

Çalışmamızda elde edilen verilerin istatistiksel karşılaştırmaları Tablo 3.12.'de verilmiş olup, buna göre; türler arasında ortalama Al ve Cr konsantrasyonları için istatistiksel açıdan önemli değişimler saptanmazken, ortalama As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn konsantrasyonları açısından türler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 3.12. İncelenen balık türlerindeki metallerin ortalama düzeyleri (mg/kg yaş ağırlık) ve türler arasındaki istatistiksel farklar

	Gökkuşaağı alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop
Al	0,78	0,65	1,27	0,60	1,49	0,33	0,58	0,57
As	0,28 ^a	0,65 ^a	3,51 ^a	1,45 ^a	1,17 ^a	0,98 ^a	50,38 ^b	1,20 ^a
Cd	0,0082 ^{abc}	0,0031 ^{ab}	0,0030 ^{ab}	0,0096 ^c	0,0040 ^{abc}	0,0017 ^a	0,0020 ^a	0,0089 ^{bc}
Co	0,047 ^{ab}	0,051 ^{abc}	0,082 ^{bc}	0,104 ^c	0,019 ^a	0,030 ^{ab}	0,018 ^a	0,014 ^a
Cr	0,037	0,044	0,080	0,034	0,035	0,026	0,032	0,024
Cu	0,31 ^b	0,24 ^b	0,94 ^c	0,78 ^d	0,19 ^b	0,28 ^b	0,24 ^b	0,55 ^a
Fe	3,37 ^a	5,21 ^a	21,40 ^b	10,65 ^c	2,77 ^a	4,09 ^a	2,72 ^a	4,84 ^a
Mn	0,150 ^a	0,231 ^a	2,027 ^b	0,336 ^a	0,131 ^a	0,097 ^a	0,181 ^a	0,144 ^a
Ni	0,042 ^{ab}	0,020 ^a	0,110 ^{ab}	0,048 ^{ab}	0,069 ^{ab}	0,033 ^a	0,258 ^b	0,065 ^{ab}
Pb	0,057 ^{ab}	0 ^a	0,022 ^a	0,024 ^a	0,010 ^a	0,029 ^{ab}	0,073 ^{ab}	0 ^a
Zn	5,33 ^{ab}	4,29 ^{ab}	39,56 ^c	39,32 ^c	4,76 ^{ab}	4,60 ^{ab}	3,07 ^{ab}	2,52 ^b

Farklı harfler her bir metal için türler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir (Duncan testi, $p<0,05$)

Tablo 3.13. Balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal konsantrasyonları ile bu çalışma belirlenen metallerin ortalama değerleri (birimler mg/kg yaş ağırlık)

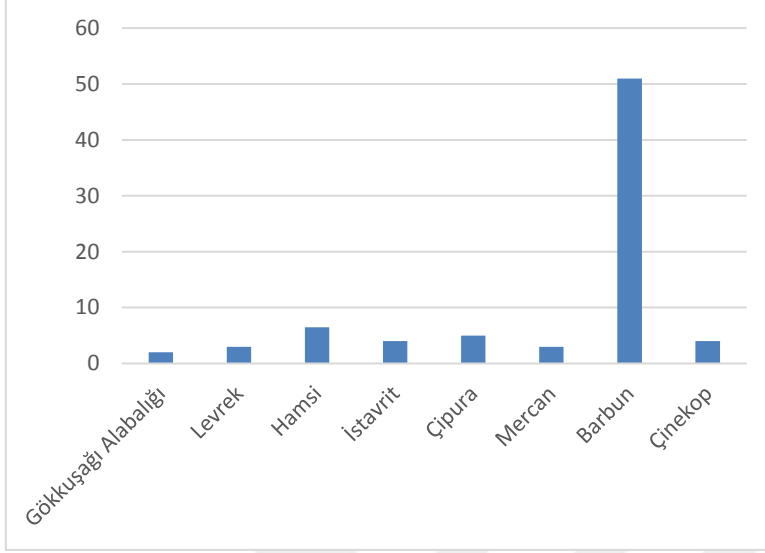
	iAs	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	
Gökkuşağı alabalığı	0,0078	0,0084	0,034	0,31	0,059	5,33	Bu Çalışma
Levrek	0,0192	0,0033	0,041	0,24	0	4,29	
Hamsi	0,1008	0,0032	0,077	0,94	0,024	39,56	
İstavrit	0,0432	0,0098	0,031	0,78	0,026	39,32	
Çipura	0,0354	0,0042	0,032	0,19	0,012	4,76	
Mercan	0,0294	0,0019	0,023	0,28	0,031	4,60	
Barbun	1,512	0,0022	0,039	0,24	0,075	3,07	
Çinekop	0,0348	0,0091	0,021	0,55	0	2,52	
<i>Maksimum izin verilen değerler</i>							
<i>Avustralya ve Yeni Zelanda Gıda Standartları</i>	2				0,5		FSANZ (2013)
<i>Çin Halk Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı</i>	0,1	0,1	2,0		0,5		MHPRC (2013)
<i>Avrupa Komisyonu</i>		0,05			0,3		EC (2006)
<i>Kodeks Alimentarius Komisyonu</i>					0,3		WHO/FAO (2015)
<i>Gıda ve Tarım Örgütü</i>				30		30	FAO (1983)

Yapılan çalışmamızda elde edilen veriler standartlarla kıyaslandığında (Tablo 3.13.) örnekler arasında sadece barbun (1,512 mg/kg) ve hamsiye (0,1008 mg/kg) ait ortalama inorganik As değerleri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerin (0,1 mg/kg) üzerinde bulunmuştur. İnorganik As değerleri Türk Gıda Kodeksinde belirtilen %3 değeri referans alınıp, hesaplanarak tabloda belirtilmiştir. Yine hamsi ve istavritte kaydedilen ortalama Zn değerleri, FAO (1983) tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerin üstünde bulunmuştur. Diğer bulgular ise izin verilen limit değerlerinin aralığında olduğu görülmüştür.

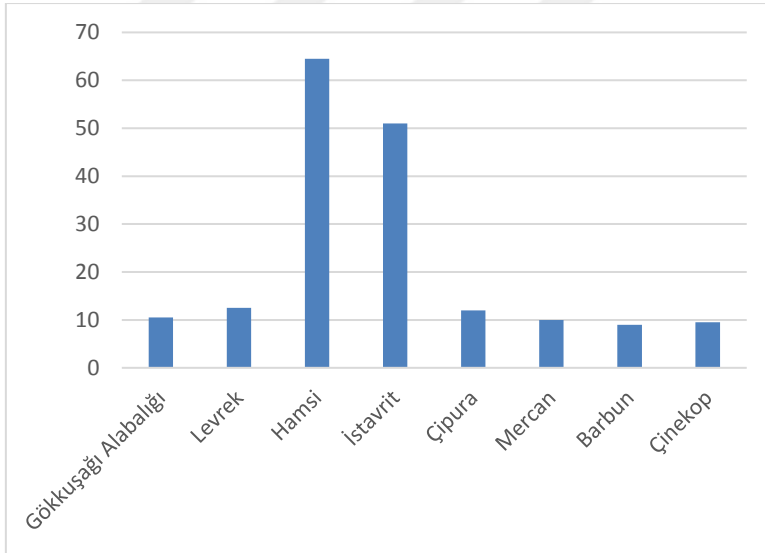
3.12. Toksik ve Toksik Olmayan Metaller

Araştırmamızda elde edilen veriler toksik ve toksik olmayan metaller açısından değerlendirilmiş olup, toksik metaller (Al, As, Cd ve Pb) Şekil 3.1’de, toksik olmayan metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama konsantrasyonlarına göre balık türlerinin sıralaması ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bu incelemede en yüksek toksik metal içeriğine sahip balığın barbun olduğu, en düşük toksik metal içeriğine sahip balığın ise gökkuşağı

alabalığı olduğu tespit edilmiştir. Toksik olmayan metaller açısından en yüksek içeriğe sahip tür hamsi olarak belirlenirken, en düşük içeriğe sahip tür ise barbun olarak belirlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Toksik metallerin (Al, As, Cd ve Pb) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı (mg/kg)



Şekil 3.2. Toksik metaller dışındaki diğer metallerin (Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn) ortalama değerlerine göre balık türlerinin sıralanışı (mg/kg)

3.13. Balık Boyu ve Ağırlığı ile Metal Konsantrasyonları Arasındaki İlişkiler

Balık türlerine ait örneklerin total boy ve ağırlıkları ile her bir balık türüne ait örneklerde tespit edilen metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler Tablo 3.14'de verilmiştir. Balık türleri arasında istatistiksel açıdan özellikle barbun türüne ait örneklerin boy ve ağırlıkları arasında belirgin farklar olduğu için bu türlerin boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasında önemli ilişkiler saptanmıştır. Balık türleri arasında sadece istavritin boy değerleri ile metal (As) konsantrasyonları arasında negatif bir korelasyon bulunmuştur.

Tablo 3.14. Balık türlerinin total boy ve ağırlıkları ile metal konsantrasyonları arasındaki istatistiksel olarak önemli olan korelasyonlar ($p < 0,05$)

		Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
G. alabalığı	Boy	0,87						0,86	1,1			
	Ağırlık							0,91				
Levrek	Boy											
	Ağırlık											
Hamsi	Boy					0,95				0,87		
	Ağırlık											
İstavrit	Boy		-0,83									
	Ağırlık											
Çipura	Boy											
	Ağırlık											
Mercan	Boy											
	Ağırlık							0,86				
Barbun	Boy		0,99							0,99		
	Ağırlık	0,96	0,97							1,01		0,94
Çinekop	Boy											
	Ağırlık											

3.14. Risk Değerlendirmesi

İncelememizde 8 balık türünde belirlenen 11 metalin tahmini günlük alım değerleri Tablo 3.15.'de verilmiştir. Gökkuşluğu alabalığı, hamsi, istavrit, çipura, mercan ve barbunda Zn elementinin EDI değerleri diğer elementlerin EDI değerlerinden daha yüksek

belirlenirken, levrek ve çinekopta Fe elementinin EDI değerleri daha yüksek tespit edilmiştir. Ayrıca her bir balık türü için hesaplanan her bir elementin EDI değeri, o element için belirlenmiş olan tolere edilebilir günlük alım değerinden (TDI) çok daha düşük bulunmuştur (Tablo 3.15).

Tablo 3.16.'de 8 balık türünde belirlenen 11 metalin hedef tehlike katsayısını (THQ) göstermektedir. Tüm balık türlerindeki metallere ait THQ değerleri eşik değer olan 1'den küçük bulunmuştur. Ayrıca THQ değerlerinin toplamını ifade eden tehlike indeksi (HI) değerleri de hesaplanmıştır. Tabloda gösterildiği gibi HI değerleri de 1'den daha az olduğu gözlemlenmiştir.

İnorganik As için hesaplanan kanser risk değerleri Tablo 3.16.'de verilmiştir. Bu çalışmada CR değerleri $1,34 \times 10^{-4}$ ve $9,73 \times 10^{-7}$ arasında değişim sergilemiş olup, en düşük risk değerleri gökkuşuğu alabalığında, en yüksek risk değeri ise barbun balığında saptanmıştır.

Tablo 3.15. Balık türlerinde 11 metal için hesaplanan EDI değerleri ve bu metaller için belirlenen TDI değerleri

	Gökkuşuğu alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çipura	TDI ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{vücut}$ ağırlığı/gün)
<i>Tahmini günlük alım (EDI)</i>									
Al	0,1212	0,0999	0,2015	0,0917	0,2375	0,0475	0,0885	0,0868	290 (JECFA, 2011a)
As	0,0012	0,0030	0,0171	0,0069	0,0056	0,0046	0,2474	0,0057	2,14 (JECFA, 1989)
Cd	0,0013	0,0004	0,0004	0,0015	0,0006	0,0002	0,0003	0,0014	0,8 (JECFA, 2011b)
Co	0,0070	0,0077	0,0128	0,0164	0,0025	0,0043	0,0023	0,0016	8,6 (EFSA, 2009)
Cr	0,0054	0,0066	0,0124	0,0049	0,0051	0,0036	0,0046	0,0033	300 (EFSA, 2014)
Cu	0,0442	0,0328	0,1474	0,1212	0,0246	0,0393	0,0328	0,0835	500 (JECFA, 1982)
Fe	0,5455	0,8469	3,4991	1,7381	0,4472	0,6634	0,4390	0,7863	800 (JECFA, 1983)
Mn	0,0239	0,0372	0,3314	0,0544	0,0208	0,0152	0,0290	0,0229	140 (USEPA, 2016)
Ni	0,0062	0,0026	0,0174	0,0072	0,0106	0,0048	0,0416	0,0100	12 (WHO, 2011)
Pb	0,0087	0	0,0029	0,0033	0,0010	0,0041	0,0113	0	1.50 (EFSA, 2010)
Zn	0,8666	0,6962	6,4739	6,4346	0,7732	0,7470	0,4964	0,4063	300 (JECFA, 1982)

Tablo 3.16. Balık türlerinde 11 metalin THQ değerleri ve inorganik As için hesaplanan CR değerleri

	Gökkuşuğu alabalığı	Levrek	Hamsi	İstavrit	Çipura	Mercan	Barbun	Çinekop	Rfd (µg/kg/ vücut ağırlığı/gün)
<i>Hedef tehlike katsayısı (THQ)</i>									
Al	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	7,85E-04	1 (USEPA, 2018)
As	3,77E-03	9,58E-03	5,45E-02	2,21E-02	1,78E-02	1,48E-02	7,91E-01	1,82E-02	0,0003 (USEPA, 2018)
Cd	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	1,04E-04	0,001 (USEPA, 2018)
Co	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	3,35E-02	0,003 (Finley ve ark., 2012)
Cr	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	4,45E-02	0,003 (USEPA, 2018)
Cu	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	2,32E-03	0,04 (USEPA, 2018)
Fe	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	1,26E-03	0,7 (USEPA, 2018)
Mn	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	7,18E-04	0,14 (USEPA, 2018)
Ni	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	6,52E-03	0,02 (USEPA, 2018)
Pb	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	4,29E-03	0,0015 (EFSA, 2010)
Zn	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	3,50E-03	0,3 (USEPA, 2018)
HI	1,01E-01	1,07E-01	1,52E-01	1,20E-01	1,15E-01	1,12E-01	8,88E-01	1,16E-01	
<i>Kanserojenik risk (CR)</i>									
As	6,30E-07	1,60E-06	9,11E-06	3,70E-06	2,97E-06	2,47E-06	1,32E-04	3,05E-06	

3.15. Tartışma

Bu tez incelemesi kapsamında 8 farklı balık türünde belirlenen metallerin ortalama konsantrasyonları, çeşitli sucul çevrelerde yürütülmüş önceki çalışmalar tarafından rapor edilen metal konsantrasyonları ile kıyaslanmıştır (Tablo 3.17).

Tablo 3.17. İncelenen balık türleri üzerinde farklı bölgelerde rapor edilen ortalama metal konsantrasyonları (Orijinal değerler kuru ağırlık üzerinden verilmiştir ve burada yaş ağırlık üzerinden hesaplanmıştır (yaş ağırlık= kuru ağırlık/4) TL: tespit limiti)

	Lokasyon	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Literatür
Gökkuşuğu Alabalığı	Bingöl	0,78	0,26	0,0084	0,045	0,034	0,31	3,40	0,149	0,040	0,059	5,33	Bu Çalışma
	Keban Baraj Gölü		0,0855	0,00038	0,52	0,81	0,42	3,52	0,82	0,89	0,0542	4,42	Varol ve Sünbül (2017)
	Kahramanmaraş	0,74	0,24	0,0078	0,043	0,033	0,27	3,33	0,146	0,038	0,053	5,29	Sünbül 2019
	Karakaya Baraj Gölü		0,074	0,0005	0,745	0,527	0,385	7,14	0,746	1,039	0,053	3,39	Varol ve ark. (2017)
	İran		0,234	0,024	0,047	0,141	5,45	3,87	1,57	0,095	0,277	5,24	Fallah ve ark. (2011) ^a
Levrek	Bingöl	0,65	0,64	0,0033	0,052	0,041	0,24	5,24	0,230	0,018	0	4,29	Bu Çalışma
	Karadeniz		0,29	3,09				5,96	0,18	<TL	<TL		Aydın ve Tokalıoğlu (2015)
	Kahramanmaraş	0,61	0,61	0,0027	0,047	0,04	0,2	5,17	0,227	0,016	0	4,25	Sünbül 2019
	İskenderun Körfezi			0,03	0,1	0,27	1,06	33,3	0,45	1,02	0,48	10,7	Türkmen ve ark. (2009)
	Ege Denizi, Yunanistan	<TL	1,06	<TL	0	0,06	<TL	5,49		<TL	<TL	6,38	Kalantzi ve ark. (2013)
Hamsi	Bingöl	1,27	3,36	0,0032	0,083	0,077	0,94	21,43	2,026	0,108	0,024	39,56	Bu Çalışma
	Karadeniz		0,46	0,075	0,0075	0,168	0,35		0,15	0,068	0,0075	2,058	Alkan ve ark. (2016) ^a
	Karadeniz		0,25	0,27		1,12	1,96	75,7	9,1	1,93	0,3	38,8	Tuzen (2009)
	Kahramanmaraş	1,23	3,47	0,0026	0,078	0,076	0,9	21,36	2,023	0,106	0,018	39,52	Sünbül 2019
	Sinop, Karadeniz	0,27		0,068			1,72	5,98		0,228	0,355	11,2	Gundogdu ve ark. (2016) ^a
İstavrit	Bingöl	0,58	1,44	0,0098	0,105	0,031	0,78	10,68	0,335	0,046	0,026	39,32	Bu Çalışma
	İskenderun Körfezi					1,28	1,29	41,84		0,94	1,03	19,55	Yılmaz (2003)
	İskenderun Körfezi			0,27		0,06	1,82	3,42	0,38	0,24	0,35	2,27	Ersoy ve Çelik (2009)
	Kahramanmaraş	0,56	1,41	0,0092	0,1	0,03	0,74	10,61	0,332	0,044	0,02	39,28	Sünbül 2019
	Bartın, Karadeniz			0,3	0,17	0,5	1,68	57,6	1,92	0,62	1,31	8,15	Türkmen ve ark. (2008)
Çipura	Bingöl	1,53	1,18	0,0042	0,020	0,032	0,19	2,80	0,130	0,067	0,012	4,76	Bu Çalışma
	Karadeniz		0,39	3,3				0,58	0,09	<TL	<TL		Aydın ve Tokalıoğlu (2015)
	Kahramanmaraş	1,45	1,13	0,0036	0,015	0,031	0,15	2,73	0,127	0,065	0,006	4,72	Sünbül 2019
	Ege Denizi	<TL	2,99	<TL	<TL	0,15	<TL	2,77		<TL	<TL	4,99	Kalantzi ve ark. (2013)
	Adana			0,13	0,08	0,3	1,33	47,2	1,04	0,2	0,52	11,1	Türkmen ve ark., 2012

Tablo 3.17' in devamı

Mercan	Bingöl	0,26	0,98	0,0019	0,031	0,023	0,28	4,12	0,096	0,031	0,031	4,60	Bu Çalışma Sümbül 2019 Kalantizi ve ark. (2013) Zyadah ve Chouikhi (1999) Özan (2014) ^a
	Kahramanmaraş	0,29	0,94	0,0013	0,026	0,022	0,24	4,05	0,093	0,029	0,025	4,56	
	İyonya Denizi, Yunanistan	2,29	0,66	<TL	<TL	0,07	0,23	3,07	-	<TL	0,02	3,98	
	Ege Denizi			0,2			0,85				0,8	30	
	Antalya Körfezi			0,0078		0,12	2,83	12,47	0,16	0,135	0,138	4,58	
Barbun	Bingöl	0,59	50,40	0,0022	0,19	0,029	0,24	2,74	0,180	0,256	0,075	0,07	Bu Çalışma Durmuş ve ark. (2018) Korkmaz ve ark. (2017) Sümbül 2019 Tuzen (2009)
	Ordu, Karadeniz		13,97	0,25	0,17		1,14	29,4	7,51	0,85	0,37	19,81	
	Mersin		10,24	<TL		1,54	0,72	10,4	0,33	0,14	0,16	17,12	
	Kahramanmaraş	0,54	50,34	0,0016	0,014	0,028	0,2	2,68	0,177	0,254	0,069	3,03	
	Karadeniz		0,11	0,17		1,35	0,96	53,2	2,76	1,55	0,36	75,5	
Çinekop	Bingöl	0,56	1,16	0,0091	0,115	0,021	0,55	4,87	0,143	0,163	0	2,52	Bu Çalışma Abdallah ve Abdallah (2008) ^a Külcü ve ark. (2014) ^a Sümbül 2019 Türkmen ve ark. (2009)
	Akdeniz, Mısır			0,46	0,65		0,59	6,96	0,7			4,5	
	Mersin Körfezi						0,31	20,18			1,47	6,79	
	Kahramanmaraş	0,53	1,16	0,0085	0,01	0,02	0,51	4,8	0,14	0,061	0	2,48	
	İskenderun Körfezi			<TL	0,05	0,35	0,9	36,9	0,19	0,47	0,36	6,9	

Gökkuşluğu alabalığında belirlenen ortalama As değeri, Keban ve Karakaya baraj göllerinde gökkuşluğu alabalıkları için rapor edilen değerlerden daha yüksek (Varol ve Sümbül, 2017; Varol ve ark., 2017), İran ve Kahramanmaraş'ta yetiştirilen gökkuşluğu alabalığı için rapor edilen As değerine yakın belirlenmiştir (Fallah ve ark., 2011; Sümbül, 2019). Ortalama Cd değeri ise İran'dan rapor edilen değerden çok düşük, Keban ve Karakaya baraj gölleri için rapor edilen değerlerden yüksek bulunmuş olup Kahramanmaraş'ta rapor edilen değerler arasında büyük fark görülmemiştir. Ayrıca ortalama Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni değerleri, hem İran hem de Keban ve Karakaya baraj gölleri için rapor edilen değerlerden düşük bulunurken, ortalama Zn değeri daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Tablo 3.17).

İlhak ve ark. (2012) Elazığ'da Perakende Satılan Bazı Balıklarda Ağır Metal Düzeyleri adlı yapmış olduğu çalışmada, gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), çipura (*Sparus aurata*) ve levreklerde (*Dicentrarchus labrax*) kadmiyum, kurşun, bakır, çinko ve demir düzeyleri belirlenmiştir. Gökkuşluğu alabalığı hariç, balık örneklerinin ortalama

kadmiyum ve kurşun miktarları Türk Gıda Kodeksi tarafından belirtilen maksimum kabul edilebilir düzeyin üzerinde bulunurken, bakır, çinko ve demir düzeyleri maksimum kabul edilebilir düzeyin altında bulunmuştur. Analiz edilen dört balık türü arasında en yüksek kadmiyum, bakır, çinko ve demir oranı sazan balığında bulunurken, en yüksek kurşun düzeyi levreklerde tespit edildiği ifade edilmiştir.

Kuzu, (2010) Erzurum İlindeki Bazı İşletmelerde Üretilen Alabalıkların Ağır Metal Yönünden İncelenmesi adlı yüksek lisans çalışmasında alabalık numunelerinde ortalama kurşun, bakır, kadmiyum, çinko, civa ve arsenik miktarları sırasıyla 0.053, 0.452, 0.019, 1.218, 0.050 ve 0.024 mg/kg düzeylerinde tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada tespit edilen değerlere yakın değerler elde edildiği görülmüştür.

Yardım ve Bat, (2020) tarafından Samsun balık pazarından gökkuşuğu satılan alabalığında metaller çalışmasında, toksik metallerin maksimum miktarları, 0.014 Pb mg kg⁻¹ ıslak ağırlık, 0.024 Hg mg kg⁻¹ ıslak ağırlık ve 0.018 Cd mg kg⁻¹ ıslak ağırlık olarak rapor edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada Cd değerleri açısından büyük fark gözlemlenmemiştir.

Tablo 3.17.'de görüldüğü üzere, Aydın ve Tokaloğlu (2015) tarafından Karadeniz'de levrek için tespit edilen Cd ve Fe değerlerinin, bu tez çalışmasında belirlenen değerlerden daha yüksek, Kahramanmaraş'ta yapılan çalışma raporu arasında fark gözlemlenmemiş olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu incelemede elde edilen ortalama As, Cr, Fe ve Zn değerleri, Kalantzi ve ark. (2013) tarafından Ege Denizi'nde levrek için rapor ettiği değerlerden daha düşük bulunmuştur. Türkmen ve ark. (2009) tarafından İskenderun Körfezi'nde yürütülen bir incelemede ise ortalama Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerlerinin bu tez çalışmasındaki değerlerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Bu tez çalışmasında incelemesi yapılan balık türlerinden hamside tespit edilen ortalama As ve Zn değerleri, Karadeniz'de hamsi için belirtilen değerlerden daha yüksek, Kahramanmaraş'ta yapılan çalışma raporu arasında fark olmadığı görülürken, Cd ve Cr değerleri ise daha düşük olduğu saptanmıştır (Tuzen, 2009; Alkan ve ark., 2016; Gundogdu ve ark., 2016). Ayrıca bu çalışmada hamsiye ait ortalama Pb değerinin, Tuzen (2009) ve Gundogdu ve ark., (2016) tarafından rapor edilen Pb değerlerinden daha düşük olduğu, Alkan ve ark., (2016) tarafından rapor edilen Pb değerinden ise daha yüksek olduğu görülmüştür.

Yine Afandi ve ark. 2018 yılında yapmış oldukları araştırmada Ni değerini hamsi kasında ($0,33 \pm 0,28 \mu\text{g g}^{-1} \text{ d.w.}$) olduğunu rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmadan daha yüksek değerler elde ettikleri görülmüştür. Ayrıca Mn konsantrasyonunun

sonuçları, en yüksek konsantrasyonların hamsi karaciğeri ve kasında kaydedildiğini rapor etmişlerdir (sırasıyla $4,95 \pm 0,67$, $2,0 \pm 0,3 \mu\text{g g}^{-1}$ d.w.). İncelemelerimizde elde ettiğimiz hamsi Mn düzeyleri ile örtüşmediği tespit edilmiştir.

Erdem ve ark. 2021 yılında 3 farklı bölgeden avlanan hamsilerin mineral ve ağır metal içeriklerinin belirlenmesi konulu yapmış oldukları çalışmada elde ettikleri ağır metal düzeyleri ile hamsinin sağlık sorunlarına neden olmayacağını ortaya koymuşlar olup yaptığımız çalışmamızla örtüşmektedir.

Tablo 3.17’de sunulduğu üzere, bu tez incelemesinde istavritte belirlenen ortalama Cd, Cr, Cu, Mn, Ni ve Pb değerlerinin, İskenderun Körfezi (Ersoy ve Çelik, 2009; Yılmaz, 2003) ve Karadeniz’de (Turkmen ve ark., 2008) istavrit için rapor edilen değerlerden daha düşük, Kahramanmaraş’ta yapılan çalışma raporu denk olduğu, Zn değerinin ise daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sönmez ve ark. (2016), Kastamonu kıyılarından yakalanan bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti üzerine yapmış oldukları çalışmada Kadmiyum hem sulara hem de insan tüketiminde kullanılan gıdalarda fazlaca bulunması halinde önemli toksin etki oluşturabilen bir ağır metal olduğu belirtilmiştir. Yaptıkları araştırmada kadmiyum en düşük istavritte $0,12 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Afandi ve ark. 2018 yılında yapmış oldukları araştırmada istavrit kasında civa düzeyi anlamlı olarak yüksek ($p < 0.05$) ve Ni konsantrasyonları hamsi ve istavrit karaciğerinde (sırasıyla $0,521 \pm 0,28$; $0,437 \pm 0,52 \mu\text{g g}^{-1}$ d.w.) şeklinde rapor edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmalarda verilen değerlerin yüksek olduğu görülmüştür.

Bu tez çalışmasında çipurada belirlenen ortalama Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Pb ve Zn değerleri, Ege Denizi (Kalantzi ve ark., 2013) ve Adana’dan (Türkmen ve ark., 2012) alınan çipura örnekleri için rapor edilen değerlerden düşük olarak bulunmuş olup, Kahramanmaraş’ta yapılan inceleme ile arada büyük farkların olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca ortalama As, Fe, Mn değerleri, Karadeniz’den (Aydın ve Tokalioğlu, 2015) alınan örneklerde tespit edilen değerlerden yüksek olduğu görülürken, ortalama Cd değeri ise çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda mercanda tespit edilen ortalama As, Co, Cu, Fe, Pb, Zn değerleri, Kalantiz ve ark. (2013) tarafından İyonya Denizi’nde mercan için belirlenen değerlerden yüksek, Al ve Cr değerlerinden düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu tez çalışmasında, Antalya Körfezi’nde (Özan, 2014) mercanda belirlenen ortalama Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn değerlerinden daha düşük değerler tespit edilmiştir.

Tablo 3.17’de görüldüğü üzere, bu tez çalışmasında barbunda belirlenen ortalama As değerinin, Karadeniz (Durmuş ve ark., 2018 ; Tuzen, 2009) ve Mersin’de (Korkmaz ve ark., 2017) barbun için rapor edilen As değerinden çok daha yüksek olduğu belirlenirken, ortalama Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn değerlerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Yipel (2012) tarafından akdeniz antalya körfezi’nde avlanan barbunya (Mullus barbatus, Linnaeus, 1758), KEFAL (Mugil cephalus, Linnaeus, 1758) ve yeşil kaplan karidesi (panaeus semisulcatus, de haan, 1844) türlerinde bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi adlı araştırmada Barbunya (Mullus barbatus) için Pb (0,290±0,137mg/kg), Hg (0±0 mg/kg), Cd (0,017±0,027mg/kg), Zn (5,639±1,581 mg/kg), Cu (1,639±1,024 mg/kg) değerleri rapor edilmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmada elde edilen veriler ile Pb ve Cd değerleri örtüşürken, Zn ve Cu düzeyleri elde ettiğimiz verilerden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çelik ve ark. tarafından 2013 Gemlik körfezinden avlanan bazı deniz ürünlerinin kas dokusundaki ağır metal kontaminasyonunun induktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) metoduyla belirlenmesi adlı doktora tez çalışmasında Pb, Fe, Ni ve Hg barbun örneklerinde sırasıyla 0,260 mg/kg, 23,980 mg/kg, 0,220 mg/kg olduğu rapor edilmiştir. Yapmış olduğumuz analizler neticesinde Fe ve Pb değerlerinin daha düşük, Ni değerlerinin benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Mol ve ark. (2017) yapmış oldukları çalışmada barbunya için Cu için 1.36-11.85, Zn için 13.70-36.49, Cd için 0.02-0.05 ve Pb için 0.03-1.70 değerlerini rapor etmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmamızda verilen değerlerlerden daha yüksek veriler elde ettikleri tespit edilmiştir.

Ayrıca Sönmez ark. (2016) Kastamonu kıyılarından yakalanan bazı ekonomik balık türlerinde ağır metal birikiminin tespiti üzerine yapmış oldukları çalışmada en yüksek Fe değeri ortalama 48,89 mg kg⁻¹ ile barbun kasında ölçülmüştür. Yapmış olduğumuz çalışmada verilen değerlerlerden daha yüksek veriler elde ettikleri tespit edilmiştir.

Bu çalışmada çinekop türümüzde belirlenen ortalama Cd, Co, Cu, Fe, Mn ve Zn değerleri, Mısır’da (Akdeniz) çinekop (Abdallah ve Abdallah, 2008) için rapor edilen değerlerden daha düşük, Kahramanmaraş’ ta yapılan incelemeye denk olduğu görülmüş olup, ayrıca ortalama Fe ve Zn değerleri; Mersin (Külcü ve ark., 2014) ve İskenderun (Türkmen ve ark., 2009) körfezlerinde çinekop için rapor edilen değerlerden daha düşük olduğu, Cu değerinin ise yakın olduğu belirlenmiştir.

Yapılan araştırmalar neticesinde analiz edilen balıklar, bölgeler ve çalışmanın yapıldığı mevsim, endüstriyel deşarjlar, tarımsal atıklar, iklim, vb. gibi faktörlerin değişkenliğinden kaynaklandığı düşünölmektedir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Çalışmanın sonunda elde edilen verilere göre kültür koşullarında yetiştiriciliği yapılan levrek, gökkuşacağı alabalığı türlerin çalışmaya konu olan türlere nazaran daha düşük toksik metal içeriğine sahip oldukları, dolayısıyla bu sonuçlar ışığında; toksik metal içerikleri yönünden kültür balıklarının daha sağlıklı ve güvenilir olduğu kanısına varılmıştır. Bunun yanı sıra yaşadıkları ortama göre balıklar değerlendirildiğinde; barbunun toksik metal içeriği, çalışmada incelenen türler arasında en yüksek ikinci toksik metal içeriğine sahip pelajik bir balık olan hamsinin yaklaşık 11-12 katı daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda en yüksek toksik metal konsantrasyonu demersal bir balık türü olan barbunda olduğu görülmüştür. Araştırmada elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, Naccari ev ark. (2015) deniz tabanının hemen üstünde yaşadıkları için sedimentten metalleri absorbe etmeleri ve yüksek miktarda metal içeriğine sahip olan zoobentik organizmalarla beslenmeleri nedeniyle, demersal balıkların diğer türlerden daha yüksek metal düzeylerini vücutlarında biriktirdiklerini rapor etmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda balıkların büyüklükleri (ağırlık ve boy) ile balıkların kas dokusundaki metal konsantrasyonları arasında negatif korelasyonlar bulunduğunu (Agah ve ark., 2009; Canli), bazı çalışmalarda pozitif korelasyonlar bulunduğunu (Atli, 2003; Bashir ve ark., 2012; Yi ve Zhang, 2012), bazı çalışmalarda ise balıkların büyüklükleri ile metal konsantrasyonları arasında önemli korelasyonlar bulunmadığını rapor etmişlerdir (Gaspic ve ark., 2002). Bu tez çalışmasında ise hamsi, barbun ve gökkuşacağı alabalığına ait ağırlık veya boy değerleri bazı metallerle pozitif bir korelasyon göstermiştir.

4.1.1. İnsan sağlığı risk değerlendirmesi

Bu incelemede ortalama inorganik As konsantrasyonları barbun ve hamside, ortalama Zn konsantrasyonları ise hamsi ve istavritte uluslararası gıda standartları tarafından belirlenen maksimum izin verilen değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür. Ortalama Cd, Cr, Cu ve Pb konsantrasyonları ise tüm balık türlerinde izin verilen maksimum değerlerin altında olduğu görülmüştür. Barbunda kaydedilen ortalama inorganik As değeri, MHPRC (2013) tarafından belirlenen izin verilen maksimum inorganik As değerinin 15 katı daha fazla olup,

hamside kaydedilen ortalama inorganik As değeri ise izin verilen maksimum değerin çok az üstünde olduğu tespit edilmiştir. Ortalama Zn konsantrasyonlarına göre hamsi ve istavrite ait Zn konsantrasyonlarını, FAO (1983) tarafından izin verilen maksimum Zn değerinin 1,3 katı daha yüksektir.

Bu çalışmada elde edilen sonuca göre 8 balık türünde araştırılan 11 metal için hesaplanan EDI değerleri, her bir metal için belirlenmiş olan TDI değerinden çok düşüktür .(Tablo 3.16.). Bu sonuçlar ile incelenen balık türlerinin yenilmesi sonucu insan vücuduna giren 11 metale ait günlük alım miktarının, tüketiciler açısından sağlık riski oluşturmadığı grlmştir. Aynı zamanda 8 balık türünde belirlenen 11 metalin THQ değerlerinin, eşik değer olan 1'den düşük olduğu saptanmıştır. THQ değerlerinin toplamını ifade eden HI değerlerinin her bir balık türünde 1'den düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında barbun balığının incelenen balık türleri arasında inorganik As için hesaplanan THQ değeri ve HI değeri, eşik değer olan 1'e yakın olduğu grlmştir. Dolayısıyla inorganik As alımından dolayı, barbun balığının tkertilmesinin insan vücudunda kanser dışı önemli sağlık problemlerine sebep olabileceği gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada, aynı zamanda balık türlerinde tespit edilen inorganik As için kanser risk değerleri de hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda CR değerlerinin balık türlerinde $1,34 \times 10^{-4}$ ve $9,73 \times 10^{-7}$ arasında değiştiği gözlemlenmiştir. CR değerleri $< 10^{-6}$ (kansere yakalanma olasılığı 1:1000000) olduğunda kabul edilebilir, CR değerleri $> 10^{-4}$ (kansere yakalanma olasılığı 1:10000) olduğunda kabul edilemez (risk yüksek), CR değerleri 10^{-4} ve 10^{-6} arasında olduğunda kabul edilebilir aralıktadır. Bu çalışmada gökkuşağı alabalığı için hesaplanan CR değerleri $< 10^{-6}$, levrek, hamsi, istavrit, ipura, mercan ve inekop için hesaplanan CR değerleri 10^{-4} ve 10^{-6} arasında, barbun için hesaplanan CR değeri ise $> 10^{-4}$ tür. Ortaya çıkan neticeye göre barbun balığının tkertilmesinden dolayı inorganik arseniğe maruz kalan insanların kansere yakalanma riski mevcuttur. CR değerlerine göre sağlık açısından gökkuşağı alabalığı türlerinin insanlar tarafından tkertilmesi daha güvenilirdir.

Bu tez neticesinde ortaya çıkan sonuç şudur ki; uluslararası gıda standartları tarafından belirtilen balıklarda bulunmasına izin verilen maksimum metal değerleri ile yapılan karşılaştırmaya ve balık türleri için hesaplanan THQ, HI ve CR değerlerine göre, barbun dışında incelenen balık türlerinin tkertilmesinin insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturmadığıdır.

4.2. Öneriler

Bu çalışmada elde edilen verilere göre; sağlığını korumak için demersal balık türlerden ziyade pelajik balık türleri tercih edilmelidir. Çalışmada günümüz için barbun dışındaki incelenen balık türleri sağlık riski oluşturmasalar da, bilinçli veya bilinçsiz olarak insanlar tarafından doğaya bırakılan atıkların yine insana döneceği gerçeği dikkate alınmalıdır. Besin zincirinin her basamağında farklı şekilde birikerek çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilme ihtimali olan ağır metallerin seviyeleri düzenli olarak kontrol edilmeli ve ağır metal kirliliğine neden olabilecek kaynaklar için önlemler araştırılmalı ve gerekli önlemler otoriteler tarafından alınmalıdır.



5. KAYNAKLAR

- Abdallah, M.A.M., Abdallah, A.M.A.,** 2008. Biomonitoring study of heavy metals in biota and sediments in the South Eastern coast of Mediterranean sea. Egypt. *Environ Monit Assess*, 146:139-145.
- Afandi, I., Talba, S., Benhra, A., Benbrahim, S.,** 2018. Trace metal distribution in pelagic fish species from the north-west African coast (Morocco). *International Aquatic Research*, 12:191-205.
- Agah, H., Leermakers, M., Elskens, M., Fatemi, S.M.R., Baeyens W.,** 2009. Accumulation of trace metals in the muscle and liver tissues of five fish species from the Persian Gulf. *Environ Monit Assess*, 157:499-514.
- Alam, M.S., Teshima, S.I., Yaniharto, D., Ishikawa, M., Koshio, S.,** 2002. Dietary amino acid profiles and growth performance in juvenile kuruma prawn *Marsupenaeus japonicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Biochemistry and Molecular Biology*, 133(3):289-297.
- Alkan, N., Alkan, A., Gedik, K.,** 2016. Assessment of metal concentrations in commercially important fish species in Black Sea. *Toxicology and Industrial Health*, 32(3):447-456.
- Aydin, D., Tokaloğlu, Ş.,** 2015. Trace metals in tissues of the six most common fish species in the Black Sea, Turkey. *Food Additives and Contaminants*, 8(1):25-31.
- Bashir, F.A., Othman, M.S., Mazlan A.G.,** 2012. Evaluation of trace metal levels in tissues of two commercial fish species in kapar and mersing coastal waters, peninsular malaysia. hindawi publishing corporation journal of environmental and public health. Cambridge Publish, England, 95-108s.
- Canli, M., Atli, 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.
- Copat, C., Arena, G., Fiore, M., Ledda, C., Fallico, R., Sciacca, S., Ferrante, M.,** 2013. Heavy metals concentrations in fish and shellfish from eastern Mediterranean Sea: Consumption advisories. *Food Chem. Toxicol*, 53:33-37.
- Çetinkaya, U., Çelik F.,** 2013. Gemlik körfezinden avlanan bazı deniz ürünlerinin kas dokusundaki ağır metal kontaminasyonunun induktif eşleşmiş plazma-optik emisyon spektrometresi (ICP-OES) metoduyla belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 58-62s.
- Çulfaz, B.,** 2015. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde balık pazarlarında tüketime sunulan balıklarda ağır metal birikimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Giresun Üniversitesi, Giresun, 44-47s.

- EC (Commission of the European Communities)**, 2006. Commission regulation (EC) No1881/2006 of 19 December 2006: setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. *Official Journal of the European Union Legislation*, 364s.
- EFSA (European Food Safety Authority)**, 2009. Scientific opinion on the use of cobalt compounds as additives in animal nutrition. *EFSA J.* 7(12), 1383.
- EFSA (European Food Safety Authority)**, 2010. Scientific opinion on lead in food. *EFSAJ.* 8(4), 1570.
- EFSA (European Food Safety Authority)**, 2014. Scientific opinion on dietary reference values for chromium. *EFSA J.* 12(10), 3845.
- Eisler, R.M., Skidmore, J.R., Ward, C.H.** 1988. Masculine gender-role stress: Predictor of anger, anxiety, and health-risk behaviors. *Journal of personality assessment*, 52(1):133-141.
- Erdem, M., Köstekli, B., Keskin, İ., Kocatepe, D., Kaya, Y.**, 2021. Mineral matter content and heavy metal contamination of anchovy (*Engraulis encrasicolus* Linnaeus 1758) captured from different seas. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(2):285-292.
- Ersoy, B., Çelik, M.**, 2009. Essential elements and contaminants in tissues of commercial pelagic fish from the Eastern Mediterranean Sea. *JSci Food Agric* 89:1615-1621.
- Fallah, A.A., Saei-Dehkordi, S.S., Nematollahi, A., Jafari, T.**, 2011. Comparative study of heavy metal and trace element accumulation in edible tissues of farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) using ICP-OES technique. *Microchem. J.* 98:275-279.
- FAO (Food and Agriculture Organization)**, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. *FAO Fishery Circular No. 464*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Ferreira, D.F.**, 2008. Um programa para análises e ensino de estatística. *In Revista symposium* 6(2):36-41.
- Finley, B.L., Monnot, A.D., Paustenbach, D.J., Gaffney, S.H.**, 2012. Derivation of a chronic oral reference dose for cobalt. *Regul Toxicol Pharmacol*, 64:491–503.
- FSANZ (Food Standards Australia and New Zealand)**, 2013. Australia New Zealand food standards code, Standard 1.4.1, contaminants and natural toxicants. <http://www.legislation.gov.au/Details/F2013C00140/> (accessed 14.12.16).
- Gaspic, Z.K., Zvonaric, T., Vrgoc, N., Odzak, N., Baric, A.**, 2002. Cadmium and lead in selected tissues of two commercially important fish species from the Adriatic Sea. *Water Research*, 36:5023-5028.

- Griboff, J., Wunderlin, D.A., Monferran, M.V.,** 2017. Metals as and se determination by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) in edible fish collected from three eutrophic reservoirs. Their consumption represents a risk for human health. *Microchem. J.*, 130:236-244.
- Gundogdu, A., Culha, S. T., Kocbas, F., Culha, M.,** 2016. Heavy metal accumulation in muscles and total bodies of mullus barbatus, trachurus trachurus and engraulis encrasicolus captured from the coast of Sinop, Black Sea. *Pakistan J. Zool.* 48(1):25-34.
- Güray, Ç.,** 1999. Çesitli gıda maddelerinde ağır metallerin incelenmesi. *Yüksek lisans tezi*, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 42s.
- Ikuta, K., Ogura, T., Shimizu, A., Honjo, T.,** 1985. Low frequency of somatic mutation in beta-chain variable region genes of human T-cell receptors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 82(22):7701-7705.
- Kalyoncu, L., Kalyoncu, H., Arslan, G.,** 2012. Determination of heavy metals and metals levels in five fish species from Isıklı Dam Lake and Karacaören Dam Lake (Turkey). *Environ Monit Assess*, 184:2231-2235.
- Kaptan, H., Tekin, Ö.S.,** 2014. Eğirdir Gölü'nün (Isparta) suyunda, sedimentinde ve gölde yaşayan sazanın (*Cyprinus carpio L.*) bazı doku ve organlarındaki ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Suleyman Demirel University Journal of Science*, 9(2):12-17.
- Karadede, H., 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.,** 1997. Atatürk Baraj Gölü'nde su, sediment ve balık türlerinde ağır metal birikiminin araştırılması, *Yüksek lisans tezi*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 72s.
- Karakaya, E., Kırıcı, M.,** 2016. Bingöl ili kent merkezinde balık eti tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *International Journal of Social and Economic Sciences*, 6(1):74-85.
- Korkmaz, C., Ay, Ö., Çolakfakioğlu, C., Cicik, B., Erdem, C.,** 2017. Heavy metal levels in muscle tissues of solea mullus barbatus and Sardina pilchardus marketed for consumption in Mersin. *Water Air Soil Pollut*, 228:315.
- Köse, E.,** 2007. Enne Barajı'nda yaşayan balıklarda ağır metal birikiminin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 56-57s.
- Kuzu N.,** 2010. Erzurum ilindeki bazı işletmelerde üretilen alabalıkların ağır metal yönünden incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 23-28s.

- Külcü, A.M., Ayas, D., Köşker, A.R., Yatkın, K., 2014.** The investigation of metal and mineral levels of some marine species from the northeastern mediterranean sea. *Journal of Marine Biology Oceanography*, 3:2-4.
- MHPRC (Ministry of Health of the People's Republic of China), 2013.** National food safety standard, maximum levels of contaminants in foods (GB2762-2012).
- Nimmo, E.R., Pidoux, A.L., Perry, P. E., Allshire, R.C., 1998.** Defective meiosis in telomere silencing mutants of schizosaccharomyces pombe. *Nature*, 392(6678):825-828.
- Özan, S.T., 2014.** Seasonal variations of some heavy metals in bogue inhabiting Antalya Mediterrenean sea, Turkey. *Indian Journal of Geo-MarineSciences* 43(2):198-20.
- Saha, N., Mollah, M.Z.I., Alam, M.F., Rahman, M.S., 2016.** Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food Control*, 70:110-118.
- Saha, P., Black, S., Breen, K., Patel, A., Modarai, B., Smith, A., 2016.** Contemporary management of acute and chronic deep venous thrombosis. *British Medical Bulletin*, 117(1):22-28.
- Sönmez, A.Y., Kadak, A.E., Özdemir, R.C., Bilen, S., 2016.** Kastamonu Kıyılarından Yakalanan Bazı Ekonomik Balık Türlerinde Ağır Metal Birikiminin Tespiti. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 31(2). Species from Mediterranean FAO Zone 37. *Bull Environ Contam Toxicol*, 95:567-570.
- Moll, S., Karakulak, F.S., Ulusoy, S., 2017.** Assessment of potential health risks of heavy metals to the general public in turkey via consumption of red mullet, whiting, turbot from the Southwest Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17:1135-1143.
- Suthar, S., 2009.** Vermicomposting of vegetable-market solid waste using *Eisenia fetida*: Impact of bulking material on earthworm growth and decomposition rate. *Ecological engineering*, 35(5):914-920.
- Sünbül, M.R. 2019.** Kahramanmaraş'ta tüketilen balıklarda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Yüksek lisans Tezi*. Munzur Üniversitesi, Tunceli, 52-54s.
- Turkmen, M., Turkmen, A., Tepe, Y., Töre, Y., Ateş, A., 2009.** Determination of metals in fish species from Aegean and Mediterranean seas. *Food Chemistry*, 113:233-2.
- Tuzen, M., 2009.** Toxic and essential trace elemental contents in fish species from the Black Sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 47:1785-1790.
- Türkmen, A., Tepe, Y., Türkmen, M., 2016.** Determination of metals in Tissues of fishspecies from Hurmabogazı Lagoon. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*, 45(2):277-282.

- 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.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency),** 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume I. Human Health Evaluation Manual Part A, Interim Final.
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency),** 2000. Guidance for Assessing Chemical
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency),** 2016. Integrated Risk Information System. <https://www.epa.gov/iris/> (accessed 14.12.16).
- USEPA,** 2018. Regional Screening Level (RSL) Summary Table (TR=1E-06 THQ=1.0).
- Varol, M., Kaya, G.K., Alp, S.A., Sünbül, M.R.,** 2018. Trace metal levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) cultured in net cages in a reservoir and evaluation of human health risks from consumption. *Biological Trace Element Research*, 184:268-278.
- Varol, M., Sünbül, M.R.,** 2017. Comparison of heavy metal levels of farmed and escaped farmed rainbow trout and health risk assessment associated with their consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 24:23114-23124.
- Varol, M., Sünbül, M.R.,** 2018. Biomonitoring of trace metals in the Keban Dam reservoir (Turkey) using mussels (*Unio elongatulus eucirrus*) and crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Biological Trace Element Research*, 185:216-224.
- Wagner, A., Boman, J.,** 2003. Biomonitoring of trace elements in muscle and liver tissue of freshwater fish. *Spectrochimica Acta Atomic Spectroscopy*, 58(12):2215-2226.
- WHO (World Health Organization),** 2011. Guidelines for drinking water quality, 4th ed.
- WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization),** 2015. Codex alimentarius commission, general standard for contaminants and toxins in food and feed. CODEX STAN 193-1995. World Health Organization, Geneva.
- Yaman, B., Yaman, M.,** 2017. Seasonal Variations In Concentrations Of Toxic Trace Metals In Deep-Sea Fish, Identified With Stat-Aas And Icp-Aes. *Journal of Elementology*, 22(1):127-142.
- Yardımcı, Ö., Bat, L.,** 2020. Human health risk assessment of heavy metals via dietary intake of rainbow trout from Samsun fish markets. *Anadolu Çevre ve Hayvancılık Bilimleri Dergisi*, 5(2):260-263.
- Yi, Y.J., Zhang, S.H.,** 2012. The relationships between fish heavy metal concentrations and fish size in the upper and middle reach of Yangtze River. *Procedia Environmental Sciences*, 13:1699-1707.

- Yilmaz, A.B.**, 2003. Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb, and Zn) in tissue of Mugilcephalus and trachurus mediterraneus from Iskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research*, 92:277–281.
- Yipel, M.**, 2012. Akdeniz Antalya Körfezi'nde avlanan Barbunya (Mullus barbatus, Linnaeus, 1758), KEFAL (Mugil cephalus, Linnaeus, 1758) ve yeşil Kaplan karidesi (panaeus semisulcatus, de haan, 1844) türlerinde bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 57s.
- Zhang, K., Zhang, L.L., Zhao, X.S., Wu, J.**, 2010. Graphene/polyaniline nanofiber composites as supercapacitor electrodes. *Chemistry of Materials*, 22(4):1392-1401.
- Zyadah, M., Chouikhi, A.**, 1999. Heavy metal accumulation in mullus barbatus, merluccius and boops fish from the Aegean Sea, Turkey. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50:429–434